REGIONE LIGURIA
Dipartimento Programmi Regionali,
Porti, Trasporti, Lavori Pubblici ed Edilizia
Settore Progetti Infrastrutture Viabilità
Porti e Logistica

Anas S.p.A.
Direzione Centrale Progettazione

InfrastruttureLiguria
GRUPPO FILSE

CONVENZIONE DEL 14 SETTEMBRE 2009 TRA REGIONE LIGURIA E INFRASTRUTTURE LIGURIA S.R.L. PER LA REALIZZAZIONE DI ATTIVITÀ PER L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA DI STUDI E PROGETTAZIONI INFRASTRUTTURALI STRATEGICHE

Oggetto:

VARIANTE DI TRACCIATO ALLA S.S.1 AURELIA – CAPO NOLI

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLA GALLERIA CAPO NOLI

Doc. n: 02A\DEF\STR\R001

Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
01	15-01-2011	*13*	*358*	VP	FB	SB	Per Emissione
02	20-07-2011	*13*	*363*	VP	FB	SB	Per Emissione

Spazio riservato alla codifica ANAS

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
DP GE05 D 11 01	T 00 GN 01 GET RE 01	*Ing. Nicola Dinnella*

INDICE

I NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 1-11

I I MATERIALI 1-13

1 INTRODUZIONE 1-15

2 DESCRIZIONE DELLA GALLERIA NATURALE 2-16

3 FASI PROGETTUALI 3-17

3.1 FASE CONOSCITIVA 3-17

3.2 FASE DI DIAGNOSI (ASSENZA DI INTERVENTI) 3-17

3.3 FASE DI TERAPIA (INTERVENTI) 3-17

4 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE LITOLOGIE ATTRAVERSATE E REGIME IDROGEOLOGICO 4-18

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE LITOLOGIE ATTRAVERSATE 4-18

4.2 REGIME IDROGEOLOGICO 4-19

5 FASE DI DIAGNOSI: PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL CAVO IN ASSENZA DI INTERVENTI 5-19

6 FASE DI TERAPIA: DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO 6-21

6.1 PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL CAVO 6-22

6.2 SEZIONE TIPO A1 E A1A 6-24

6.2.1 Campo di applicazione 6-24

6.2.2 Interventi previsti 6-24

6.2.3 Fasi esecutive 6-24

6.3 SEZIONE TIPO A2 6-25

6.3.1 Campo di applicazione 6-25

6.3.2 Interventi previsti 6-25

6.3.3 Fasi esecutive 6-25

6.4 SEZIONE TIPO B1 6-26

6.4.1 Campo di applicazione 6-26

6.4.2 Interventi previsti 6-26

6.4.3 Fasi esecutive 6-26

6.5 SEZIONE TIPO B2_VTR 6-27

6.5.1 Campo di applicazione 6-27

6.5.2 Interventi previsti 6-27

6.5.3 Fasi esecutive 6-27

6.6 SEZIONE TIPO B1_VTR E B1A_VTR 6-28
6.6.1 Campo di applicazione 6-28
6.6.2 Interventi previsti 6-28
6.6.3 Fasi esecutive 6-29
7 INDAGINI E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA 7-30
8 PROGRAMMA DEL MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA 8-30
9 FASE DI DIAGNOSI: ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL CAVO IN ASSENZA DI INTERVENTI MEDIANTE IL METODO DELLE LINNE CARATTERISTICHE 9-32
9.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE 9-32
9.2 METODI PER LA DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO 9-33
9.2.1 Metodo delle linee caratteristiche 9-33
9.2.2 Metodo dell'equilibrio limite 9-35
9.3 RISULTATI DELLE ANALISI IN FASE DI DIAGNOSI: STUDIO DEL COMPORTAMENTO DEL CAVO LIBERO 9-36
9.3.1 Metodo delle linee caratteristiche 9-36
9.3.2 Metodo dell'equilibrio limite 9-37
10 FASE DI TERAPIA: MODELLAZIONE NUMERICA DELLO SCAVO E COSTRUZONE DELLA GALLERIA NATURALE 10-37
10.1 INTRODUZIONE ALLE ANALISI EFFETTUATE 10-38
10.2 PROGRAMMA DELLE ANALISI 10-38
10.3 GEOMETRIA DEL MODELLO 10-39
10.4 PROPRIETÀ E MODELLI COSTITUTIVI DELL'AMMASSO E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI 10-39
10.4.1 Roccia 10-40
10.4.2 Rivestimento provvisorio (Centine e spritz) 10-40
10.4.3 Rivestimento definitivo 10-40
10.4.4 Elementi interfaccia roccia-sostegno 10-41
10.5 FASI DELLE ANALISI 10-41
10.5.1 Curva di rilascio tensionale 10-41
10.5.2 Descrizioni delle fasi di analisi 10-42
10.6 DESCRIZIONI DELLE ULTERIORI ANALISI SVOLTE AI FINI DELLA VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO 10-44
10.7 ANALISI DEI RISULTATI: FASE DI TERAPIA 10-44
10.7.1 Sezione tipo A1 e A1a 10-45
10.7.2 Sezione tipo A2 10-47
10.7.3 Sezione tipo B1 10-48

10.7.4 Sezione tipo B2_VTR 10-50
10.7.5 Sezione tipo B1_VTR: imbocco lato Noli 10-51
10.7.6 Sezione tipo B1a_VTR: imbocco lato Finale 10-52
11 VERIFICHE STRUTTURALI DEL RIVESTIMENTO PROVVISORIO E DEFINITIVO 11-54
11.1 GENERALITÀ 11-54
11.2 VERIFICHE DEL RIVESTIMENTO PROVVISORIO 11-55
11.2.1 Verifiche del rivestimento provvisorio alla fine della fase 2 11-55
11.2.2 Verifiche del rivestimento provvisorio alla fine della fase 5 11-55
11.3 VERIFICHE DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO 11-56
12 MODELLAZIONE NUMERICA DELLO SCAVO E COSTRUZONE DEL CUNICOLO DI ESODO E VERIFICHE DEI RIVESTIMENTI 12-56
12.1 PROGRAMMA DELLE ANALISI 12-56
12.2 RISULTATI DELLE ANALISI SVOLTE 12-57
12.2.1 Risultati dell'analisi Cunicolo_H120_T12: spostamenti massimi attesi al contorno del cavo e sollecitazioni sul rivestimento provvisionale 12-57
12.2.2 Risultati dell'analisi Cunicolo_RD_H120_T12: sollecitazioni sul rivestimento definitivo 12-58
12.3 VERIFICHE DEL RIVESTIMENTO PROVVISORIO 12-58
12.3.1 Verifiche del rivestimento provvisorio alla fine della fase 2 12-58
12.3.2 Verifiche del rivestimento provvisorio alla fine della fase 3 12-58
12.4 VERIFICHE DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO 12-58
13 CONCLUSIONI 13-60

FIGURE:

Figura 9.1 : Sistema delle forze agenti sulla volta della galleria per i volumi prismatici (Cornejo, 1989)

Figura 10.1 : Geometria e discretizzazione agli elementi finiti del modello utilizzato per l'analisi con una copertura di 150 m.

Figura 10.2 : Distribuzione dei nodi e dei punti di Gauss nella roccia.

Figura 10.3 : Distribuzione dei nodi e dei punti di Gauss nell'elemento trave.

Figura 10.4 : Distribuzione dei nodi e dei punti di Gauss nell'elemento interfaccia.

Figura 10.5 : Distribuzione dei nodi e dei punti di Gauss (+ nodi, * stress points).

Figura 10.6 : Suddivisione del dominio in sets di elementi.

Figura 10.7 : Legge di scarico di Hanafy e Emery, 1980.

Figura 10.8 : Definizioni schematica di alcuni nodi caratteristici

Figura 10.9 : Analisi A1_H90_T16 - Curve di livello delle tensioni verticali.

Figura 10.10 : Analisi A1_H90_T16 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

Figura 10.11 : Analisi A1_H90_T16 – Mesh deformata

Figura 10.12 : Analisi A1_H90_T16 – Curve di livello degli spostamenti verticali

Figura 10.13 : Analisi A1_H90_T16 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

Figura 10.14 : Analisi A1_H90_T16 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

Figura 10.15 : Analisi A1_H90_T16 – Distribuzione delle zone plasticizzate

Figura 10.16 : Analisi A1_H90_T16 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento provvisorio, Nmax=-689 kN/m

Figura 10.17 : Analisi A1_H90_T16 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento provvisorio, Mmax= 1.3 kNm/m

Figura 10.18 : Analisi A1_H90_T16 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, Tmax= 6.4 kN/m

Figura 10.19 : Analisi A1_RD_H90_T16 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, Nmax= -1720 kN/m2

Figura 10.20 : Analisi A1_RD_H90_T16 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, Mmax= 84 kNm/m

Figura 10.21 : Analisi A1_RD_H90_T16 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, Tmax= 401 kN/m

Figura 10.22 : Analisi A2_H150_T10 - Curve di livello delle tensioni verticali.

Figura 10.23 : Analisi A2_H150_T10 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

Figura 10.24 : Analisi A2_H150_T10 – Mesh deformata

Figura 10.25: Analisi A2_H150_T10 – Curve di livello degli spostamenti verticali

Figura 10.26 : Analisi A2_H150_T10 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

Figura 10.27 : Analisi A2_H150_T10 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

Figura 10.28 : Analisi A2_H150_T10 – Distribuzione delle zone plasticizzate

Figura 10.29 : Analisi A2_H150_T10 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento provvisorio, Nmax= -1190 kN/m

Figura 10.30 : Analisi A2_H150_T10 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento provvisorio, Mmax= 2.2 kNm/m

Figura 10.31 : Analisi A2_H150_T10 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, Tmax=16.7 kN/m

Figura 10.32 : Analisi A2_RD_H150_T10 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, Nmax= -2753 kN/m2

Figura 10.33 : Analisi A2_RD_H150_T10 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, Mmax= 136 kNm/m

Figura 10.34 : Analisi A2_RD_H150_T10 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, Tmax= 673 kN/m

Figura 10.35 : Analisi B1_H110_T07 - Curve di livello delle tensioni verticali.

Figura 10.36 : Analisi B1_H110_T07 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

Figura 10.37 : Analisi B1_H110_T07 – Mesh deformata

Figura 10.38: Analisi B1_H110_T07 – Curve di livello degli spostamenti verticali

Figura 10.39 : Analisi B1_H110_T07 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

Figura 10.40 : Analisi B1_H110_T07 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

Figura 10.41 : B1_H110_T07 – Distribuzione delle zone plasticizzate

Figura 10.42 : Analisi B1_H110_T07 – Distribuzione dello sforzo normale provvisorio, Nmax= -1770kN/m

Figura 10.43 : Analisi B1_H110_T07 – Distribuzione del momento flettente provvisorio, Mmax= 70 kNm/m

Figura 10.44 : Analisi B1_H110_T07 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, Tmax= 82 kN/m

Figura 10.45 : Analisi B1_RD_H110_T07 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, Nmax= -2148 kN/m

Figura 10.46 : Analisi B1_RD_H110_T07 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, Mmax= 364kNm/m

Figura 10.47 : Analisi B1_RD_H110_T07 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, Tmax= 248 kN/m

Figura 10.48 : Analisi B2_VTR_H140_T09 - Curve di livello delle tensioni verticali.

Figura 10.49: Analisi B2_VTR_H140_T09 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

Figura 10.50 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Mesh deformata

Figura 10.51 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Curve di livello degli spostamenti verticali

Figura 10.52 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

Figura 10.53 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

Figura 10.54: Analisi B2_VTR_H140_T09 – Distribuzione delle zone plasticizzate

Figura 10.55 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Distribuzione dello sforzo normale provvisorio, Nmax=-3068 kN/m

Figura 10.56 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Distribuzione del momento flettente provvisorio, Mmax= 168 kNm/m

Figura 10.57 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, Tmax= 209 kN/m

Figura 10.58 : Analisi B2_VTR_RD_H140_T09 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, Nmax= -3436 kN/m

Figura 10.59 : Analisi B2_VTR_RD_H140_T09 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, Mmax= 391 kNm/m

Figura 10.60 : Analisi B2_VTR_RD_H140_T09 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, Tmax= 375kN/m

Figura 10.61: Analisi B1_VTR_H30_T01 – Modello agli elementi finiti- imbocco lato Noli

Figura 10.62: Analisi B1_VTR_H30_T01 - Curve di livello delle tensioni verticali.

Figura 10.63 : Analisi B1_VTR_H30_T01 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

Figura 10.64 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Mesh deformata

Figura 10.65: Analisi B1_VTR_H30_T01 – Curve di livello degli spostamenti verticali

Figura 10.66 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

Figura 10.67 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

Figura 10.68 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Distribuzione delle zone plasticizzate

Figura 10.69 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Distribuzione dello sforzo normale provvisorio, Nmax= -898 kN/m

Figura 10.70 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Distribuzione del momento flettente provvisorio, Mmax= 26.5 kNm/m

Figura 10.71 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, Tmax= 28.3 kN/m

Figura 10.72 : Analisi B1_VTR_RD_H30_T01 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, Nmax=- 1400 kN/m2

Figura 10.73 : Analisi B1_VTR_RD_H30_T01 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, Mmax= 122 kNm/m

Figura 10.74 : Analisi B1_VTR_RD_H30_T01 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, Tmax= 199kN/m

Figura 10.75 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Modello agli elementi finiti

Figura 10.76 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 - Curve di livello delle tensioni verticali.

Figura 10.77: Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Curve di livello delle tensioni orizzontali

Figura 10.78: Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Andamento delle tensioni principali

Figura 10.79 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Andamento delle tensioni principali - ingrandimento

Figura 10.80 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione delle zone plasticizzate

Figura 10.81 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione delle zone plasticizzate . ingrandimento

Figura 10.82 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Mesh deformata

Figura 10.83: Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Curve di livello degli spostamenti verticali

Figura 10.84 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

Figura 10.85 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

Figura 10.86 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione dello sforzo normale provvisorio, Nmax= -1201 kN/m

Figura 10.87 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione del momento flettente provvisorio, Mmax= 4.7 kNm/m

Figura 10.88: Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, Tmax= 22.4 kN/m

Figura 10.89: Analisi B1a_VTR_RD_H40_T18 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, Nmax= -2320 kN/m2

Figura 10.90 : Analisi B1a_VTR_RD_H40_T18 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, Mmax= 187 kNm/m

Figura 10.91 : Analisi B1a_VTR_RD_H40_T18 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, T_{max}= 450 kN/m

Figura 12.1 : Cunicolo_H120 - Geometria e discretizzazione agli elementi finiti del cunicolo di esodo

Figura 12.2 : Analisi Cunicolo_H120 - Curve di livello delle tensioni verticali.

Figura 12.3 : Analisi Cunicolo_H120 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

Figura 12.4: Analisi Cunicolo_H120 – Mesh deformata

Figura 12.5: Analisi Cunicolo_H120 – Curve di livello degli spostamenti verticali

Figura 12.6 : Analisi Cunicolo_H120 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

Figura 12.7 : Analisi Cunicolo_H120 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

Figura 12.8 : Analisi Cunicolo_H120 – Distribuzione delle zone plasticizzate

Figura 12.9 : Analisi Cunicolo_H120 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento provvisorio, Nmax= -274.2 kN/m

Figura 12.10 : Analisi Cunicolo_H120 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento provvisorio, Mmax= 1.4 kNm/m

Figura 12.11 : Analisi Cunicolo_H120 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, Tmax=10.5 kN/m

Figura 12.12 : Analisi Cunicolo_RD_H120 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, Nmax= -401.5 kN/m2

Figura 12.13 : Analisi Cunicolo_RD_H120 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, Mmax= 5.6 kNm/m

Figura 12.14 : Analisi Cunicolo_RD_H120 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, Tmax= 34.6kN/m

TABELLE:

Tabella 4.1 : Parametri fisici e meccanici adottati per il dimensionamento delle gallerie naturali

Tabella 5.1 : Fase diagnosi : valori di convergenza del cavo e dei raggi plastici stimati con il metodo delle linee caratteristiche nel caso di scavo libero

Tabella 5.2 : Fase diagnosi : valori del fattore di sicurezza FS del fronte di scavo in funzione della lunghezza di scavo non rivestita stimati con il metodo dell'equilibrio limite (Tamez, 1985) nel caso di scavo libero

Tabella 6.1 : Sezioni tipo

Tabella 6.2 : Fase di terapia valori di convergenza del cavo e dei raggi plastici stimati con analisi numeriche

Tabella 6.3 : Convergenze ed estrusioni attese per le sezioni tipo previste in progetto

Tabella 9.1 : Metodo dell'equilibrio limite (Tamez, 1985): correlazione tra coesione c, valore del coefficiente di sicurezza e comportamento dell'ammasso interessato (Cornejo, 1989)

Tabella 9.2 : Fase diagnosi : valori di convergenza del cavo stimati con il metodo delle linee caratteristiche nel caso di scavo libero

Tabella 9.3 : Fase diagnosi : valori del fattore di sicurezza in funzione della lunghezza di scavo non rivestita stimati con il metodo dell'equilibrio limite (Tamez, 1985)

Tabella 10.1 : Programma delle principali analisi numeriche svolte in fase di terapia

Tabella 10.2 : Caratteristiche della discretizzazione agli elementi finiti adottata.

Tabella 10.3 : Parametri di calcolo del rivestimento di prima fase (centine e spritz) e definitivo (vedi fasi tab. 10.5-10.8)

Tabella 10.4 : Legge di scarico Hanafy e Emery, 1980.

Tabella 10.5 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (fase di terapia) – Sezioni A1 e A2

Tabella 10.6 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (fase di terapia) –

Sezione A1a

Tabella 10.7 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (fase di terapia) – Sezioni B1, B2_VTR, B1_VTR

Tabella 10.8 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (fase di terapia) – Sezione B1a_VTR

Tabella 10.9 : Programma delle analisi numeriche impiegate nella verifica del rivestimento definitivo

Tabella 10.10: Parametri di calcolo del rivestimento di prima fase (centine e spritz) e definitivo (vedi fasi tab. 10.11 - 10.14)

Tabella 10.11 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (analisi in fase di terapia per la valutazione delle sollecitazioni sul rivestimento definitivo) – Sezioni A1 e A2

Tabella 10.12 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (analisi in fase di terapia per la valutazione delle sollecitazioni sul rivestimento definitivo) – Sezione A1a

Tabella 10.13 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (analisi in fase di terapia per la valutazione delle sollecitazioni sul rivestimento definitivo) – Sezioni B1, B2_VTR, B1_VTR

Tabella 10.14: Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (analisi in fase di terapia per la valutazione delle sollecitazioni sul rivestimento definitivo) – Sezione B1a_VTR

Tabella 10.15: Spostamenti al cavo per i punti indicati in figura 10.8 alla fine della fase 5 (Tabella 10.5-10.8): sezioni tipo A1, A1a, A2

Tabella 10.16: Spostamenti al cavo per i punti indicati in figura 10.8 alla fine della fase 5 (Tabella 10.5-10.8): sezioni tipo B1, B2_VTR, , B1_VTR, B1a_VTR

Tabella 10.17: Fase di terapia: valori di convergenza massimi attesi

Tabella 10.18 : Sollecitazioni nel rivestimento provvisorio (fine fase 2)

Tabella 10.19 : Sollecitazioni nel rivestimento provvisorio (fine fase 5)

Tabella 10.20 : Sollecitazioni nel rivestimento definitivo (fine fase 3*)

Tabella 11.1 : Verifiche del rivestimento provvisorio (fine fase 2, resistenza dello spritz –beton a 2 gg: Rck=13N/mmq, f_{cm}=19 N/mmq)

Tabella 11.2 : Verifiche del rivestimento provvisorio (fine fase 5) (Rck=35 N/mmq, f_{cm} =37 N/mmq)

Tabella 11.3 : Verifiche del rivestimento definitivo (fine fase 3*)

Tabella 12.1 : Programma delle analisi numeriche svolte per il cunicolo di esodo

Tabella 12.2 Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive analisi Cunicolo_H120

Tabella 12.3 Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive analisi Cunicolo_RD_H120

Tabella 12.4: Parametri di calcolo del rivestimento di prima fase (centine e spritz) e definitivo adottati nell'analisi Cunicolo_H120 (vedi fasi tab. 12.2)

Tabella 12.5: Parametri di calcolo del rivestimento di prima fase (centine e spritz) e definitivo adottati nell'analisi Cunicolo_RD_H120 (vedi fasi tab. 12.3)

Tabella 12.6: Spostamenti massimi attesi dovuti allo scavo e costruzione del cunicolo (Analisi Cunicolo_H120, alla fine della fase 3)

Tabella 12.7 : Verifiche del rivestimento provvisorio - Analisi Cunicolo_H120, fine fase 2 (resistenza dello spritz –

beton a 2 gg: Rck=13N/mmq, fcm=19 N/mmq)

Tabella 12.8 : Verifiche del rivestimento provvisorio - Analisi Cunicolo_H120, fine fase 3 (Rck=35 N/mmq, fcm =37 N/mmq)

Tabella 12.9 : Verifiche del rivestimento definitivo - Analisi Cunicolo_RD_H120 (fine fase 3*)

APPENDICI:

Appendice A: Risultati delle analisi in fase di diagnosi condotte con il metodo delle linee caratteristiche.

Appendice B: Risultati delle analisi condotte con il metodo dell'equilibrio limite (Tamez, 1985)

Appendice C: Verifiche del rivestimento provvisorio a breve termine (resistenza dello spritz a 2 giorni: Rck=13 N/mmq; f_{cm}=19 N/mmq)

Appendice D: Verifiche del rivestimento provvisorio (resistenza dello spritz a 28 giorni: Rck =35 N/mmq; f_{cm}=37N/mmq)

Appendice E: Verifiche del rivestimento definitivo

I NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Legge 5 Novembre 1971 N° 1086 – " *Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica"*;
- Circolare LL.PP. 14 Febbraio 1974 n° 11951 – *"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica – Istruzioni per l'applicazione"* ;
- Legge 2 Febbraio 1974 n. 64 – *"Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche";*
- CNR 10024/84 del 23.11.1984 – *"Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo"* ;
- D.M. LL.PP. 14 Gennaio 2008 - *"Norme tecniche per le costruzioni"*;
- Circolare 2 Febbraio 2009, n. 617 - "*Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*".
- UNI EN 1992 -1-1:2005 Eurocodice 2 – "*Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"*

I.a Bibliografia di riferimento

- Cornejo, L. (1989). Instability at the face: its repercussions for tunnelling technology. Tunnels & Tunneling.
- Hanafy E. A., Emery J. J. (1980). Advancing face simulation of tunnel excavations and lining placement. 13th Canadian Symp. Rock Mech., 119-125. Toronto
- Lombardi G., Amerg W.A. (1974). Une methode de calcul elsdto-plastique de l'etat de tenion et dedeformatio autour d'une cavitè souteraine. Congresso Internazionale ISRM , Denver.
- Lunardi, P. (2000).Design e costructing tunnels – ADECO-RS approach. T&T International special supplement.
- Lunardi, P. (2006). Progetto e costruzione di gallerie. Hoepli edizione.
- Panet, M., Guenot, A. (1982). Analysis of convergence behind the face of a tunnel. Proceedings, International Symposium Tunnelling '82, IMM, London, pp. 197–204.
- Tamez E, (1985). Estabilidad de tutele excavados en suelos. Curso Victor Hardy 85, Mexico.*Relazione geologica e idrogeologica*

- Tanzini M. (2006). Gallerie. Aspetti geotecnica nella progettazione e costruzione. 2°edizione, Dario Flaccovio editore, Palermo.

I.b Software utilizzati

- PLAXIS V8.5. Finite element code for soil and rock analyses (An Delft, Netherlands)

I I MATERIALI

Conglomerato di classe di resistenza C20/25
(per spritz –beton al fronte)

Modulo elastico	E_c = 29962	MPa
Coefficiente di Poisson	v = 0.20	
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha = 10\times10^{-6}$	$°C^{-1}$
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c = 1.5	
Resistenza caratt. cubica a compressione	R_{ck} = 25	MPa
Resistenza caratt. cilindrica a compressione	f_{ck} = 20.75	MPa
Resistenza media cilindrica a compressione	f_{cm} = 28.75	MPa
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm} = 2.27	MPa
Resistenza caratteristica a trazione semplice	f_{ctk} = 1.59	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	f_{cfm} = 2.72	MPa
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd} = 11.76	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd} = 1.06	MPa
Resistenza tang. Caratteristica di aderenza	f_{bk} = 3.57	MPa
Resistenza tang. di aderenza di calcolo	f_{bd} = 2.38	MPa

Conglomerato di classe di resistenza C28/35
(per spritz beton al contorno e rivestimento definitivo)

Modulo elastico	E_c = 32588	MPa
Coefficiente di Poisson	v = 0.20	
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha = 10\times10^{-6}$	$°C^{-1}$
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c = 1.5	
Resistenza caratt. cubica a compressione	R_{ck} = 35	MPa
Resistenza caratt. cilindrica a compressione	f_{ck} = 29.05	MPa

Resistenza media cilindrica a compressione	$f_{cm} = 37.05$	MPa
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 2.83$	MPa
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 1.98$	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 3.40$	MPa
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 16.46$	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = 1.32$	MPa
Resistenza tang. Caratteristica di aderenza	$f_{bk} = 4.45$	MPa
Resistenza tang. di aderenza di calcolo	$f_{bd} = 2.97$	MPa

Acciaio da c.a. tipo B450C saldabile

(per barre e reti di diametro 6.0mm ≤ Ø ≤ 40.0 mm)

Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450$	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540$	MPa
Allungamento	$A_{gt\,k} \geq 7.5$ %	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	MPa

Acciaio per centine e tubi S275

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 275$	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 430$	MPa
Modulo elastico	$E_s = 210.000$	MPa

Acciaio per centine e tubi S355

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 355$	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 510$	MPa
Modulo elastico	$E_s = 210.000$	MPa

Acciaio per bulloni classe 8.8

Tensione di snervamento per trazione $f_{yk} \geq 649.00$ MPa

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si descrivono le problematiche progettuali, geotecniche e strutturali, relative alla realizzazione della galleria naturale Capo Noli, previste nell'ambito del Progetto di variante al tracciato alla S.P.1 Aurelia – Capo Noli da realizzare nel comune di Noli Provincia di Savona.

In particolare, dopo avere illustrato la metodologia di sviluppo della progettazione ed analizzato il quadro geologico-geomeccanico di riferimento - descritto in dettaglio nella *Relazione geologica* e nella *Relazione geotecnica* allegate al progetto - si descrivono le sezioni tipo previste, considerando per ciascuna di esse il campo di applicazione, le fasi costruttive, gli interventi da eseguire e il campo di variabilità degli interventi, laddove previsto; inoltre vengono sinteticamente delineati i monitoraggi e gli eventuali sondaggi in avanzamento[1] da effettuare in corso d'opera. Questi consentiranno di confrontare le caratteristiche geomeccaniche ed i valori delle deformazioni riscontrate con quelle attese, individuate in fase progettuale, al fine di consentire l'adeguamento delle sezioni di avanzamento adottate e l'intensità degli interventi messi in opera.

Una parte significativa della relazione è dedicata alla presentazione dei risultati di alcune analisi numeriche, svolte con il codice di calcolo commerciale PLAXIS V8.5, condotte al fine di verificare l'adeguatezza delle soluzioni progettuali adottate, e tese, in particolare, a valutare le deformazioni del cavo e della galleria e il comportamento delle strutture provvisorie e definitive nelle fasi esecutive previste. Infine, si riportano le verifiche dei rivestimenti di prima fase e definitivi, effettuate a partire dalle sollecitazioni ottenute dalle analisi numeriche.

[1] I sondaggi orizzontali in avanzamento si rendono necessari per individuare la posizione nel tracciato delle zone tettonizzate e di definirne le caratteristiche geomeccaniche.

2 DESCRIZIONE DELLA GALLERIA NATURALE

Oggetto della presente relazione è il progetto della Galleria naturale Capo Noli da realizzare nell'ambito della variante al tracciato della S.P.1 Aurelia – Capo Noli nel comune di Noli, in provincia di Savona.

La galleria sarà realizzata a singola fornice e collegherà la S.S.1 da Capo Noli a Finale Ligure. La galleria avrà lunghezza complessiva di m 823, ed un ricoprimento massimo, misurato rispetto alla chiave di calotta della galleria, pari a circa 150 m. In corrispondenza di ciascun imbocco sarà presente un tratto di galleria artificiale, di lunghezza complessiva pari a m 45. In particolare, in corrispondenza dell'imbocco lato Noli, la galleria artificiale avrà lunghezza pari a m 38, mentre in corrispondenza dell'imbocco Finale Ligure, la galleria artificiale avrà lunghezza pari a m 7.

Le coperture, misurate rispetto alla chiave di calotta della galleria, sono comprese tra un minimo di 10-25 m in corrispondenza degli imbocchi, ed un massimo di 150 m circa.

In corrispondenza del lato Finale la galleria è parietale; il piedritto – lato mare viene a trovarsi a circa 8 m di distanza deal fronte roccioso lato Aurelia, con una profondità dall'asse di circa 40 m. Allontanandosi dall'imbocco lo spessore del "pilastro" aumenta gradualmente fino a raggiungere dopo 60-80 m, uno spessore di circa 15-18 m, con una profondità all'asse di circa 63 m. Si prevedono cautelativamente opere di preconsolidamento del pilastro che si verrà a formare tra la galleria e la strada, in aggiunta si procederà all'imbocco della galleria solo dal lato Noli in maniera tale da minimizzare le azioni di disturbo dello stesso. L'imbocco lato Finale verrà sfondato quindi dall'interno procedendo in direzione Noli - Finale Ligure.

La galleria insiste per quasi tutta la sua lunghezza su terreni scarsamente edificati per cui l'interferenza con insediamenti abitativi o produttivi non risulta particolarmente significativa; ciò rende poco rilevanti, per la maggior parte del percorso, eventuali problematiche legate al controllo dei cedimenti in superficie ed alla limitazione delle vibrazioni prodotte dallo scavo.

Le sezioni tipo d'avanzamento previste per le gallerie verranno descritte nei capitoli seguenti e sono riportate in dettaglio nei relativi elaborati grafici.

3 FASI PROGETTUALI

La metodologia di lavoro è stata sviluppata secondo l'approccio del metodo ADECO-RS (Lunardi, 2000), al quale si fa riferimento anche per la terminologia delle *Fasi* adottata di seguito, e può essere riassunta nei seguenti tre steps progettuali:

3.1 FASE CONOSCITIVA

Vengono definiti l'inquadramento geologico ed idrogeologico, e le caratteristiche geomeccaniche degli ammassi interessati dalle gallerie. Tale caratterizzazione è dettagliatamente descritta nella *Relazione geotecnica* allegata al progetto, alla quale si rimanda anche per una descrizione puntuale delle campagne di indagini effettuate. Ai fini del presente documento, vengono brevemente riassunte le principali caratteristiche geo-meccaniche dell'area di interesse.

3.2 FASE DI DIAGNOSI (ASSENZA DI INTERVENTI)

Tale fase prevede l'individuazione di tratte a comportamento geo-meccanico omogeneo lungo il tracciato, a ciascuna delle quali può essere associata la relativa *categoria di comportamento* (A, B, C) **in assenza di interventi.**

Per la galleria in esame, in base alla geometria della sezione, alle coperture e alle caratteristiche geomeccaniche, è possibile ipotizzare un comportamento:

- di tipo "A" per la parte del tracciato associabile alla formazione della Dolomia e del Calcare nelle porzioni di ammasso sano, in cui i materiali attraversati presentano buone caratteristiche geomeccaniche e nelle quali si prevede una condizione di "fronte stabile" per tutte le coperture;
- di tipo " B" e "B/C [2]" per la parte del tracciato in corrispondenza delle zone di faglia e dei contatti tettonici, ove si può riscontrare un contesto geomeccanico più scadente che si riflette in una condizione di "fronte stabile a breve termine" che si allontana progressivamente da un comportamento di tipo elastico all'aumentare della copertura;
- di tipo "B/C [2]" per quelle zone, in corrispondenza dell' imbocco lato Noli che interessa la formazione della Dolomia con un significativo grado di fratturazione dell'ammasso, nelle quali si prevede una condizione di "fronte stabile a breve termine"/"instabile";
- un comportamento di tipo A/B [2] "stabile"/"stabile a breve termine" per le zone prossime all'imbocco lato Finale che interessa la formazione del Calcare con buone caratteristiche meccaniche e che risulta moderatamente fratturata.

3.3 FASE DI TERAPIA (INTERVENTI)

Per le diverse categorie di comportamento omogenee individuate in fase di diagnosi si sono individuati gli interventi di rivestimento, presostegno e preconsolidamento ritenuti più appropriati; in particolare si sono individuate sette Sezioni Tipo che verranno ampiamente descritte nel seguito.

---

[2] Con la terminologia " comportamento A/B" e comportamento B/C" si intende un comportamento al limite rispettivamente tra stabile e stabile a breve termine (A/B) e tra stabile a breve termine e instabile (B/C)

L'adeguatezza delle scelte progettuali adottate dovrà essere verificata in fase costruttiva; in tale fase è infatti stabilito un sistema di monitoraggio della galleria al fine di procedere ad una "back-analysis" del comportamento del cavo, verificando le ipotesi progettuali assunte unitamente ai comportamenti deformativi previsti.

4 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE LITOLOGIE ATTRAVERSATE E REGIME IDROGEOLOGICO

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE LITOLOGIE ATTRAVERSATE

Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti lungo il tracciato della galleria sono descritte dettagliatamente nelle pertinenti relazioni geologiche e geotecniche allegate al progetto.

L'analisi critica e l'interpretazione delle prove effettuate ha consentito di suddividere il tracciato in zone litologiche distinte, ed ha consentito di individuare - anche in base alla copertura e alla geometria della sezione – le zone a comportamento geomeccanico omogeneo lungo le gallerie.

Da un punto di vista squisitamente geomeccanico, le principali litologie interessate dal tracciato delle gallerie sono:

- Dolomie (Dolomie di San Pietro ai Monti, Pfc). (Nella presente relazione saranno indicate per brevità con D);
- Calcari (Calcari Val Tanarello, Pc). (Nella presente relazione saranno indicate per brevità con C);

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stata condotta secondo i seguenti criteri:

- negli imbocchi, dove sono disponibili i risultati di sondaggi geognostici, è stato stimato il GSI (Geological Strength Index, Hoek et al., 1995) e, successivamente, i parametri per i criteri di resistenza di Hoek-Brown e di Moh-Coulomb, e il modulo di deformazione (Hoek e Diederichs, 2006);
- in corrispondenza del tratto profondo, nelle zone non interessate dalla presenza di faglie e al di fuori della zona di sovrascorrimento, si è fatto riferimento alle velocità delle onde di compressione stimando il valore normalizzato Qc (Barton, 2002) e, quindi, il GSI, procedendo poi come al punto precedente;
- per le fasce tettonizzate e cataclasate, per le quali non sono disponibili informazioni specifiche, le caratteristiche dell'ammasso sono state stimate facendo riferimento ai criteri proposti da Habimana et al. (1999), e dovranno essere rivalutate a valle di ulteriori indagini nel corso del progetto esecutivo.

Nella Tabella 4.1 si riportano i parametri utilizzati nelle analisi svolte per le gallerie; tali valori, che rappresentano valori caratteristici, sono in accordo con quelle desunti dalla caratterizzazione geomeccanica riportata nella *Relazione geotecnica*. Per le zone tettonizzate si è adottato un valore di GSI pari a 25 che corrisponde ad un grado di tettonizzazione elevato.

Si precisa come i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso, come descritto nella *Relazione geologica e geotecnica* (Rif 02A\DEF\GEO\R008, 02A\DEF\GEO\R009), sono stati calcolati ponendo un coefficiente di disturbo D=0, compatibile con modalità di abbattimento in grado di limitare al minimo il disturbo della roccia circostante il cavo; pertanto la qualità dei sistemi di profilatura (forma concava) e di abbattimento dovrà essere garantita lungo l'intero tracciato.

4.2 REGIME IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda il regime idrogeologico, non sono stati rilevati i segni di una circolazione idrica importante. Quindi, nelle analisi svolte, il livello di falda è stato posto ad una quota inferiore al livello della galleria, in quanto eventuali effetti locali potranno essere drenati durante l'avanzamento. Tuttavia, nel corso dei lavori si potranno eseguire fori esplorativi in avanzamento tesi ad individuare l'eventuale presenza di cavità lungo l'asse della galleria e nelle zone intorno al futuro scavo.

5 FASE DI DIAGNOSI: PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL CAVO IN ASSENZA DI INTERVENTI

La valutazione dell'evoluzione dello stato tensionale nella roccia a seguito della realizzazione di una galleria viene condotta attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi del mezzo attraversato, che forniscono informazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine.

Il comportamento del cavo e del fronte è infatti funzione, oltre che delle caratteristiche meccaniche dei materiali attraversati, delle caratteristiche geometriche della cavità stessa, delle coperture, e dei carichi litostatici cui è soggetta.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie di comportamento, in accordo alla classificazione proposta dal metodo ADECO-RS (Lunardi, 2000):

- Categoria A: Galleria a fronte stabile.
  Se il fronte di scavo è stabile, lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico, e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile, mantenendosi prevalentemente in campo elastico, e non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento, se non localizzati e in misura molto ridotta. Il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.
- Categoria B: Galleria a fronte stabile a breve termine.
  Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità approssima la resistenza del materiale al fronte, che si allontana progressivamente da un comportamento di tipo elastico per passare ad un comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi con la ridistribuzione delle tensioni risultano più accentuati che nel caso precedente, e possono produrre nell'ammasso al fronte una riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La decompressione indotta dallo scavo può essere opportunamente controllata e regimata con adeguati interventi di preconsolidamento al fronte e/o al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso, che manterrà un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano opportuni interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità con il procedere dell'avanzamento. Ancora il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine.
- Categoria C: Galleria a fronte instabile.
  L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad una accentuazione dei fenomeni deformativi, che risultano immediati e più rilevanti, manifestandosi prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Tali deformazioni producono un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa in corrispondenza del

fronte, dove si sviluppa un progressivo e rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

L'individuazione delle classi di comportamento del fronte è stata effettuata nell'ipotesi di scavo libero (**Fase di Diagnosi,** in assenza di interventi) attraverso il metodo delle linee caratteristiche e per le basse coperture a ridosso degli imbocchi anche con il metodo dell'equilibrio limite (Tamez, 1985).

Le analisi svolte sono descritte nel Capitolo 9, al quale si rimanda per una trattazione dettagliata. In questo Capitolo si riportano i risultati più significativi.

La tabella 5.1 mostra i valori delle convergenze massime rispettivamente al fronte (C_f) e lontano dal fronte[3] (C_∞) - stimate con il metodo delle linee caratteristiche - al variare delle coperture e delle caratteristiche meccaniche della roccia. Nella stessa tabella si riporta il rapporto tra il raggio plastico e il raggio dello scavo al fronte $(R_p/R)_f$, e lontano dal fronte $(R_p/R)_\infty$.

Le analisi condotte in questa fase, *in condizioni di cavo libero*, con il metodo delle linee caratteristiche, evidenziano i comportamenti di seguito descritti:

- per i due litotipi, Dolomie e Calcari, nelle porzioni di ammasso sano, per tutte le coperture presenti, si osserva un comportamento di tipo A, "stabile". I fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità con valori delle convergenze massime millimetriche, sia al fronte che lontano dal fronte. Lo stato tensionale al contorno della cavità si mantiene in campo elastico al fronte e pressoché elastico lontano dal fronte, ove si osserva la formazione di zone plasticizzate di trascurabile estensioni ((Rp/R)∞.=1.01);
- per le condizioni geomeccaniche presenti in corrispondenza delle faglie e dei contatti stratigrafici, si evince un comportamento di tipo B/C, "stabile a breve termine" / "instabile" che si allontana progressivamente da un comportamento di tipo elastico all'aumentare della copertura. Le convergenze al fronte risultano maggiori del cm (convergenze dell'ordine di 1-4 cm). Lontano dal fronte le convergenze diventano significative, con valori delle convergenze comprese tra 5 e 14 cm, e si osserva la formazione di zone plasticizzate di elevata estensione ((Rp/R)∞.=1.36);
- per le condizioni geomeccaniche presenti in prossimità:
  - dell'imbocco in Dolomia (lato Noli), le convergenze stimate sono inferiori al centimetro al fronte (convergenza max. = 0.4 cm) e dell'ordine del centimetro lontano dal fronte (convergenza max. = 1.5 cm). Lo stato tensionale è al fronte prevalentemente elastico con la formazione, lontano dal fronte, di zone plasticizzate significative ((Rp/R)∞.=1.51). Il comportamento previsto è di tipo B/C, "stabile a breve termine"/"instabile";
  - dell'imbocco in Calcare (lato Finale), si evince un comportamento di tipo A/B, "stabile"/"stabile a breve termine". I fenomeni deformativi stimati sono di piccola entità con valori delle convergenze massime minori del cm, sia al fronte che lontano dal fronte ((convergenza max. = 0.4 cm). Lo stato tensionale al contorno della cavità si mantiene in campo elastico al fronte e pressoché elastico lontano

[3] Con il termine di convergenza si indica la variazione della distanza tra due punti situati sul contorno del cavo. Pertanto, in una galleria circolare (ipotesi del metodo delle linee caratteristiche), la convergenza di due punti diametralmente opposti coincide con la somma dei loro spostamenti radiali ($C_f = 2u_f$ $C_\infty = 2u_\infty$)

dal fronte, ove si osserva la formazione di zone plasticizzate di trascurabile estensioni ((Rp/R)∞.=1.05).

Per le basse coperture, nelle zona a ridosso all'imbocco Lato Noli, sono state condotte anche alcune analisi con il metodo dell'equilibrio limite proposta da Tamez.

La tabella 5.2 mostra i valori del fattore di sicurezza FS al variare della lunghezza di scavo non rivestita, *a*, per le coperture minime e intermedie previste per l'imbocco.

Le analisi condotte, con i metodo dell'equilibrio limite per le zone a basse coperture prossime all'imbocco lato Noli, evidenziano un comportamento di tipo B/C "stabile a breve termine"/"instabile" con Fattori di sicurezza prossimi all'unità per una profondità di scavo non sostenuta di 3 m (per una lunghezza di sfondo a=2 m il FS è pari a 1.41). Tali risultati confermano sostanzialmente quanto dedotto con il metodo delle linee caratteristiche.

Non si riportano i risultati delle analisi condotte con il metodo dell'equilibrio limite per le zone a ridosso dell'imbocco lato Finale in quanto, sebbene tali analisi forniscano fattori di sicurezza nei confronti della stabilità del fronte FS piuttosto elevati e tali da predire un comportamento di tipo stabile, tale metodo non riesce a cogliere le potenziali criticità in corrispondenza dell'imbocco dovute sostanzialmente alla condizione di parietalità della galleria. Nel Capitolo 10 si descriveranno i risultati di una analisi numerica 2D relativa ad una sezione posta a circa 30 m dall'imbocco stesso. In fase di progetto esecutivo potranno essere condotte analisi tridimensionali 3D, in grado di cogliere la tridimensionalità del problema nell'immediata vicinanza dell'imbocco.

6 FASE DI TERAPIA: DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO

In funzione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dell'ammasso si è associata a ciascuna delle categorie di comportamento (A, B, B/C) - individuate nella fase di diagnosi – la sezione tipo che prevede gli interventi di consolidamento, preconsolidamento e rivestimento ritenuti più idonei.

Tutte le sezioni individuate - come viene specificato in dettaglio di seguito, e riportato dettagliatamente negli elaborati grafici di progetto - prevedono la realizzazione delle gallerie con scavo a piena sezione, preceduto da eventuali interventi di precontenimento del fronte e/o del cavo, seguito dalla realizzazione del rivestimento provvisionale e dei rivestimenti definitivi (arco rovescio, murette e calotta) eseguiti ad una prefissata distanza dal fronte. Inoltre è prevista la posa in opera dell'impermeabilizzazione, composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante in PVC.

Per le gallerie in oggetto si sono adottate le seguenti sezioni tipo:

- **Sezioni A1 e A1a**: sezioni previste, per coperture intermedie - comprese tra 30-40 m e 90 m - in corrispondenza delle formazioni delle Dolomie e del Calcare, con assetto strutturale massivo e basso grado di fatturazione. La sezione A1a è prevista nel tratto di galleria in sezione allargata e differisce pertanto dalla sezione A1 esclusivamente per la geometria dello scavo;
- **Sezione A2**: sezione prevista per coperture elevate in corrispondenza delle formazioni delle Dolomie con grado di fatturazione e di alterazione basso;
- **Sezione B1**: sezione prevista in corrispondenza di zone di faglia e di contatti tettonici tra le due diverse formazioni per coperture medio-basse (H<110 m), per una lunghezza generalmente pari a n.3 campi. La lunghezza del tratto in cui è prevista questa sezione deve essere aumentata qualora in fase esecutiva si riscontri un eccessivo stato deformativo al fronte (estrusione) e del cavo (convergenze).
- **Sezione B2-VTR**: sezione prevista in corrispondenza delle zone di faglia e di contatti tettonici tra le due diverse formazioni per coperture elevate (110 <H <140 m), per una

lunghezza generalmente pari 3 campi. La lunghezza del tratto in cui è prevista questa sezione deve essere aumentata qualora in fase esecutiva si riscontri un eccessivo stato deformativo al fronte (estrusione) e del cavo (convergenze). Tale sezione potrà essere impiegata anche in corrispondenza delle zone di faglia con coperture medio-basse qualora si evidenziasse un quadro deformativo maggiore di quello atteso;

- **Sezione B1-VTR e B1a-VTR**: sezioni previste in corrispondenza degli imbocchi rispettivamente in Dolomia (lato Noli) e in Calcare (lato Finale, sezione allargata)[4] per una lunghezza minima pari a n.3 campi. La lunghezza del tratto in cui è prevista questa sezione deve essere aumentata qualora in fase esecutiva si riscontri un eccessivo stato deformativo al fronte (estrusione) e del cavo (convergenze).

La Tabella 6.1 riassume, per le sezioni tipo individuate, i campi di applicazione e le principali caratteristiche, mentre la descrizione completa delle sezioni tipo è riportata nei Paragrafi 6.2 - 6.6.

Nel profilo geomeccanico allegato al progetto sono riportate le tratte lungo il tracciato della galleria in cui sono previste le diverse sezioni tipo.

6.1 PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL CAVO

La validità delle sezioni tipo adottate è stata verificata attraverso numerose simulazione numeriche condotte con il codice di calcolo agli elementi finiti PLAXIS V8.5, illustrate in dettaglio nel Capitolo 10.

La tabella 6.2 riassume i principali risultati in termini di convergenze massime lontano dal fronte[5], C,max, e del rapporto Rp/R tra il raggio plastico e il raggio della galleria ancora lontano dal fronte.

In sintesi, le analisi svolte hanno indicato i seguenti comportamenti:

- per gli scavi nelle porzioni di ammasso sano sia nelle Dolomie che nei Calcari,per tutte le coperture indagate (basse, intermedie e alte), un comportamento prevalentemente elastico (Rp/R=1.01) con convergenze massime inferiori al centimetro (valore max. = 0.5cm). Le sezioni tipo A1, A1a e A2 impiegate risultano pertanto adeguate;
- per le condizioni geomeccaniche presenti in corrispondenza delle faglie e dei contatti stratigrafici, un comportamento elasto-plastico con formazione di zone plasticizzate significative (Rp/R=1.20-1.30). Le convergenze ottenute con i metodi numerici risultano rilevanti, con valori compresi tra 5-9 cm per le coperture intermedie (ove è prevista la sezione tipo B1), fino a raggiungere gli 11 cm per la copertura massima (ove è prevista la sezione tipo B2_VTR). Tali valori seppur elevati risultano ancora accettabili e in accordo con quanto evidenziato durante gli scavi in contesti analoghi. Si precisa inoltre che gli spostamenti ottenuti sono da ritenersi come i massimi attesi, in quanto nella modellazione non si è tenuto in conto degli interventi di pre-sostegno al contorno e solo in maniera indiretta degli interventi di pre-consolidamento al fronte (si veda Capitolo 10);
- in prossimità degli imbocchi, l'adozione delle sezioni tipo B1_VTR e tipo B1a_VTR consente di limitare le convergenze a valori bassi (rispettivamente pari a 1.3 cm e 0.5 cm).

[4] Si precisa che tale sezione è stata adottata cautelativamente anche in corrispondenza dell'imbocco in calcare (lato Finale), nonostante il metodo delle linee caratteristiche abbia previsto un comportamento"stabile/stabile a breve termine", per mantenere le deformazioni nell'intorno del cavo il più possibile in campo elastico e per limitare il disturbo nel "pilastro" di roccia che verrà a formarsi tra la galleria e il fronte strada - vista la condizione di parietalità della galleria.

[5] La convergenza C,max riportata in tabella è la massima tra la convergenza orizzontale, Ch, e verticale, Cv, calcolate secondo quanto riportato in dettaglio nel capitolo 10.

Va comunque evidenziato che, non potendo tenere conto di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili - quali anisotropia, a-simmetria, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, effetti tridimensionali significativi - i valori delle convergenze stimate in questa fase progettuale sono da intendersi quale indicazione qualitativa dei livelli di deformazione attesi.

Per questi motivi nella pratica il range delle convergenze attese può essere più ampio, come indicato nella tabella 6.3, ove si assumo le convergenze da assumere come riferimento per le sezioni di avanzamento impiegate, tenendo anche conto di quanto osservato in contesti geomeccanici analoghi.

In corso d'opera, sulla base delle misure e dei rilievi geostrutturali regolarmente effettuati durante l'avanzamento, e del comportamento deformativo monitorato in corrispondenza del fronte (estrusione) e del cavo (convergenze) in rapporto alle lavorazioni condotte secondo le fasi e le cadenze prestabilite, potrà essere verificata l'adeguatezza delle sezioni progettate.

6.2 SEZIONE TIPO A1 E A1a

6.2.1 Campo di applicazione

Questa tipologia di sezione è prevista per le situazioni geologiche e geomeccaniche più favorevoli, quali quelle riscontrabili nella formazione delle Dolomie e del Calcare per coperture intermedie. Le caratteristiche principali dell'ammasso a cui può essere applicata questa sezione sono:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione medio-bassa;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di **tipo A "a fronte stabile"**, con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale sistematica e di uno strato di spritz-beton fibrorinforzato e armato con rete elettrosaldata. In particolare il numero e la posizione delle bullonature potrà essere adeguata in corso d'opera in funzione dell'assetto geostrutturale, al fine di migliorarne l'efficacia.

La **sezione tipo A1a** differisce dalla **sezione tipo A1** solo per la geometria dello scavo (sezione allargata).

6.2.2 Interventi previsti

Le **sezioni tipo A1 e A1a** sono costituite dai seguenti principali interventi:

- Esecuzione eventuale di drenaggi in avanzamento;
- 6/7 chiodi radiali tipo Swellex o CT Bolt L=4.0 , maglia 2.25 (trasv.) x 1.25m (long.)
- spritz-beton armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 25,0 cm (10,0 + 15,0);
- Arco rovescio in CLS spessore minimo 0,50 m;
- Calotta del rivestimento definitivo in CLS spessore 0,50 m;
- Impermeabilizzazione della calotta e delle murette con teli in PVC.

6.2.3 Fasi esecutive

Verrà eseguito lo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici o esplosivo, con sfondi di profondità massima di 3,00 m, profilando la parete a forma concava. Nel caso di abbattimento con esplosivo al fine di limitare il disturbo dell'ammasso roccioso si procederà con metodologia tipo pre-slitting. Si dovrà garantire la qualità dei sistemi di profilatura e di abbattimento.

Dopo ogni sfondo verrà realizzato uno strato di spritz-beton, con spessore 10 cm, in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, si procederà quindi con la perforazione e posa in opera dei chiodi tipo Swellex ad una distanza dal fronte di scavo variabile da un massimo di 3.0 m a un minimo di 0.6 m. Verrà quindi realizzato uno strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata con spessore pari a 15 cm in corrispondenza del tratto appena chiodato.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3.0 Ø dal fronte; infine, ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo, verrà messa in opera l'impermeabilizzazione e verranno eseguiti i getti del rivestimento definitivo di calotta.

Qualora si verifichino difficoltà nel mantenere il profilo di scavo in calotta – con formazione di sovrascavi e rilasci - occorrerà passare dapprima alla **sezione A2**, ed in seconda fase alla **sezione tipo B1**, la quale prevede l'adozione di tubi metallici in calotta, a garanzia del mantenimento della sagoma di scavo.

6.3 SEZIONE TIPO A2

6.3.1 Campo di applicazione

Questa tipologia di sezione è prevista per le situazioni geologiche e geomeccaniche abbastanza favorevoli, quali quelle riscontrabili nella formazione delle Dolomie per elevate coperture. Le caratteristiche principali dell'ammasso a cui può essere applicata questa sezione sono:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione medio-basso;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di **tipo A "a fronte stabile"**, con fenomeni deformativi in campo elastico di modesta entità. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un confinamento del cavo mediante la posa in opera di centine metalliche e di uno strato di spritz-beton.

6.3.2 Interventi previsti

La **sezione tipo A2** è costituita dai seguenti principali interventi:

- Esecuzione eventuale di drenaggi in avanzamento;
- Centine metalliche 1 HEB 140, passo 1,50 m;
- spritz-beton armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 25,0 cm (10,0 + 15,0);
- Arco rovescio in CLS spessore minimo 0,50 m;
- Calotta del rivestimento definitivo in CLS spessore 0,50 m;
- Impermeabilizzazione della calotta e delle murette con teli in PVC.

6.3.3 Fasi esecutive

Verrà eseguito lo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici o esplosivo, con sfondi di profondità massima di 3,00 m, profilando la parete a forma concava. Nel caso di abbattimento con esplosivo al fine di limitare il disturbo dell'ammasso roccioso si procederà con metodologia tipo pre-slitting. Si dovrà garantire la qualità dei sistemi di profilatura e di abbattimento.

Dopo ogni sfondo verrà realizzato uno strato di spritz-beton, con spessore 10 cm, in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, si procederà quindi alla messa in opera delle centine 1 HEB 140 a passo 1,50 m e verrà realizzato uno strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata con spessore pari a 15 cm al contorno dello scavo.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3.0 Ø dal fronte; infine, ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo, verrà messa in opera l'impermeabilizzazione e verranno eseguiti i getti del rivestimento definitivo di calotta.

Qualora si verifichino difficoltà nel mantenere il profilo di scavo in calotta – con formazione di sovrascavi e rilasci - occorrerà passare alla **sezione tipo B1**, la quale prevede l'adozione di tubi metallici in calotta.

6.4 SEZIONE TIPO B1

6.4.1 Campo di applicazione

Questa tipologia di sezione è prevista in contesti geomeccanici tipici delle zone di faglia e dei contatti tettonici (sovrascorrimenti) tra unità litologiche diverse, e per coperture intermedie. In questi ultimi casi l'ammasso è verosimilmente caratterizzato da intensa fratturazione ed elevata alterazione, e possono eventualmente essere presenti venute d'acqua concentrate. La sezione è utilizzabile ogni qualvolta il grado di separazione strutturale dell'ammasso evidenzi la necessità di prevedere interventi di presostegno in calotta, al fine di mantenere il profilo di scavo. La sezione sarà anche applicata nei tratti di transizione tra le zone di faglia e le zone limitrofe con caratteristiche geomeccaniche meno scadenti.

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di **tipo B "a fronte stabile a breve termine"**, con fenomeni deformativi in campo elasto-plastico. Gli interventi sono mirati al controllo del profilo di scavo in fase di avanzamento mediante tubi metallici; il confinamento del cavo avverrà mediante la tempestiva posa in opera di centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

6.4.2 Interventi previsti

La **sezione tipo B1** è costituita dai seguenti principali interventi:

- Esecuzione eventuale di drenaggi in avanzamento;
- Presostegno al contorno con n°37 tubi metallici Ø 88,9 mm, sp. = 10 mm, L=18 m con sovrapposizione 6 m (interasse 40 cm);
- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1m;
- spritz-beton armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 30 cm (10 + 20);
- spritz-beton al fronte di scavo armato con rete elettrosaldata di sp. 10 cm da realizzare a fine sfondo (profondità massima pari a 2 m);
- Arco rovescio in CLS spessore minimo 0,90 m;
- Calotta del rivestimento definitivo in CLS spessore 0,6-1,30 m;
- Impermeabilizzazione della calotta e delle murette con teli in PVC.

6.4.3 Fasi esecutive

Verrà eseguito un intervento di presostegno al contorno del cavo con la posa in opera di 37 tubi metallici Ø 88,9 mm di lunghezza pari a 18 m e con sovrapposizione pari a 6 m.

In seguito si procederà allo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima di 2m, profilando la parete a forma concava. Si dovrà garantire la qualità dei sistemi di profilatura.

Dopo ogni sfondo verrà realizzato uno strato di spritz beton, con spessore 10 cm, in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 180 a passo 1 m e verrà realizzato uno strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata con spessore sp. = 20 cm al contorno dello scavo.

Al termine di ogni sfondo di avanzamento verrà inoltre eseguito sul fronte di scavo uno strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata di spessore pari a 10 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito contemporaneamente ad una distanza massima di 2,0 Ø dal fronte; infine, entro 4,0 Ø dal fronte, verrà messa in opera l'impermeabilizzazione e verranno eseguiti i getti del rivestimento definitivo di calotta.

Qualora dai rilievi di convergenza e di estrusione si evidenzi un quadro deformativo maggiore di quello atteso, e in presenza di un grado di separazione strutturale assai elevato, si dovrà passare alla **sezione tipo B2_VTR**, la quale prevede il confinamento del fronte e del contorno del cavo.

6.5 SEZIONE TIPO B2_VTR

6.5.1 Campo di applicazione

Questa tipologia di sezione è prevista in zone di faglia e di contatti tettonici caratterizzati da intensa fratturazione e alterazione dei litotipi, per elevate coperture. Rispetto alla *sezione tipo B1* descritta in precedenza, la tipologia di avanzamento assicura un migliore controllo dei distacchi gravitativi in calotta e soprattutto dei rilasci al fronte, che possono prevedibilmente assumere dimensioni ragguardevoli in assenza di interventi.

La sezione sarà in particolare applicata nei tratti nelle zone di faglia per elevate coperture; in questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo **B/C "a fronte stabile a breve termine/instabile"**, con fenomeni deformativi in campo elasto-plastico. Sono necessari interventi sistematici di confinamento del fronte di scavo, mediante elementi strutturali in VTR, interventi di pre-sostegno in calotta, oltre al confinamento del cavo ottenuto tramite centine metalliche, spritz-beton ed il getto ravvicinato dell'arco rovescio.

6.5.2 Interventi previsti

La **sezione tipo B2_VTR** è costituita dai seguenti principali interventi:

- Esecuzione eventuale di drenaggi in avanzamento;
- Consolidamento al fronte con n°40 tubi in VTR Ø 60 /40 mm, sp. = 10 mm L=18 m sovrapposizione 6 m;
- Presostegno al contorno con n°37 tubi metallici Ø 88,9 mm, sp. = 10 mm L=18 m sovrapposizione 6 m (interasse 40 cm);
- Centine metalliche 2 IPN 240, passo 1,00 m;
- spritz-beton armato con rete elettrosaldata al contorno sp.30 cm (10 + 30);
- spritz-beton al fronte di scavo armato con rete elettrosaldata di sp. 10 cm da realizzare a fine sfondo (profondità massima pari a 2 m);
- Arco rovescio in C.A. spessore minimo 0,90 m;
- Calotta del rivestimento definitivo in CLS spessore 0,60 -1,30 m;
- Impermeabilizzazione della calotta e delle murette con teli in PVC.

6.5.3 Fasi esecutive

Verrà eseguito un intervento di preconsolidamento del fronte mediante 40 tubi in VTR Ø 60/40 mm di lunghezza pari a 18 m e con sovrapposizione pari a 6 m e si effettuerà il presostegno al contorno del cavo con la posa in opera di 37 tubi metallici Ø 88,9 mm (sp. = 10 mm) di lunghezza pari a 18 m e con sovrapposizione pari a 6 m.

In seguito si procederà allo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima di 2 m; profilando la parete a forma concava. Si dovrà garantire la qualità dei sistemi di profilatura. Dopo ogni sfondo verrà realizzato uno strato di spritz beton, con spessore 10 cm, in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2IPN 240 a passo 1 m e verrà realizzato uno strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata con spessore sp. = 30 cm al contorno dello scavo.

Al termine di ogni sfondo di avanzamento verrà inoltre eseguito sul fronte di scavo uno strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata con spessore pari a 10 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito contemporaneamente ad una distanza massima di 2,0 Ø dal fronte; infine, entro 4,0 Ø dal fronte, verrà messa in opera l'impermeabilizzazione e verranno eseguiti i getti del rivestimento definitivo di calotta.

Qualora dai rilievi di convergenza e di estrusione si evidenzi un quadro deformativo maggiore di quello atteso, e in presenza di un grado di separazione strutturale assai elevato, si dovrà procedere ad aumentare il confinamento del fronte di scavo (mediante l'applicazione di 60 tubi in VTR Ø 60 /40 mm, sp. = 10 mm L=18 m

sovrapposizione 6 m o più), e il pre-sostegno al contorno (mediante l'applicazione n°47 tubi metallici Ø 88,9 mm, sp. = 10 mm L=18 m sovrapposizione 6 m o più). In seconda battuta gli infilaggi potranno essere sostituiti con il preconsolidamento al contorno lungo un arco di calotta di circa 120°, da eseguire mediante tubi in vetroresina iniettati ad interasse di 40 cm.

6.6 SEZIONE TIPO B1_VTR E B1a_VTR

6.6.1 Campo di applicazione

Le **sezioni tipo B1_VTR** e **B1a_VTR** sono previste per i contesti geomeccanici tipici delle zone di bassa copertura (in prossimità degli imbocchi), rispettivamente per la geometria corrente (imbocco lato Noli) e per quella allargata (imbocco lato Finale) La **sezione tipo B1a_VTR** differisce dalla **sezione tipo B1_VTR** solo per la geometria dello scavo (sezione allargata).

Rispetto alla *sezione tipo B1* descritta in precedenza, la tipologia di avanzamento assicura un migliore controllo dei distacchi gravitativi in calotta e soprattutto dei rilasci al fronte, che possono prevedibilmente assumere dimensioni ragguardevoli in assenza di interventi.

La sezione sarà in particolare applicata nei tratti decompressi in prossimità delle zone di imbocco

- in Dolomia ove, visto l'evidente stato di alterazione, si prevede un comportamento "stabile/stabile a breve termine", con la possibilità di sviluppo di fenomeni deformativi in campo elasto-plastico;
- in Calcare ove, sebbene il metodo delle linee caratteristiche abbia previsto un comportamento di tipo "stabile"/"stabile a breve termine" si ritiene necessario limitare il più possibile le deformazioni nell'intorno del cavo e mantenere il comportamento in campo elastico, al fine di limitare il disturbo del "pilastro" di roccia che viene a formarsi tra la galleria e il fronte strada.

Si ritengono pertanto necessari interventi sistematici di confinamento del fronte di scavo, mediante elementi strutturali in VTR, interventi di pre-sostegno in calotta, oltre al confinamento del cavo ottenuto tramite centine metalliche, spritz-beton ed il getto ravvicinato dell'arco rovescio.

6.6.2 Interventi previsti

Le **sezioni tipo B1_VTR e B1a_VTR** sono costituite dai seguenti principali interventi:

- Esecuzione eventuale di drenaggi in avanzamento;
- Consolidamento al fronte con n°40 tubi in VTR Ø 60 /40 mm, sp. = 10 mm L=18 m sovrapposizione 6 m;
- Pre-sostegno al contorno con n°37 tubi metallici Ø 88,9 mm, sp. = 10 mm L=18 m sovrapposizione 6 m (interasse 40 cm);
- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1,00 m;
- spritz-beton armato con rete elettrosaldata al contorno sp.30 cm (10 + 20);
- spritz-beton al fronte di scavo armato con rete elettrosaldata di sp. 10 cm da realizzare a fine sfondo (profondità massima pari a 2 m);
- Arco rovescio in C.A. spessore minimo 0,90 m;
- Calotta del rivestimento definitivo in CLS spessore 0,60 -1,30 m;
- Impermeabilizzazione della calotta e delle murette con teli in PVC.

6.6.3 Fasi esecutive

Verrà eseguito un intervento di preconsolidamento del fronte mediante 40 tubi in VTR Ø 60/40 mm di lunghezza pari a 18 m e con sovrapposizione pari a 6 m e si effettuerà il presostegno al contorno del cavo con la posa in opera di 37 tubi metallici Ø 88,9 mm di lunghezza pari a 18 m e con sovrapposizione pari a 6 m.

In seguito si procederà allo scavo a piena sezione tramite mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima di 2 m, profilando la parete a forma concava. Si dovrà garantire la qualità dei sistemi di profilatura. Dopo ogni sfondo verrà realizzato uno strato di spritz beton, con spessore 10 cm, in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata,si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2IPN 180 a passo 1 m e verrà realizzato uno strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata con spessore sp. = 20 cm al contorno dello scavo.

Al termine di ogni sfondo di avanzamento verrà inoltre eseguito sul fronte di scavo uno strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata con spessore pari a 10 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito contemporaneamente ad una distanza massima di 2,0 Ø dal fronte; infine, entro 4,0 Ø dal fronte, verrà messa in opera l'impermeabilizzazione e verranno eseguiti i getti del rivestimento definitivo di calotta.

Qualora dai rilievi di convergenza e di estrusione si evidenzi un quadro deformativo maggiore di quello atteso, e in presenza di un grado di separazione strutturale assai elevato, si dovrà passare in prima ipotesi alla sezione tipo B2_VTR, la quale prevede un maggior confinamento del cavo ottenuto con centine metalliche maggiori, e in ed in seconda battuta si dovrà procedere ad aumentare il confinamento del fronte di scavo (mediante l'applicazione di 60 tubi in VTR Ø 60 /40 mm, sp. = 10 mm L=18 m sovrapposizione 6 m o più), e il pre-sostegno al contorno (mediante l'applicazione n°47 tubi metallici Ø 88,9 mm, sp. = 10 mm L=18 m sovrapposizione 6 m o più). In aggiunta se necessario gli infilaggi potranno essere sostituiti con il preconsolidamento al contorno lungo un arco di calotta di circa 120°, da eseguire mediante tubi in vetroresina iniettati ad interasse di 40 cm.

Per la zona prossima all'imbocco lato Finale, dove è prevista la sezione tipo **B1_a_VTR**, in aggiunta agli interventi sopradescritti, si prevede la realizzazione di un sistema di ancoraggi passivi in VTR ed acciaio da effettuarsi a partire dal fronte roccioso esterno, lateralmente e al di sopra della calotta e da realizzarsi prima dello scavo della tratta di galleria in oggetto. Tali interventi sono stati adottati cautelativamente per contrastare eventuali fenomeni indesiderati causati al basso stato tensionale in direzione orizzontale - giustificato dalla vicinanza della superficie libera sub-verticale e che potrebbe comportare limitate zone di trazione in calotta.

Per maggiori dettagli sulle opere di preconsolidamento si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

7 INDAGINI E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

Come sottolineato nei paragrafi precedenti, in fase esecutiva nel corso dei lavori, sarà necessario procedere alla realizzazione di sondaggi orizzontali in avanzamento, al fine di individuare l'esatta posizione di suddette zone tettonizzate e di studiarne con maggiore accuratezza le caratteristiche fisico-meccaniche. Tali indagini consentiranno di confermare o modificare quanto previsto a progetto, tenendo conto delle effettiva presenza e condizione delle zone tettonizzate. I sondaggi in avanzamento dovranno avere una lunghezza all'incirca di 40 m e comunque maggiore di due campi di avanzamento.

Analogamente, nel corso dei lavori sarà necessario procedere con fori esplorativi in avanzamento tesi ad individuare l'eventuale presenza di zone ad elevata permeabilità, e cavità, contenenti acqua in pressione, lungo l'asse della galleria e nelle zone intorno al futuro scavo.

8 PROGRAMMA DEL MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Di seguito viene sommariamente delineato il programma di monitoraggio che sarà necessario adottare per il controllo tenso-deformativo in corso d'opera dell'ammasso interessato dalla realizzazione delle gallerie.

Il sistema di monitoraggio permetterà di:

- verificare la validità delle ipotesi progettuali;
- assicurare che l'opera sia in grado di esplicare le sue funzioni nel tempo;
- controllare che il campo di deformazioni e di spostamenti sia compatibile con strutture e manufatti collocati in superficie o in prossimità delle gallerie;
- verificare che lo stato di sollecitazione nei rivestimenti rimanga entro i limiti prefissati, anche nella fase di esercizio.

Il sistema di monitoraggio sarà installato e gestito dall'Appaltatore fino alla ultimazione dei lavori, con consegna periodica alla D.L. dei previsti rapporti delle misure. Dopo l'ultimazione dei lavori la gestione della strumentazione sarà proseguita dall'Ente Appaltante.

Nelle sue linee generali, da definire compiutamente in sede di progettazione esecutiva, il monitoraggio si articola nelle seguenti, principali attività :

attività sistematiche:

- rilievo geologico sistematico dei fronti di scavo;
- rilievo sistematico delle fasi esecutive, delle cadenze di avanzamento, delle eventuali portate d'acqua nel cavo;
- stazioni di misura sistematiche delle convergenze;
- perforazioni in avanzamento al fine di individuare con anticipo passaggi tettonici imprevisti, zone di faglia, venute d'acqua, etc..

attività non sistematiche:

- stazioni principali, prevedenti la misura dello stato tensionale dei rivestimenti di prima fase e definitivi, dello stato deformativo dell'ammasso al contorno del cavo, delle eventuali pressioni neutre a tergo dei rivestimenti.

Le attività sistematiche saranno cadenzate sulla scorta dei litotipi incontrati e della *classe di comportamento* attesa. In particolare, le misure di convergenza diametrale saranno più distanziate nelle classi di comportamento di tipo A (situazione nucleo-fronte stabile), ove si può mediamente prevedere una stazione di convergenza ogni 60 - 70 m circa. Queste misure, come usuale, saranno eseguite su almeno cinque punti per ciascuna sezione,

avvalendosi di mire ottiche traguardate mediante teodolite o distanziometro, alla stregua delle normali triangolazioni di alta precisione, specificando una accuratezza degli spostamenti misurati non inferiore a qualche decimo di millimetro.

In presenza delle altre classi di comportamento (classi B/C), le misure di convergenza diametrale saranno più ravvicinate ed integrate dalle stazioni principali. In questi casi si può mediamente prevedere una stazione di convergenza ogni 30 – 40 m circa, mentre in corrispondenza degli imbocchi si suggerisce di installare una stazione per ogni campo d'avanzamento.

Durante lo scavo deve essere prevista la realizzazione di sondaggi in avanzamento a carotaggio continuo, di lunghezza non inferiore a 40 m, al fine di individuare con esattezza e con anticipo i vari passaggi tettonici.

Le attività non sistematiche saranno concentrate in corrispondenza delle stazioni principali. Per la galleria naturale in esame si prevede l'installazione di almeno 16-18 stazioni principali; in particolare, sono da prevedere almeno due stazioni per ciascuna sezione tipo di avanzamento e rivestimento (Sezioni Tipo A1, A1a, A2), mentre le rimanenti stazioni saranno posizionate in corrispondenza degli imbocchi, delle zone di faglia e dei passaggi tettonici.

In corrispondenza di ciascuna stazione principale sarà installata, di norma, la seguente strumentazione:

- mire ottiche per le misure di convergenza;
- barrette estensimetriche (strain gauges) a corda vibrante, per la misura dello stato tensio-deformativo nel rivestimento provvisionale. Le barrette vanno posizionate in almeno tre punti delle centine metalliche, in corrispondenza dei piedritti e della chiave delle centine stesse;
- n.2 estensimetri multibase a base lunga, aventi lunghezza pari a circa due diametri e posizionati sulla sommità dei piedritti, per la misura delle deformazioni radiali della roccia a distanze crescenti dal cavo;
- n.1 estensimetro incrementale, del tipo sliding micrometer o equivalente, avente lunghezza pari a circa due diametri ed ubicato orizzontalmente in posizione centrale del fronte di scavo, per le misure di estrusione. Si noti che tale strumento va installato in modo che la sua lunghezza sia grossomodo a cavallo della progressiva corrispondente alla stazione principale. L'estensimetro incrementale peraltro, può efficacemente essere installato nel foro dei sondaggi orizzontali.

La suddetta strumentazione potrà essere integrata, in alcune delle stazioni principali, da celle di pressione per il controllo dello stato tensionale nel rivestimento definitivo, e da celle piezometriche (estensimetriche o a corda vibrante) per la misura di eventuali carichi idraulici a tergo dei rivestimenti.

In sede di progettazione esecutiva, sia le caratteristiche che le modalità esecutive del programma di monitoraggio dovranno essere dettagliatamente descritte in una apposita Relazione corredata di specifiche tecniche sulla strumentazione e sulle modalità di raccolta e di gestione dei dati misurati. L'insieme dei dati di monitoraggio concorrerà inoltre alla determinazione delle informazioni necessarie per la gestione dell'applicazione delle Sezioni Tipo, e per la definizione dell'intensità degli interventi e delle cadenze lavorative.

9 FASE DI DIAGNOSI: ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL CAVO IN ASSENZA DI INTERVENTI MEDIANTE IL METODO DELLE LINNE CARATTERISTICHE

Nel presente capitolo vengono descritti con maggiore dettaglio i principali risultati delle analisi condotte con il metodo delle linee caratteristiche e del metodo dell'equilibrio limite, eseguite al fine di prevedere indicativamente il comportamento tensionale e deformativo del cavo prima della posa in opera del prerivestimento. Tali analisi hanno consentito di individuare le tratte a comportamento geomeccanico omogeneo lungo i tracciati (analisi in ***fase di diagnosi***).

9.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE

L'evolvere dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è valutabile esclusivamente attraverso un'attenta analisi dei fenomeni deformativi del mezzo attraversato, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine.

In particolare, Il comportamento del fronte di scavo, attraverso il quale può essere valutata la stabilità della galleria è condizionato da:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità dei materiali attraversati;
- dei carichi litostatici, dipendenti dalle coperture in gioco;
- le caratteristiche geometriche della sezione di scavo.

Come accennato nei paragrafi precedenti, il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie di comportamento, in accordo alla classificazione proposta dal metodo ADECO-RS (Lunardi, 2000, Lunardi, 2006):

- Categoria A: Galleria a fronte stabile.
  La categoria A è identificabile quando lo stato di sollecitazioni nel terreno al fronte e al contorno del cavo non supera le caratteristiche di resistenza del mezzo. L'effetto arco si forma tanto più vicino al profilo di scavo quanto più questo è aderente al profilo teorico. I fenomeni deformativi evolvono in campo elastico, sono immediati e di ordine centimetrino. Il fronte di scavo è globalmente stabile. Si possono verificare solo instabilità locali riconducibili al distacco gravitativi di blocchi isolati da uno sfavorevole assetto strutturale dell'ammasso roccioso. Gli interventi di stabilizzazione sono per lo più volti ad impedire la sfioritura del terreno e al mantenimento del profilo di scavo. Il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.
- Categoria B: Galleria a fronte stabile a breve termine.
  La categoria B è identificabile quando lo stato di sollecitazione nel terreno al fronte e al contorno del cavo, durante l'avanzamento, è tale da superare la capacità di resistenza in campo elastico del mezzo. L'effetto arco non si realizza immediatamente al contorno del cavo, bensì ad una distanza che dipende dalla potenza della fascia dove il terreno subisce il fenomeno della plasticizzazione. I fenomeni deformativi evolvono in campo elasto-plastico, sono differiti e di ordine decimetrico. L'effetto del tempo sulla stabilità degli scavo è significativo: il nucleo-fronte, alle normali cadenze d'avanzamento, è stabile a breve termine e la sua stabilità dipende dalla velocità di avanzamento. Le deformazioni del nucleo sotto forma di estrusioni non condizionano la stabilità della galleria, perché il terreno è ancora in grado di mobilitare una sufficiente resistenza residua.
  I fenomeni di instabilità, sotto forma di placcaggi diffusi sul fronte e al contorno del cavo,

lasciano il tempo di operare dopo il passaggio del fronte con interventi di stabilizzazione tradizionale di contenimento radiale. In alcune circostanze può essere necessario ricorrere anche ad azioni di precontenimento del cavo, bilanciando gli interventi di stabilizzazione tra il fronte e il cavo in modo da contenere i fenomeni deformativi nei limiti accettabili. Ancora il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine.

- Categoria C: Galleria a fronte instabile.
  La categoria C è identificabile quando lo stato di sollecitazione nel terreno supera sensibilmente la capacità di resistenza dello stesso anche nella zona del fronte d'avanzamento. L'effetto arco non può formarsi né al fronte, né al contorno del cavo, poiché il terreno non possiede sufficiente resistenza residua. I fenomeni deformativi sono inaccettabili perché evolvono immediatamente in campo di rottura dando luogo a gravi fenomeni di instabilità, quali il crollo del fronte e il collasso della cavità, senza lasciare il tempo di intervenie con interventi di contenimento radiale Occorrono pertanto interventi di preconsolidamento lanciati a monte del fronte di avanzamento che sviluppino un'azione di precontenimento capace di creare effetti arco artificiali.

9.2 METODI PER LA DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO

L'individuazione delle classi di comportamento del fronte è stata effettuata nell'ipotesi di scavo libero attraverso il metodo delle linee caratteristiche (Lombardi e Amberg, 1974) e – per le zone a basse coperture – con il metodo dell'equilibrio limite proposto da Tamez (1985).

9.2.1 Metodo delle linee caratteristiche

Per la valutazione delle condizioni di stabilità di una galleria è di particolare interesse lo studio del comportamento tenso-deformativo della fascia di terreno in corrispondenza del fronte di scavo.

In fase di avanzamento possono essere distinte, all'interno del cavo, tre fasce di terreno caratterizzate da diversi stati tensio-deformativi. Nelle zone di terreno situate sufficientemente lontano, davanti e dietro il fronte di scavo, lo stato di deformazione può essere considerato piano. Trascurando l'influenza della tensione longitudinale parallele all'asse della galleria anche lo stato di tensione può essere ipotizzato piano.

Nella zona in prossimità del fronte, viceversa, per la modifica apportata dallo scavo allo stato tensionale originario, le traiettorie delle sollecitazioni longitudinali del massiccio roccioso sono deviate e, per condizioni di equilibrio, risulta che nella zona del fronte esistono forze radiali di deviazione che si esercitano verso l'esterno e che sostengono la cavità.

Il metodo delle "linee caratteristiche" consente di valutare la risposta deformativa del fronte-nucleo di avanzamento e del cavo nell'ipotesi semplificata di comportamento del terreno elasto-plastico perfetto e di assialsimmetria (galleria circolare e stato tensionale iniziale isotropo). Per questa ultima ipotesi, tale metodo è a rigore applicabile solo nel caso di gallerie profonde. Nel caso di gallerie superficiali e nelle zone a ridosso degli imbocchi, la valutazione della stabilità del fronte dovrebbe a rigore tener conto della natura tridimensionale del problema e dei possibili meccanismi di rottura del terreno a seguito di operazioni di scavo a breve distanza dal piano campagna.

Il metodo delle "linee caratteristiche permette di valutare l'andamento delle deformazioni radiali dei diversi elementi della galleria (fronte, cavità, nucleo di terreno al fronte) al variare delle pressioni di contenimento sul contorno del cavo, le quali, per effetto dello scavo, diminuiscono dal valore della tensione naturale all'interno dell'ammasso fino ad annullarsi oltre il raggio di azione del fronte di scavo.

Il metodo consiste nel tracciare graficamente tre linee caratteristiche:

- *Linea caratteristica della cavità lontano dal fronte* ove si può ipotizzare un comportamento bidimensionale;
- *Linea caratteristica della cavità al fronte* ovvero di una sezione in corrispondenza del fronte per la quale vengono prese in considerazione le forze di deviazione sopra menzionate;
- *Linea caratteristica del nucleo* di terreno situato immediatamente davanti al fronte di scavo, dotato di una resistenza pari alla metà della resistenza uniassiale del terreno, indicata nel seguito come *resistenza del mezzo nucleo* (Lombardi, Amberg, 1974):

$$R_{1/2Nucleo}=cK_P^{0.5}$$

dove:
c = coesione drenata;
K_P = coefficiente di spinta passiva =(1+senϕ)/(1-senϕ)
con ϕ= angolo di attrito del terreno.
Le equazioni per la determinazione di tali curve sono reperibili in letteratura.

L'intersezione tra *la linea caratteristica della cavità al fronte e* quella e *quella del nucleo* rappresenta il punto di equilibrio della galleria in corrispondenza del fronte e permette di valutare l'entità dello spostamento radiale, u_f, nella sezione in corrispondenza del fronte di scavo, prima che possa essere messo in opera il rivestimento di prima fase.

L'eventuale preconsolidamento al fronte eseguito mediante tubi in VTR conferisce al materiale da scavare un incremento di resistenza rispetto al suo valore caratteristico. Tale incremento può essere schematizzato mediante un incremento della coesione:

$$\Delta c=\Delta\sigma_3 K_P^{0.5}/2$$

dove:
$\Delta\sigma_3$=pressione di confinamento agente al fronte di scavo;
K_P = coefficiente di spinta passiva =(1+senϕ)/(1-senϕ).

Il valore della pressione di confinamento agente al fronte di scavo, $\Delta\sigma_3$, da adottare è il valore inferiore tra la resistenza allo snervamento dei tubi e la resistenza allo sfilamento dei medesimi tubi iniettati e cementati:

$$\Delta\sigma_3= \min(\Delta\sigma_3^1 \; ; \Delta\sigma_3^2)$$

con

$$\Delta\sigma_3^1 = N\, A_{VTR}\, \sigma_{yld}/A$$

$$\Delta\sigma_3^2= N\, \pi D L \tau/A$$

dove:

N= numero di tubi in vetroresina;

A_{VTR} = area reagente del tubo in vetroresina

σ_{yld} = resistenza tubo in vetroresina:

A = area della sezione di scavo;

D =diametro del foro di perforazione

L= lunghezza di ancoraggio;

τ =tensione di aderenza terreno-malta.

La resistenza del mezzo nucleo consolidata risulta pertanto pari a:

$$R_{1/2Nucleo,consolidato} = (c+ \Delta c)K_P^{0.5}$$

Per quanto descritto, il metodo delle linee caratteristiche consente di tener conto dell'effetto del consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante un incremento della resistenza del mezzo nucleo e conseguentemente con una diminuzione degli spostamenti al fronte.

Tuttavia con il metodo delle linee caratteristiche, le linee caratteristiche del cavo nel caso di nucleo consolidato coincidono con quelle calcolate in assenza di consolidamento. Ciò è in contrasto con le evidenze sperimentali che mostrano invece che, nel caso di scavi preconsolidati al fronte con elementi in VTR (Lunardi, 2006):

- le linee caratteristiche della cavità reali, sia in prossimità del fronte che lontano dal fronte, assumono una forma decisamente più piatta di quelle calcolate con il metodo delle linee caratteristiche;
- i valori di convergenze e della pressione finale sul rivestimento sono significativamente inferiori.

Pertanto nel caso di preconsolidamento al fronte con VTR, il metodo delle linee caratteristiche tende a sovrastimare le convergenze sia al fronte che lontano dal fronte.

9.2.2 Metodo dell'equilibrio limite

Il metodo dell'equilibrio limite proposto da Tamez (1985) tiene conto che, al di sopra della volta dello scavo, da una determinata altezza, l'ammasso non insiste più sulla zona circostante la galleria, formando il noto effetto arco-cupola. Il volume di terreno gravante sulla corona della galleria è definito da un paraboloide, approssimato mediante tre solidi prismatici, come illustrato in Figura 9.1.

Il metodo determina le massime tensioni tangenziali che si possono sviluppare sulle facce di ogni prisma (forze resistenti) e le forze di massa di ogni prisma (forze agenti). Il rapporto tra i momenti delle forze resistenti e delle forze agenti fornisce un coefficiente di sicurezza, FSF. Tuttavia, spesso, la stabilità del prisma 3, gravante sulla zona di galleria non ancora sostenuta, è più critica rispetto all'equilibrio dei tre prismi che approssimano il paraboloide.

Pertanto il coefficiente di sicurezza deve essere assunto considerando il più piccolo fra il coefficiente di sicurezza FSF e quello relativo alla rottura del prisma 3, FS3:

$$FS= \min(FSF \ ; FS3)$$

Tamez, con riferimento ai valori della coesione, indica i comportamenti di massima del mezzo ed i relativi coefficienti di sicurezza raccomandati. Tali indicazioni sono riportate nella Tabella 9.1.

Anche per le analisi con il metodo dell'equilibrio limite, è possibile tener conto degli eventuali interventi di preconsolidamento al fronte (realizzati con elementi strutturali in VTR), mediante l'applicazione di una pressione fittizia, p_e, applicata al fronte.

Il valore della pressione di confinamento agente al fronte di scavo, *pe*, da adottare è il valore inferiore tra la resistenza allo snervamento dei tubi e la resistenza allo sfilamento dei medesimi tubi iniettati e cementati:

$$p_e = \min(p_e^1 \ ; p_e^2)$$

con

$$p_e^1 = N \, A_{VTR} \, \sigma_{yld}/A$$

$$p_e{}^2 = N \pi D L \tau / A$$

dove:

N= numero di tubi in vetroresina;

A_{VTR} = area reagente del tubo in vetroresina

σ_{yld} = resistenza tubo in vetroresina:

A = area della sezione di scavo;

D = diametro del foro di perforazione

L= lunghezza di ancoraggio;

τ = tensione di aderenza terreno-malta.

9.3 RISULTATI DELLE ANALISI IN FASE DI DIAGNOSI: STUDIO DEL COMPORTAMENTO DEL CAVO LIBERO

9.3.1 Metodo delle linee caratteristiche

L'individuazione delle classi di comportamento del fronte è stata effettuata nell'ipotesi di cavo libero. I risultati delle analisi svolte sono sintetizzate nella già citata tabella 5.1 e riportate per comodità nella tabella 9.2. In questa ultima, si riportano anche i risultati delle analisi svolte considerando l'incremento della resistenza del mezzo nucleo, nelle tratte in cui si prevede un preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR, secondo quanto descritto precedentemente.

Nell'appendice A sono riportate le curve caratteristiche analizzate.

Dall'analisi effettuate emerge che le sezioni di scavo nell'ammasso delle Dolomie e dei Calcari, presentano un comportamento di **tipo A a "fronte stabile**", in tutte le condizioni geometriche e di coperture previste. Le deformazioni al fronte si mantengono in campo elastico, con spostamenti inferiori al mm. A distanza dal fronte il cavo si mantiene stabile con piccole deformazioni dell'ordine di 1-2 mm e sviluppo nullo o decisamente modesto di una fascia plastica al contorno.

Per le condizioni geomeccaniche presenti nelle zone di faglia e del contatto stratigrafico Dolomia/Calcari, il comportamento delle sezioni di scavo è di **tipo B "stabile a breve termine":** per le coperture basse e intermedie e tende a diventare di **tipo C "instabile"** per le coperture massime. Le deformazioni al fronte risultano maggiori del cm (spostamento massimo dell'ordine di 1-2 cm). Lontano dal fronte le convergenze diventano significative, con valori degli spostamenti radiali compresi tra 2 e 7 cm al variare delle coperture, e con formazione di zone plasticizzate di non trascurabile estensione ((Rp/R)∞ massimo pari a 1.36). Per i tratti in faglia con le coperture massime - al fine di ridurre la preconvergenza al fronte e conseguentemente lo sviluppo dei deformazioni in campo plastico - si è ipotizzato un intervento di preconsolidamento al fronte eseguito mediante tubi in VTR[6]. Tali interventi - aumentando la resistenza del mezzo nucleo - consentono di diminuire le convergenze al fronte (Tabella 9.2). Tuttavia, come detto precedentemente (Paragrafo 9.2) il metodo delle linee caratteristiche fornisce, nel caso di interventi di consolidamento del nucleo, dei valori delle convergenze sia al fronte che lontano dal fronte sovrastimate rispetto alle evidenze sperimentali.

In corrispondenza delle zone a basse copertura nelle vicinanze degli imbocchi,

[6] Nella sezione tipo B2_VTR prevista nelle zone tettonizzate con alte coperture il fronte viene preconsolidato mediante N. 40 tubi in VTR ϕ 60/40 mm, sp. 10mm L=18 m, sovrapposizione 6.0 m (Paragrafo 6.5).

- in Dolomia (lato Noli) si osserva un comportamento di tipo **B/C, "stabile a breve termine"/"instabile**", con spostamenti inferiori al centimetro sia al fronte (dell'ordine di 2 mm) che lontano dal fronte (spostamento max. = 7.3 mm). Lo stato tensionale è pressoché elastico al fronte, con la formazione, lontano dal fronte, di zone plasticizzate significative ((Rp/R)∞=1.51).
- in Calcare (lato Finale) si osserva un comportamento di tipo **A/B, "stabile"/stabile** a breve termine", con spostamenti inferiori al centimetro sia al fronte che lontano dal fronte (spostamento max. = 2.0 mm). Lo stato tensionale è pressoché elastico al fronte, con la formazione, lontano dal fronte, di zone plasticizzate di limitata estensione ((Rp/R)∞=1.05).

Si precisa tuttavia, che i valori degli spostamenti radiali ottenuti per le coperture basse, in prossimità degli imbocchi, sono da ritenersi i minimi attesi, in considerazione del fatto che in tali situazioni il metodo delle linee caratteristiche tende a sottostimare i valori delle convergenze.

Nelle tratte prossime ai due imbocchi, per le ragioni sopradescritte, si è previsto un consolidamento al fronte mediante tubi in VTR[7], i cui effetti - previsti con il metodo delle linee caratteristiche sono mostrati in Tabella 9.2, in termini di diminuzione degli spostamenti al fronte.

9.3.2 Metodo dell'equilibrio limite

Per la tratta di galleria in corrispondenza dell'imbocco lato Noli sono state condotte alcune analisi con il metodo dell'equilibrio limite proposto da Tamez (1985). Si sono indagate due coperture corrispondenti all'incirca alla minima prevista e ad una intermedia. I risultati delle analisi svolte sono sintetizzate nella già citata tabella 5.2 e riportate per comodità nella tabella 9.3. In questa ultima, si riportano anche i risultati delle analisi svolte considerando l'effetto dell'intervento di preconsolidamento al fronte mediante VTR, previsto per questa tratta.

Le analisi condotte in assenza di interventi prevedono un comportamento di tipo **B/C "stabile a breve termine"/"instabile"** con Fattori di sicurezza prossimi all'unità (FS=1.01) per una profondità di scavo non sostenuta di 3 m. Il FS aumenta fino a 1.41 nel caso di lunghezza di sfondo paria a=2 m.

Prevedendo un intervento di consolidamento al fronte con tubi in VTR[6], per una lunghezza non sostenuta pari a 2m, il fattore di sicurezza arriva a FS= 2.15 e 1.72 per le due coperture indagate, aumentando rispettivamente del 52% e del 23% ed raggiungendo i valori consigliati in letteratura (si veda Tabella 9.1).

Come detto precedentemente, non si riportano i risultati delle analisi condotte con il metodo dell'equilibrio limite per le zone a ridosso dell'imbocco lato Finale, in quanto sebbene tale analisi forniscano fattori di sicurezza nei confronti della stabilità del fronte, FS, piuttosto elevati e tali da predire un comportamento di tipo stabile, tale metodo non riesce a cogliere le potenziali criticità in corrispondenza dell'imbocco dovute sostanzialmente alla condizione di parietalità della galleria. Nel Capitolo successivo si descriveranno i risultati di una analisi numerica 2D relativa ad una sezione posta a circa 30 m dall'imbocco stesso. In fase di progetto esecutivo potranno essere condotte analisi tridimensionali 3D, in grado di cogliere la tridimensionalità del problema nell'immediata vicinanza dell'imbocco.

10 FASE DI TERAPIA: MODELLAZIONE NUMERICA DELLO SCAVO E COSTRUZONE DELLA GALLERIA

[7] Nelle sezioni tipo B1_VTR e B1a_VTR, previste nelle zone di imbocco, il fronte viene preconsolidato mediante N. 40 tubi in VTR ϕ 60/40 mm, sp. 10mm L=18 m, sovrapposizione 6.0 m (Paragrafo 6.6).

Nel presente capitolo vengono descritti i principali risultati delle analisi numeriche eseguite al fine di valutare il comportamento della galleria naturale in oggetto, e di descrivere l'evoluzione dei fenomeni tensio-deformativi indotti dallo scavo e costruzione della galleria.

In particolare, le analisi sono state condotte con lo scopo di verificare l'adeguatezza degli interventi adottati (analisi in ***fase di terapia***) attraverso la valutazione:

- degli spostamenti e delle deformazioni della galleria e della roccia circostante, in corrispondenza delle condizioni più gravose;
- delle sollecitazioni sui rivestimenti provvisionali e definitivi.

Per l'esecuzione di tutte le analisi è stato impiegato il codice di calcolo PLAXIS V.8.5; l'affidabilità di questo codice è stata preliminarmente accertata esaminando la documentazione a corredo del software contenente informazioni sulle basi teoriche, sugli algoritmi impiegati e una sezione benchmark con casi svolti e commentati.

10.1 INTRODUZIONE ALLE ANALISI EFFETTUATE

Le analisi sono state condotte in condizioni di deformazione piana (*plane strain*), ma con accorgimenti tali da considerare l'effetto tri-dimensionale dell'avanzamento del fronte; in particolare, lo scavo della galleria viene simulato rimuovendo gli elementi della *mesh* all'interno della sagoma di scavo e facendo ricorso ad una pressione fittizia agente sul contorno di scavo, regolata da un opportuno tasso di rilascio tensionale (*stress reduction method*). In questo modo il problema tridimensionale dello scavo della galleria viene ricondotto ad un problema piano con un percorso di sollecitazioni - del problema di deformazione piana associato - molto simile a quello effettivo.

Nelle analisi è stata applicata una legge di riduzione delle forze di scavo, alquanto nota nella in letteratura specializzata, proposta da Hanafy & Emery (1980), opportunamente tarata in base ai risultati delle analisi svolte mediante il metodo delle linee caratteristiche (si veda paragrafo 10.5)

Nelle analisi relative alla ***fase di terapia***, la sequenza temporale delle fasi di analisi vuole simulare l'effettivo susseguirsi delle lavorazioni dell'opera. Più precisamente dopo una prima fase geostatica (fase 0), seguono le fasi di costruzione vera e propria della galleria (fasi da 1 a 6) :

- una prima fase di scavo non sostenuto (fase 1);
- la posa del rivestimento provvisionale costituito da centine e spritz-beton (fase 2) e progressiva maturazione dello spritz (fase 3-4)
- completa maturazione dello spritz-beton del rivestimento provvisionale e posa in opera dell'arco rovescio (fase 5);
- posa in opera della calotta e completa maturazione del rivestimento definitivo (fase 6).

10.2 PROGRAMMA DELLE ANALISI

Per la valutazione del comportamento delle gallerie, nella ***fase di terapia***, sono state eseguite numerose analisi, qui riportate solo parzialmente per motivi di brevità. In effetti in corrispondenza delle tratte individuate in fase di diagnosi, si è valutata la adeguatezza delle soluzioni progettuali prescelte, sintetizzate nelle sette sezioni tipo.

Nel seguito si riportano sinteticamente i risultati di alcune delle analisi numeriche, ritenute più significative e rappresentative in virtù dei parametri di input adottati. In particolare, vengono discusse:

- due analisi relative a galleria in dolomia (D) con coperture rispettivamente di 50m e di 150 m, corrispondenti approssimativamente alle massime previste per tale litotipo rispettivamente per la sezione tipo A1 e la A2 (analisi A1_H50_T02, e A2_H150_T10);
- due analisi relative a galleria in calcare (C), con coperture rispettivamente di 90m e di

60 m, corrispondenti approssimativamente alle massime previste per tale litotipo rispettivamente per la sezione tipo A1 e la sezione A1a (con geometria allargata) (analisi A1_H90_T16, e A1a_H60_T17);

- cinque analisi relative a galleria che attraversa le zone tettonizzate. In particolare quattro analisi sono relative alle tratte in cui la galleria attraversa le faglie e il contatto stratigrafico per coperture variabili da 60 m e 110 m in modo da abbracciare tutto il campo di variabilità ove è prevista la sezione tipo B1 (analisi B1_H60_T03, B1_H80_T05, B1_110_T07, e B1_H90_T15). L'altra analisi è stata condotta in faglia per una copertura pari a 140 m, corrispondente approssimativamente alla copertura massima prevista per la sezione B2_VTR (analisi B2_VTR _H140_T09);
- due analisi relative alle sezioni poste nelle vicinanze dei due imbocchi lato Noli (analisi B1_VTR_H30_T01) e lato Finale (analisi B1a_VTR_H40_T18), ove sono previste rispettivamente le sezioni B1_VTR e B1a_VTR (sezione allargata).

Nella tabella 10.1 si riassume il programma delle principali analisi numeriche effettuate.

10.3 GEOMETRIA DEL MODELLO

Il comportamento della generica sezione è stato valutato mettendo a punto un modello bidimensionale la cui geometria e discretizzazione agli elementi finiti è illustrata a titolo di esempio in Figura 10.1, per l'analisi con copertura pari a 150m.

Il modello geometrico considerato nelle analisi numeriche ha una estensione di 200 m in larghezza (direzione x) ed un'altezza (direzione y) variabile in funzione delle coperture adottate da un minimo di circa 60 m a un massimo di circa 180 m; la galleria è collocata all'interno dell'ammasso ad una distanza dal contorno inferiore di circa 20m.

La larghezza del dominio è sufficiente per escludere eventuali fenomeni di bordo, mentre la sua altezza (spessore in direzione y) è stata valutata tenendo conto della tipologia della galleria, delle sue dimensioni verticali, e della modesta influenza della profondità del limite inferiore della roccia sui fenomeni indotti dallo scavo.

La roccia è stata modellata mediante elementi triangolari a 15 nodi con integrazione numerica a 12 punti di Gauss (*stress point*). In Figura 10.2 sono rappresentati gli elementi utilizzati con l'indicazione dei punti di Gauss e dei nodi per ciascun elemento.

Il rivestimento provvisorio costituito da centine e spritz beton, e quello definitivo - costituito da arco rovescio, piedritti e calotta - sono stati discretizzati con elementi trave (*beam*) a 5 nodi con integrazione numerica a 8 punti di Gauss (Figura 10.3). Al contatto roccia–struttura di rivestimento sono stati impiegati dei particolari elementi interfaccia, riportati in Figura 10.4, con lo scopo di simulare possibili fenomeni di scorrimento plastico. Utilizzando per la roccia gli elementi a 15 nodi, i corrispondenti elementi all'interfaccia sono definiti da 5 coppie di nodi e da 5 punti d'integrazione di Newton Cotes.

Le distribuzioni dei nodi e dei punti di Gauss del modello sono rappresentate nella Figura 10.5, mentre la Tabella 10.2 riassume le caratteristiche salienti della discretizzazione agli elementi finiti adottata.

10.4 PROPRIETÀ E MODELLI COSTITUTIVI DELL'AMMASSO E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

In Figura 10.6 è rappresentata un particolare del modello agli elementi finiti in cui sono riportati gli elementi di volume, gli elementi trave (*beam*) e l' interfaccia . Essi vengono brevemente descritti di seguito.

10.4.1 Roccia

Per la roccia è stato adottato il modello costitutivo elastico lineare perfettamente plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

I parametri fisici e meccanici utilizzati nel calcolo sono riportati - per tutte le analisi svolte - nella Tabella 10.1 e sono in accordo con quelli indicati nelle relazioni geologiche e geotecniche allegate al progetto.

L'effetto del pre-sostegno al contorno, realizzato con i tubi metallici – ove previsto - non è stato modellato a vantaggio di sicurezza.

10.4.2 Rivestimento provvisorio (Centine e spritz)

Il rivestimento di prima fase è costituito da centine in acciaio (ad eccezione della sezione tipo A1 e A1a) e da spritz-beton fibrorinforzato e armato con rete elettrosaldata. Il rivestimento è stato modellato mediante elementi trave adottando un modello costitutivo di tipo elastico lineare ed è indicato in blu in Figura 10.6. I relativi parametri di calcolo sono riportati in Tabella 10.3 (valori relativi alle centine + spritz per le fasi 2-5). I valore del modulo elastico è stato determinato per ciascuna fase di calcolo (si veda paragrafo 10.5), in funzione della maturazione dello spritz-beton e tenendo conto del contributo delle centine metalliche - ove presenti[8]. Le caratteristiche di deformabilità dello spritz-beton in funzione del tempo è stata valutata in accordo alle NTC08 e alle norme UNI EN 1992-1-1:2005.

In particolare, si è assunto per il modulo di rigidezza del calcestruzzo la seguente legge di maturazione:

$E_{cm}(t) = 22000(f_{cm}(t)/10)^{0.3}$ [N/mm^2]

che risulta essere funzione della resistenza cilindrica media, $f_{cm}(t)$, variabile nel tempo secondo la seguente espressione (UNI en 1992-1-1:2005):

$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t)\, f_{cm}$ [N/mm^2]

con

$\beta_{cc}(t) = \exp[s(1-(28/t)^{0.5})]$

dove s è un coefficiente che dipende dal tipo d cemento. Si è posto s=0.25.

10.4.3 Rivestimento definitivo

Il rivestimento definitivo è costituito da un getto di calcestruzzo avente spessore variabile a seconda della sezione tipo. La modellazione è stata eseguita con elementi trave adottando un modello costitutivo elastico lineare. I parametri di calcolo sono riportati in Tabella 10.3 (fasi 5 e 6), precisando che detti valori sono comprensivi di quelli del rivestimento di prima fase. Per le sezioni tipo B1, B1_VTR, B1a_VTR e B2_VTR si è assunto uno spessore della calotta pari a quello dell'arco rovescio, corrispondente all'incirca alla media dei valori di progetto.

I valore del modulo elastico del rivestimento definitivo è stato determinato per ciascuna fase di calcolo (si veda paragrafo 10.5), in funzione della maturazione del calcestruzzo, in accordo alle NTC08 e alle norme UNI en 1992-1-1:2005[9].

---

[8] Per il calcolo delle rigidezze dello spritz-beton nelle varie fasi di calcolo si è supposta una velocità di avanzamento media di circa 2 m/giorno.

[9] Per il calcolo delle rigidezze del calcestruzzo nelle varie fasi di calcolo si è supposta una velocità di avanzamento media di circa 2

In particolare, si è assunto per il modulo di rigidezza del calcestruzzo la seguente legge di maturazione:

$E_{cm}(t) = 22000(f_{cm}(t)/10)^{0.3}$ [N/mm^2]

che risulta essere funzione della resistenza cilindrica media, $f_{cm}(t)$, variabile nel tempo secondo la seguente espressione (UNI en 1992-1-1:2005):

$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) f_{cm}$ [N/mm^2]

con

$\beta_{cc}(t) = \exp[s(1-(28/t)^{0.5})]$

dove s è un coefficiente che dipende dal tipo d cemento. Si è posto s=0.25.

10.4.4 Elementi interfaccia roccia-sostegno

L'interfaccia tra roccia e struttura è stata modellata attraverso l'utilizzo di particolari elementi connessi agli elementi roccia. Agli elementi interfaccia è stato associato il modello costitutivo di tipo elasto-plastico perfetto con criterio di rottura Mohr-Coulomb, con caratteristiche fisico-meccaniche identiche agli elementi di roccia ad essi associati. In particolare la scabrezza tra roccia e galleria, δ, è stata assunta pari all'angolo di attrito della roccia.

10.5 FASI DELLE ANALISI

10.5.1 Curva di rilascio tensionale

La definizione di ciascuna delle fasi esecutive – ad eccezione della prima, fase geostatica - è correlata alla definizione di una curva di "rilascio tensionale" in grado di mettere in conto la tridimensionalità del problema. Nelle analisi è stata adottata la legge Hanafy & Emery (1980), riportata per punti in Tabella 10.4 e rappresentata in nero nella Figura 10.7, ove:

ξ = distanza tra il fronte di scavo e la sezione di osservazione

ξ/R = rapporto adimensionale tra detta distanza e il raggio del cavo (R)

e λ è il rilascio tensionale nella sezione d'osservazione a cui corrisponde una pressione fittizia (p), applicata sempre alla sezione, pari a:

$p = p_0(1-\lambda)$

ove p_0 è la pressione iniziale. Si noti che per $\lambda = 0$ il rilascio è nullo e la pressione applicata al contorno del cavo è pari a quella iniziale, mentre per $\lambda = 1$ il rilascio è totale e la pressione al contorno è nulla. Nell'ambiente PLAXIS v.8.5 il tasso di rilascio λ è relazionabile al moltiplicatore totale che controlla il processo di costruzione per fasi, indicato con ΣM_{STAGE}.

Tuttavia la curva di scarico deve essere "tarata" in funzione delle caratteristiche geomeccaniche del materiale attraversato, dello stato tensionale in sito e del criterio di rottura del materiale. Per tale motivo per ciascuna analisi svolta si è stabilito di "tarare" la riduzione delle forze di scavo facendo in modo di ottenere un valore della pressione al contorno del cavo in prossimità del fronte prossima a quella determinata mediante il metodo delle linee caratteristiche.

In particolare dai risultati delle analisi condotte con il metodo delle linee caratteristiche si sono determinati i valori del rilascio tensionale al fronte, indicato in seguito con λ_T^0 . Nelle sezioni in cui è previsto il consolidamento al

m/giorno

fronte mediante tubi in VTR il l rilascio tensionale al fronte, λ_T^0 è stato valutato tenendo conto di tale contributo (si veda paragrafi 9.2 e 9.3).

Una volta determinato - per ciascuna analisi - il valore della riduzione al fronte λ_T^0 , le riduzioni per tutte le fasi delle analisi sono state determinate proporzionalmente alla legge di Hanafy & Emery (1980), in funzione della distanza dal fronte. Si ha pertanto:

$$\lambda_T = \lambda_T^0 + (1 - \lambda_T^0)/(1 - \lambda^0)(\lambda - \lambda^0)$$

con

λ_T è il rilascio tensionale nella sezione d'osservazione "tarato" sui risultati delle linee caratteristiche ;

λ_T^0 è il rilascio tensionale al fronte ottenuto dai risultati delle linee caratteristiche;

λ è il rilascio tensionale nella sezione d'osservazione secondo la legge di Hanafy & Emery (1980) (Tabella 10.4);

λ_T^0 è il rilascio tensionale al fronte secondo la legge di Hanafy & Emery (1980) ed è pari a λ_T^0=0.377 (Tabella 10.4).

Le varie fasi sono sintetizzate nelle Tabella 10.5 e 10.8 per le diverse sezioni, assieme ad una breve descrizione ed ai valori delle grandezze (ξ/R, λ) che le delimitano, e descritte separatamente di seguito. Nella stessa tabella si riportano i valori del rilascio tensionale al fronte ottenuto dai risultati delle linee caratteristiche, λ_T^0 e i valori di λ_T adottati per ogni fase. L'andamento della curva di rilascio tensionale "tarata" λ_T è riportata nella Figura 10.7 per alcune delle analisi svolte.

10.5.2 Descrizioni delle fasi di analisi

Fase 0: fase geostatica

In questa prima fase di calcolo viene generato lo stato tensionale iniziale litostatico all'interno della roccia tramite l'attivazione della forza di gravità (*procedura Ko*). Le condizioni iniziali in termini di tensioni verticali sono di tipo litostatico:

$$\sigma'_v = \gamma' z$$

mentre le tensioni orizzontali sono ad esse proporzionali tramite il coefficiente di spinta in quiete K_0

$$\sigma'_h = K_0 \, \sigma'_v$$

Le pressioni interstiziali sono nulle in tutto il dominio, mentre le condizioni al contorno riguardo gli spostamenti nodali del sistema prevedono:

- spostamenti nulli nelle due direzioni, orizzontale e verticale, in corrispondenza della base dello strato roccioso;
- spostamenti nulli in direzione orizzontale lungo i bordi laterali dello strato.

Nella analisi relativa alla sezione in prossimità dell'imbocco lato Finale (analisi B1a_VTR_H40_T18), vista la particolare geometria del piano campagna non orizzontale, la fase geostatica è stata sostituita con una fase in cui si sono generate le tensioni iniziali per incremento della gravità (Gravity loading). Per questa analisi alla fine della fase 0 si sono resettati gli spostamenti a zero al fine di eliminare spostamenti privi di significato fisico (si veda manuale d'uso di Plaxis).

Fase 1: inizio dello scavo

In questa fase viene simulato lo scavo a sezione piena. Alla fine di questa fase la distanza tra fronte di scavo e sezione di osservazione coincide con la lunghezza del primo sfondo, variabile tra ξ=2 - 3 m per le sezioni tipo di progetto, a cui corrisponde una riduzione delle tensioni al contorno pari al 26-87% al variare delle analisi svolte

(Tabella 10.5 – 10.8).

Fase 2: posa in opera del rivestimento provvisionale e avanzamento degli scavi fino a una distanza della sezione di scavo dal fronte di osservazione pari a ½ ϕ

Viene simulato il posizionamento delle centine e dello spritz-beton. Tale situazione perdura fino a una distanza della sezione di scavo dal fronte di osservazione pari a 1/2 volte il diametro del cavo (ξ/R=1). La riduzione delle tensioni al contorno è pari al 71-95% al variare delle analisi svolte(Tabella 10.5 – 10.8).

Si è considerato approssimativamente una maturazione dello spritz-beton a circa 2 g.

Fase 3: avanzamento degli scavi fino a una distanza della sezione di scavo dal fronte di osservazione pari a ϕ e maturazione dello spritz

Viene simulato l'avanzamento dello scavo fino ad una distanza della sezione di scavo dal fronte di osservazione pari al diametro del cavo (ξ/R=2). La riduzione delle tensioni al contorno è pari al 90-98% al variare delle analisi svolte(Tabella 10.5 – 10.8).

Si è considerato approssimativamente una maturazione dello spritz-beton a circa 7 g.

Fase 4: avanzamento degli scavi fino a una distanza della sezione di scavo dal fronte di osservazione pari alla distanza massima in cui è prevista la posa in opera dell'arco rovescio (pari a 2ϕ e 3ϕ) e maturazione dello spritz

Viene simulato l'avanzamento dello scavo fino ad una distanza della sezione di scavo dal fronte di osservazione pari al 3 volte il diametro del cavo (ξ/R=6) (per le sezioni tipo A1, A1a, A2) e pari a 2 volte il diametro del cavo (ξ/R=4) (per le sezioni tipo B1, B1_VTR, B1a_VTR e B2_VTR), corrispondente alla distanza massima in cui è previsto il getto dell'arco rovescio e delle murette. La riduzione delle tensioni al contorno è maggiore del 99% per tutte le analisi (Tabella 10.5 – 10.8).

Si è considerato approssimativamente una maturazione dello spritz-beton a circa 20 g per le analisi relative alle sezioni tipo A1, A1a, A2 e 14g per le analisi relative alle sezioni tipo B1, B1_VTR, B1a_VTR e B2_VTR .

Fase 5: getto dell'arco rovescio e avanzamento degli scavi

Viene simulato il getto dell'arco rovescio a una distanza dal fronte pari pari al 3 volte il diametro del cavo (ξ/R=6) (per le sezioni tipo A1, A1a, A2) e pari a 2 volte il diametro del cavo (ξ/R=4) (per le sezioni tipo B1, B1_VTR, B1a_VTR e B2_VTR). Tale situazione perdura fino al completamento dello scarico tensionale (ξ/R=8, λ=100%).

In questa fase si è considerata la completa maturazione dello spritz-beton del rivestimento provvisorio, e si è ipotizzata una maturazione del calcestruzzo dell'arco rovescio pari a 7g per le analisi relative alle sezioni tipo A1, A1a, A2 e 14g per le analisi relative alle sezioni tipo B1, B1_VTR, B1a_VTR e B2_VTR.

Fase 6: getto della calotta e completa maturazione del rivestimento definitivo

Viene simulato il getto della calotta e la maturazione completa del rivestimento definitivo. Questa fase rappresenta la condizione di equilibrio finale dell'opera terreno-rivestimento.

Si precisa che la scelta di simulare il getto del rivestimento definitivo alla distanza massima prevista nel progetto - e pari a 2-3 volte il diametro della galleria, a seconda delle sezioni tipo - rappresenta la situazione più gravosa sia in termini di deformazione e spostamenti della galleria e della roccia circostante (convergenze) che di sollecitazioni sui rivestimenti provvisionali (centine + spritz-beton). Sulla scorta di tali considerazioni, i risultati di suddette analisi sono stati impiegati, in favore di sicurezza:

- per la stima delle convergenze massime;
- per la verifica dei rivestimenti provvisionali. In particolare si farà riferimento alle sollecitazioni ottenute:

- alla fine della fase 2 in cui si considereranno resistenti le centine (ove previste) e lo spritz-beton con una resistenza a 2 g;
- alla fine della fase 5 per la verifica dello spritz maturo e delle centine (ove previste).

10.6 DESCRIZIONI DELLE ULTERIORI ANALISI SVOLTE AI FINI DELLA VERIFICA DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

In aggiunta, ai fini della verifica del rivestimento definitivo nelle condizioni presumibilmente più gravose, sono state svolte ulteriori analisi (una per sezione tipo, Tabella 10.9) in cui si è simulato il getto dell'arco rovescio ad una distanza dal fronte minore di quella massima e pari a 1ϕ, secondo le fasi riportate nelle Tabella 10.11-10.14. I parametri di calcolo dei rivestimenti sono riportati in Tabella 10.10 per le diversi fasi.

Per semplicità in tali analisi si sono considerate solo le tre seguenti fasi (oltre alla fase 0 – condizione litostatica):

Fase 1*: inizio dello scavo

In questa fase viene:simulato lo scavo a sezione piena. Alla fine di questa fase la distanza tra fronte di scavo e sezione di osservazione coincide con la lunghezza del primo sfondo, variabile tra ξ=2 - 3 m per le sezioni tipo di progetto, a cui corrisponde una riduzione delle tensioni al contorno pari al 26-87% al variare delle analisi svolte(Tabella 10.5 – 10.8).

Fase 2*: avanzamento degli scavi fino a una distanza della sezione di scavo dal fronte di osservazione pari a ϕ e maturazione dello spritz

Viene simulato l'avanzamento dello scavo fino ad una distanza della sezione di scavo dal fronte di osservazione pari al diametro del cavo (ξ/R=2) corrispondente alla distanza in cui si è ipotizzato il getto del rivestimento definitivo. La riduzione delle tensioni al contorno è pari al 90-98% al variare delle analisi svolte(Tabella 10.5 – 10.8).

Si è considerato approssimativamente una maturazione dello spritz-beton a circa 7 g.

Fase 3*: getto del rivestimento definitivo, avanzamento degli scavi e completa maturazione del rivestimento definitivo

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e della calotta a una distanza dal fronte pari a 1 volta il diametro della galleria (ξ/R=6). Tale situazione perdura fino al completamento dello scarico tensionale (ξ/R=8, λ=100%), in cui si ipotizza la completa maturazione del calcestruzzo del rivestimento definitivo.

Le verifiche del rivestimento definitivo sono state svolte per le sollecitazioni ottenute alla fine di questa fase.

10.7 ANALISI DEI RISULTATI: FASE DI TERAPIA

Di seguito si riportano i principali risultati delle analisi svolte al fine di valutare l'adeguatezza degli interventi proposti - riassumibili nelle diverse sezioni tipo definite nel Capitolo 6 - per le diverse tratte a comportamento omogeneo individuate lungo la galleria.

Per ciascuna delle sezioni tipo si descrivono dapprima i risultati delle analisi numeriche elencate in Tabella 10.1. Tali analisi - nelle quali si simula il getto del rivestimento definitivo alla distanza massima prevista nel progetto e pari a due/ tre volte il diametro della galleria - sono state condotte, a favore di sicurezza, per valutare le convergenze massime attese e per verificare il rivestimento provvisorio (centine + spritz-beton). Si riportano in

particolare i risultati al termine della fase 5, corrispondente ad una riduzione della pressione del 100%. Alla fine di questa fase, infatti, nelle centine si verificano le massime sollecitazioni flessionali ed assiali da adottare come input per la verifica strutturale dello spritz maturo e delle centine. Inoltre le deformazioni e gli spostamenti relativi a questa fase sono coincidenti con quelli calcolati nella successiva fase 6 - allorquando, a rilascio tensionale completo, al rivestimento provvisionale si aggiunge quello definitivo in calcestruzzo - e sono quindi da intendersi come gli spostamenti massimi attesi.

In aggiunta si riportano in forma tabellare i risultati delle sollecitazioni sul rivestimento provvisionale alla fine della fase 2. In effetti, sebbene tali sollecitazioni siano inferiori a quelle ottenute alla fine della fase 5, si ritiene comunque necessario verificare il rivestimento provvisorio anche per suddette sollecitazioni in quanto in questo caso si può fare affidamento alla resistenza delle centine e solo in parte a quello dello spritz-beton, considerando per questo ultimo una resistenza a 2 gg.

Successivamente vengono sinteticamente presentati i risultati delle analisi riportate nelle Tabella 10.9 - ove si è simulato il getto del rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte pari a solo 1ϕ – eseguite con l'unico fine di valutare un limite superiore delle sollecitazioni attese sul rivestimento definitivo in calcestruzzo.

Per comodità del lettore, le tabelle 10.15 - 10.20 riassumono i principali risultati ottenuti. In particolare le tabelle 10.15 e 10.16 riassumono i valori degli spostamenti verticali e orizzontali alla fine della fase 5 per alcuni punti del dominio (punti definiti schematicamente in Figura 10.8), mentre nella tabella 10.17 si riportano i valori delle "convergenze verticali" (Cv) e delle "convergenze orizzontali" (Ch) massime attese. Nella stessa tabella si riporta inoltre il rapporto tra il raggio plastico e il raggio della galleria (Rp/R).

Le tabelle 10.18, 10.19 e 10.20 elencano i valori delle sollecitazioni massime rispettivamente sul rivestimento provvisionale (fase 2 e fase 5) e definitivo, secondo quanto commentato precedentemente.

10.7.1 Sezione tipo A1 e A1a

Spostamenti massimi attesi al contorno del cavo e sollecitazioni sul rivestimento provvisionale per la sezione tipo A1

Si riportano i risultati dell'analisi A1_H90_T16 alla fine della fase 5 (tabella 10.5), relativa ad una galleria in Calcare (C) con una copertura pari a 90 m, coincidente approssimativamente con la massima copertura prevista per tale sezione. Tale analisi risulta rappresentativa della **sezione tipo A1,** adottata per i tratti della galleria in Dolomia e Calcare per coperture intermedie. In virtù della copertura adottata, i risultati ottenuti da tale analisi - sia in termini di spostamenti che di sollecitazioni sul rivestimento provvisionale - sono da intendersi come i massimi attesi per questo tipo di sezione.

Per quanto riguarda lo **stato tensionale**, vale la pena evidenziare come il modello riesca a cogliere "effetti arco" nella ridistribuzione delle tensioni. Nelle Figure 10.9 e 10.10 sono riportati le iso-linee (*contours*) dei valori assunti rispettivamente dalle tensioni verticali ed orizzontali. Si noti che, per la convenzione adottata, i valori negativi delle tensioni indicano stati di compressione. Con riferimento a dette figure, si osserva che:

- le tensioni verticali subiscono una significativa diminuzione (scarico tensionale) in calotta, e un incremento in corrispondenza dei piedritti ove si raggiungono i valori massimi. Questo risultato è fondamentalmente dovuto ad effetti arco;
- al disotto dell'arco rovescio si verifica un forte scarico tensionale dovuto alla rimozione del terreno all'interno del cavo;
- per quanto riguarda le tensioni orizzontali, esse assumono valori massimi in corrispondenza della calotta e al di sotto dell'arco rovescio e alla base delle centine (punto E) ove raggiungono i valori massimi.

In Figura 10.11 è riportata la **mesh deformata** al termine della fase 5 con un fattore di amplificazione degli spostamenti pari a 1000. La subsidenza del piano campagna è insignificante. Le iso-linee degli **spostamenti verticali** del sistema sono rappresentate nella Figura 10.12, dalla quale si osserva che:

- gli spostamenti verticali in asse alla galleria sono piuttosto modesti, e decrescono all'aumentare della distanza dal cavo;
- il cedimento massimo, che si verifica in corrispondenza della calotta della galleria (punto B), è assai modesto e pari a 0.17cm;
- al piano campagna si osserva l'andamento tipico degli spostamenti verticali (curva di subsidenza), con un valore massimo in asse alla galleria (punto A) pari a 0.03 cm. Tale valore molto modesto è spiegabile anche dalla elevata copertura;
- al di sotto della galleria si hanno sollevamenti, fino ad un massimo di 0.16 cm in asse all'arco rovescio (punto C).

In Figura 10.13 sono rappresentati i contours degli **spostamenti orizzontali** del sistema, dai quali si può notare che:

- gli spostamenti orizzontali sono inferiori al millimetro;
- tutti gli elementi posti nell'intorno della galleria si spostano verso l'interno del cavo;
- gli spostamenti orizzontali massimi si osservano in corrispondenza dei piedritti (punto D) ove si osserva uno spostamento pari a 0.03 cm.

In prossimità della galleria, e principalmente concentrata alla base della centina (punto E), si genera una zona di **deformazioni di taglio** (v. Figura 10.14) nella quale si manifestano deformazioni irreversibili con la formazione di **zone plasticizzate** di entità trascurabile (*Mohr Coulomb Point,* rappresentati con dei quadrati rossi in Figura 10.15), concentrate per l'appunto alla base della centina.

Per quanto riguarda le **sollecitazioni nel rivestimento provvisionale[10],** la tabella 10.19 riassume i massimi valori delle sollecitazioni (alla fine della fase 5) mentre nelle Figure 10.16 - 10.18 sono riportati gli andamenti dello sforzo normale (N)[11], del momento flettente (M) e del taglio (T). Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo di compressione pari a -689 kN/m. I valori del momento flettente e del taglio sono molto ridotti in calotta e risultano leggermente superiori alla base del rivestimento. In particolare, il valore massimo del momento (1.3 kNm/m) si osserva tra il punto D e il punto E, mentre il taglio assume il massimo (6.4kN/m) nel punto E.

Per brevità si omette la descrizione completa dei risultati delle altre analisi svolte per la sezione **tipo A1 e A1a** , commentandone di seguito solo i principali risultati; dall'analisi delle Tabelle 10.15, 10.17 e 10.19 si osserva che per le tre analisi svolte per la sezione **tipo A1 e A1a** – al variare della copertura, del litotipo e della geometria dello scavo:

- gli spostamenti nell'intorno del cavo risultano sempre modesti, con valori delle convergenze minori del cm e comprese tra 0.2 e 0.3 cm al variare della copertura e della geometria si scavo;
- le sollecitazioni massime del momento flettente, sforzo normale e taglio aumentano all'aumentare della copertura e in particolare lo sforzo normale massimo incrementa del 70% circa passando dalla copertura di 50 m a 90 m (v. Tabella 10.18).

Sulla scorta delle considerazioni sopra riportate, i risultati su descritti sono da intendersi come i massimi attesi per le tratte della galleria in Dolomia e Calcari ove sono previste le **sezione tipo A1 e A1a** - sia in termini di deformazioni che di sollecitazioni sul rivestimento provvisionale.

Sollecitazioni sul rivestimento definitivo per la sezione tipo A1 e A1a

Si riportano i risultati dell'analisi A1_RD_H90_T16 relativa - come descritto in Tabella 10.9 ad una galleria in

[10] Le sollecitazioni riportate in Tabella 10.19 e relative alla fase 5 saranno impiegate per le verifiche del rivestimento provvisorio (Capitolo 11) considerando lo spritz maturo (a 28gg). Una ulteriore verifica del rivestimento provvisorio sarà condotta con le sollecitazioni ottenute alla fine della fase 2, considerando la resistenza dello spritz a 2 gg . Le sollecitazioni relative alla fine della fase 2 sono riportate in tabella 10.18; la descrizione dettagliata di tali risultati della fase 2 si omette per brevità.

[11] Per la convenzione di segni adottati, le sollecitazioni di sforzo normale N negative indicano compressione.

Calcare per una copertura pari a 90 m, in termini di sollecitazioni sul rivestimento definitivo; tali sollecitazioni sono da intendersi quali le massime attese per le **sezioni tipo A1 e A1a.**

Nelle Figure 10.19 - 10.21 sono riportati gli andamenti delle sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e taglio agenti sul rivestimento definitivo in calcestruzzo, mentre la già citata tabella 10.20 riassume i massimi valori delle sollecitazioni. Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo pari a -1720 kN/m. Il valore massimo del momento flettente (84 kNm/m) si osserva in prossimità delle murette (punto E), mentre nell'arco rovescio e in calotta i valori massimi del momento flettente sono rispettivamente pari a 24 kNm/m e 7kNm/m.

Le sollecitazioni di taglio sono modeste lungo tutto il cavo tranne che in prossimità delle murette (nell'intorno del punto E), ove assumono valori relativamente elevati con un massimo pari a 402 kN/m. In calotta, tra i punti B e D, i valori del taglio sono modesti con massimi intorno a 17 kN/m, mentre in corrispondenza dell'arco rovescio il taglio massimo è pari a 23 kN/m.

10.7.2 Sezione tipo A2

Spostamenti massimi attesi al contorno del cavo e sollecitazioni sul rivestimento provvisionale per la sezione tipo A2

Si riportano i risultati dell'analisi A2_H150_T10, relativa ad una galleria in Dolomia per una copertura pari a 150 m, corrispondente alla copertura massima in cui è prevista la **sezione tipo A2** ; tale analisi può cautelativamente essere ritenuta rappresentativa della sezione tipo in esame.

Dalle iso-linee delle tensioni verticali ed orizzontali mostrate nelle Figure 10.22 e 10.23 si evidenzia come anche in questo caso il modello riesce a cogliere "effetti arco" nella ridistribuzione delle tensioni.

La mesh deformata al termine della fase 5 è riportata in Figura 10.24. Le iso-linee degli spostamenti verticali del sistema sono rappresentate nella Figura 10.25, dalla quale si osserva che :

- gli spostamenti nell'intorno del cavo risultano trascurabili, con valori delle convergenze minori del cm;
- al piano campagna si osserva la formazione di una curva di subsidenza, con un valore massimo in asse alla galleria (punto A) trascurabile e pari a 0.04cm;
- in corrispondenza della calotta della galleria osservano i cedimenti massimi; il punto B in asse alla galleria subisce un cedimento di 0.29 cm;
- al di sotto della galleria si hanno sollevamenti, fino ad un massimo di circa 0.25 cm in asse all'arco rovescio (punto C).

In Figura 10.26 sono rappresentati i *contours* degli spostamenti orizzontali del sistema, dai quali si può notare che tutti gli elementi si spostano verso l'interno del cavo, con spostamenti massimi pari a 0.05 cm alla base delle centine (punto E).

La Figura 10.27 mostra le deformazioni di taglio; queste si generano in prossimità della galleria e principalmente alla base delle centine. All'intorno del cavo si osserva la formazione di assai modeste zone plasticizzate (*Mohr Coulomb Point* , rappresentati con dei quadrati rossi in Figura 10.28).

Per quanto riguarda le sollecitazioni nel rivestimento, gli andamenti dello sforzo normale (N), del momento flettente (M) e del taglio (T) sono rispettivamente riportati nelle Figure 10.29, 10.30 e 10.31. Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo pari a -1190 kN/m.

I valori del momento flettente e del taglio sono molto ridotti in calotta e sui piedritti, e risultano leggermente superiori alla base delle centine punto E, ove si osservano i valori massimi, rispettivamente pari a 2.2 kNm/m e 16.7kN/m.

Sulla scorta delle considerazioni sopra riportate appare pienamente giustificata la scelta progettuale di adottare -

per le tratte della galleria che interessano la Dolomia per le alte coperture – la **sezione tipo A2.**

Sollecitazioni sul rivestimento definitivo per la sezione tipo A2

Si riportano i risultati dell'analisi A2_RD_H150_T10 (Tabella 10.9) in termini di sollecitazioni sul rivestimento definitivo. In particolare le Figure 10.32, 10.33 e 10.34 riportano gli andamenti delle sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e taglio agenti sul rivestimento definitivo in calcestruzzo, mentre la già citata tabella 10.20 riassume i massimi valori delle sollecitazioni.

Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo, in calotta, pari a -2753 kN/m. Lo sforzo normale risulta inferiore nell'arco rovescio con un valore massimo pari a -855 kN/m (punto E). Il valore massimo del momento flettente (136kNm/m) si osserva in prossimità delle murette (intorno al punto E), mentre in corrispondenza dell'arco rovescio e in calotta (tra i punti B e D) il momento risulta rispettivamente pari a 34 kNm/m e a 10 kNm/m.

Le sollecitazioni di taglio sono modeste lungo tutto il cavo tranne che in prossimità delle murette (nell'intorno del punto E) ove assumono valori significativi fino a raggiungere il valore massimo pari a 673 kN/m. In calotta in prossimità del punto D, il taglio massimo vale 29 kN/m, mentre nell'arco rovescio il valore massimo è pari a 31 kN/m.

10.7.3 Sezione tipo B1

Spostamenti massimi attesi al contorno del cavo e sollecitazioni sul rivestimento provvisionale per la sezione tipo B1

Si riportano i risultati dell'analisi B1_H110_T07, relativa alla tratta della galleria in faglia con una copertura pari a 110 m, corrispondente alla copertura massima in cui è prevista la **sezione tipo B1**. In virtù della copertura adottata, tale analisi si ritiene cautelativamente rappresentativa della sezione tipo in esame. Di seguito si riportano i risultati alla fine della fase 5.

Il pre-sostegno al contorno – realizzato con tubi in acciaio - previsto per questa sezione tipo, non è stato cautelativamente simulato.

Nelle Figure 10.35 e 10.36 sono riportati le iso-linee dei valori assunti rispettivamente dalle tensioni verticali ed orizzontali. Con riferimento a dette figure, si osserva che:

- le tensioni verticali subiscono una significativa diminuzione (scarico tensionale) nell'intorno del cavo e principalmente in calotta; poco distante dai piedritti si osserva viceversa un incremento di tensioni verticali, ove si raggiungono i valori massimi. Questo risultato è fondamentalmente dovuto ad effetti arco (v. Fig.10.35);
- al disotto dell'arco rovescio si verifica un forte scarico tensionale dovuto alla rimozione del terreno all'interno del cavo (v. Fig.10.35);
- per quanto riguarda le tensioni orizzontali (v. Fig.10.36), esse assumono valori massimi al di sopra della calotta (punto B) e al di sotto dell'arco rovescio (punto C e E).

In Figura 10.37 è riportata la mesh deformata. Le iso-linee degli spostamenti verticali del sistema sono rappresentate nella Figura 10.38, dalla quale si osserva che:

- la curva di subsidenza al piano campagna presenta un cedimento massimo in asse alla galleria (punto A) pari a 0.9 cm. Tale valore modesto è giustificabile dalle elevate coperture;
- gli spostamenti nell'intorno del cavo risultano significativi;
- il cedimento massimo, che si verifica in corrispondenza della calotta della galleria (punto

B), è pari a 4.8 cm;
- al di sotto della galleria si hanno notevoli sollevamenti fino ad un massimo di 4.1 cm in asse all'arco (punto C).

In Figura 10.39 sono rappresentati i contours degli spostamenti orizzontali del sistema, dai quali si può notare che tutti gli elementi posti all'intorno della galleria si spostano verso l'interno dello scavo, con spostamenti massimi dell'ordine di 3 cm osservati tra i punti D e E.

In prossimità della galleria, e principalmente in prossimità della base delle centine (punto E), si osserva una zona di deformazioni di taglio (v. Figura 10.40); dalla Figura 10.41 si assiste inoltre alla formazione di una significativa zona plasticizzata all'intorno del cavo (R/Rp=1.3 circa, v. Tabella 10.17). Si ritiene comunque che tale estensione sia verosimilmente lontana da condizioni di instabilità e collasso.

Nelle Figure 10.42, 10.43 e 10.44 sono riportate le **sollecitazioni nel rivestimento provvisorio,** rispettivamente dello sforzo normale (N), del momento flettente (M) e del taglio (T).

Le sollecitazioni di sforzo normale sono significative con valori massimi in calotta pari a -1770 kN/m. I valori del momento flettente e del taglio sono ridotti in calotta, mentre risultano elevati nei piedritti (tra il punto D e il punto E) ove raggiungono i valori massimi rispettivamente pari a 70 kNm/m e 82 kN/m.

Dal confronto degli spostamenti e delle convergenze ottenute dalle quattro analisi svolte per la **sezione tipo B1** - in faglia in corrispondenza di una copertura H= 60 m, H= 80 m e H=110m (coincidente con la massima prevista) e, per la tratta della galleria che attraversa il contatto tra le formazioni delle Dolomie e del Calcare per una copertura H=90 m (coincidente con la massima copertura per il contatto tettonico) si può osservare che:

- gli spostamenti nell'intorno del cavo aumentano all'aumentare della copertura e sono maggiori per la galleria in corrispondenza del contatto tettonico, piuttosto che in faglia (v. Tabella 10.15- 10.17);
- le convergenze ottenute sono molto significative e comprese tra 4.8 cm - 9.0 cm al variare della copertura. Suddetti valori elevati delle convergenze sono comunque accettabili e in linea con quanto evidenziato in scavi in contesti analoghi;
- le sollecitazioni massime del momento flettente, sforzo normale e taglio aumentano all'aumentare della copertura e in particolare lo sforzo normale massimo incrementa del 30% circa passando dalla copertura di 60 m a 110 m (v. Tabella 10.19);

Sulla scorta delle considerazioni sopra riportati appare pienamente giustificata la scelta progettuale di adottare - per le tratte della galleria che interessano le zone tettonizzate con coperture inferiori a 110 m– la **sezione tipo B1.** In aggiunta, i virtù della copertura adottata, si ribadisce come i risultati su descritti sono da intendersi come i massimi attesi per tale sezione.

Sollecitazioni sul rivestimento definitivo per la sezione tipo B1

Si riportano i risultati dell'analisi B1_RD_H110_T07 (Tabella 10.9) in termini di sollecitazioni sul rivestimento definitivo. Le Figure 10.45, 10.46 e 10.47 riportano gli andamenti delle sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e taglio agenti sul rivestimento definitivo in calcestruzzo, mentre i valori delle sollecitazioni massime sono sintetizzate in Tabella 10.20.

Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo di compressione, osservato in calotta, paria -2148kN/m. I valori massimi del momento flettente (364kNm/m) si osservano ancora in prossimità dei piedritti (tra i punti D e E). Minori sono i valori del momento in calotta (131kNm/m) e nell'arco rovescio (189 kNm/m).

Le sollecitazioni di taglio raggiungono il valore massimo pari a 248kN/m nei piedritti (punti D e E).

10.7.4 Sezione tipo B2_VTR

Spostamenti massimi attesi al contorno del cavo e sollecitazioni sul rivestimento provvisionale per la sezione tipo B2_VTR

Si riportano i risultati dell'analisi B2_VTR_H140_T09, relativa alla tratta della galleria in faglia con una copertura pari a 140 m, corrispondente alla copertura massima in cui è prevista la **sezione tipo B2_VTR**. In virtù della copertura adottata, tale analisi si ritiene cautelativamente rappresentativa della sezione tipo in esame. Di seguito si riportano i risultati alla fine della fase 5.

Il pre-sostegno al contorno previsto per questa sezione tipo, non è stato cautelativamente simulato. La presenza di consolidamento al fronte mediante tubi in VTR è stata simulata in maniera indiretta, avendo considerato tale intervento per la determinazione del rilascio tensionale al fronte, λ_T^0 (si veda paragrafo 10.5).

Nelle Figure 10.48 e 10.49 sono riportati le iso-linee dei valori assunti rispettivamente dalle tensioni verticali ed orizzontali. Con riferimento a dette figure, si osserva che:

- le tensioni verticali subiscono una significativa diminuzione (scarico tensionale) nell'intorno del cavo e principalmente in calotta e al disotto dell'arco rovescio;
- poco distante dai piedritti si osserva viceversa un incremento di tensioni verticali, ove si raggiungono i valori massimi;
- per quanto riguarda le tensioni orizzontali (v. Fig.10.49), esse assumono valori massimi al di sopra della calotta (punto B), al di sotto dell'arco rovescio (punto C) e alla base dei piedritti ove si raggiungono i valori massimi (punto E).

In Figura 10.50 è riportata la mesh deformata (con gli spostamenti scalati di 50 volte). Le iso-linee degli spostamenti verticali del sistema sono rappresentate nella Figura 10.51, dalla quale si osserva che:

- la curva di subsidenza al piano campagna presenta un cedimento massimo in asse alla galleria (punto A) pari a 1.0 cm. Tale valore modesto è giustificabile dalle elevate coperture;
- gli spostamenti nell'intorno del cavo sono elevati, con valori massimi pari a 6 cm circa. Tali valori sono comunque in linea con le deformazioni osservate in scavi in contesti analoghi;
- il cedimento massimo, che si verifica in corrispondenza della calotta della galleria (punto B), è pari a 5.8 cm;
- al di sotto della galleria si hanno notevoli sollevamenti fino ad un massimo di 5.1 cm in asse all'arco rovescio (punto C).

In Figura 10.52 sono rappresentati i contours degli spostamenti orizzontali del sistema, dai quali si può notare che tutti gli elementi posti all'intorno della galleria si spostano verso l'interno dello scavo, con spostamenti massimi dell'ordine di 3 cm osservati tra i punti D e E.

Dalle precedenti figure e dalla tabella 10.16, che riassume i valori degli spostamenti calcolati, si osserva l'insorgere di una non trascurabile differenza di spostamenti degli elementi nell'intorno della galleria, soprattutto in direzione verticale. Si genera perciò, in prossimità della galleria e principalmente concentrata in prossimità della base delle centine (punto E), una zona di **deformazioni di taglio** (v. Figura 10.53), nella quale si manifestano deformazioni irreversibili con la formazione di **zone plasticizzate**, diffuse lungo quasi tutto il profilo della galleria (v. Figura 10.54) (R/Rp=1.3 circa, v. Tabella 10.17). Si ritiene comunque che tale estensione sia lontana da condizioni di instabilità e collasso.

Nelle Figure 10.55, 10.56 e 10.57 sono riportate le **sollecitazioni nel rivestimento provvisorio,** rispettivamente dello sforzo normale (N), del momento flettente (M) e del taglio (T).

Le sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e taglio sono significative. Lo sforzo normale è massimo in calotta ed è pari a -3068 kN/m. Il momento flettente e il taglio raggiungono i valori massimi nei piedritti tra il punto D e il punto E, ove assumono rispettivamente i valori di 168 kNm/m e 209 kN/m.

Vista la copertura adotta, i risultati su descritti sono da intendersi come i massimi attesi per le tratte della galleria nelle zone tettonizzate per le coperture elevate - sia in termini di deformazioni che di sollecitazioni sul rivestimento provvisionale. In virtù delle considerazioni su esposte, si ritiene che la sezione B2_VTR risulta idonea per la tratta prevista.

Sollecitazioni sul rivestimento definitivo per la sezione tipo B2_VTR

Si riportano i risultati dell'analisi B2_RD_H140_T09 (Tabella 10.9) in termini di sollecitazioni sul rivestimento definitivo. Le Figure 10.58, 10.59 e 10.60 riportano gli andamenti delle sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e taglio agenti sul rivestimento definitivo in calcestruzzo, mentre i valori delle sollecitazioni massime sono sintetizzate in Tabella 10.20.

Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo, osservato in calotta, pari a -3436kN/m. I valori del momento flettente sono significativi e raggiungono il valore massimo di 391kNm/m in prossimità dei piedritti (tra i punti D e E). Nell'arco rovescio il valore massimo del momento flettente è pari a 209kNm/m.

Le sollecitazioni di taglio raggiungono il valore massimo pari a 375kN/m nei piedritti (punti D e E).

10.7.5 Sezione tipo B1_VTR: imbocco lato Noli

Spostamenti massimi attesi al contorno del cavo e sollecitazioni sul rivestimento provvisionale per la sezione tipo B1_VTR

Si riportano i risultati dell'analisi B1_VTR_H30_T01, relativa alla sezione tipo B1_VTR prevista in corrispondenza dell'imbocco in Dolomia (Lato Noli) per una copertura H=30 m, corrispondente all'incirca alla massima copertura per questa sezione, alla fine della fase 5.

Tale simulazione è relativa ad una sezione posta ad una distanza dell'imbocco di circa 40-50 m. Tale scelta è stata condizionata dal fatto che con un analisi numerica 2D non si può tener conto di effetti tridimensionali significativi come quelli che si hanno nelle immediate vicinanze dell'imbocco. Per tale ragione, al fine di fornire risultati corretti si è preferito indagare il comportamento ad una certa distanza dell'imbocco stesso (nelle parte finale in cui è prevista la sezione tipo B1_VTR). In fase di progetto esecutivo potranno essere svolte analisi tridimensionali in grado di tener in conto della tridimensionalità del problema nell'immediate vicinanze dell'imbocco.

In questa analisi si è rappresentata la stratigrafia reale simulando la presenza delle Brecce di versante[12] al di sopra dello strato di Dolomia (Figura 10.61)

Le Figure 10.62e 10.63 riportano i *contours* rispettivamente delle tensioni verticali ed orizzontali. Con riferimento a dette figure, si osserva che le tensioni verticali subiscono una significativa diminuzione nell'intorno del cavo e principalmente in calotta e al di sotto dell'arco rovescio; viceversa ad una certa distanza del cavo in corrispondenza dei piedritti si osserva un incremento delle tensioni verticali ove si raggiungono i valori massimi (v. Fig.10.62). Si osserva inoltre che le tensioni orizzontali (v. Fig.10.63) aumentano sia in calotta che al di sotto dell'arco rovescio (tra i punti C e E) ove assumono valori massimi; in corrispondenza dei piedritti si osserva invece una diminuzione delle tensioni orizzontali.

In Figura 10.64 è riportata la **mesh deformata** (con un fattore di amplificazione degli spostamenti pari a 200) per evidenziare la subsidenza del piano campagna – sebbene modesta. Le Figura 10.65, 10.66 mostrano le iso-linee

[12] Per le brecce monogeniche di versante (M_P) si sono assunte le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche: c'=40 kPa, ϕ'=40°. E=0.5GPa, ko=0.5 $\psi=\phi/2$)

degli **spostamenti verticali e orizzontali**, dalle quali si osserva che:

- il cedimento massimo, che si verifica in corrispondenza della calotta della galleria (punto B), è pari a 0.7 cm;
- al piano campagna l'andamento tipico degli spostamenti verticali (curva di subsidenza) assume un valore massimo (punto A) pari a 0.37 cm Lo spostamento decresce ai lati fino ad annullarsi ad una distanza di circa 40 m dall'asse della galleria;
- al di sotto della galleria si hanno sollevamenti, fino a 0.6 cm in asse all'arco rovescio (punto C);
- tutti gli elementi posti all'intorno della galleria si spostano verso l'interno dello scavo, con spostamento orizzontale massimo dell'ordine di 0.6 cm tra i punti D e E.

Si genera, in prossimità della galleria e principalmente alla base dei piedritti (punto E), una zona di **deformazioni di taglio** (v. Figura 10.67). La Figura 10.68 mostra la formazione di una **zona plasticizzate,** concentrata principalmente alla base delle centine e che si estende tuttavia verso l'alto lateralmente al cavo, con un valore Rp/R massimo pari a circa 1.4. Nonostante l'estensione non trascurabile delle zone plasticizzate, si ritiene comunque che tale estensione sia verosimilmente lontana da condizioni di instabilità e collasso.

Le Figure 10.69, 10.70 e 10.71 riportano le **sollecitazioni nel rivestimento provvisorio** rispettivamente dello sforzo normale (N), del momento flettente (M) e del taglio (T). Dall'analisi di suddette figure si osserva che:

- il valore massimo del momento (26.5 kNm/m) si verifica alla base della centina (tra i punti D e E);
- il taglio risulta modesto e raggiunge un valore massimo pari a 28.3 kN/m in prossimità del punto E;
- lo sforzo normale massimo risulta pari a -898 kN/m.

Sollecitazioni sul rivestimento definitivo per la sezione tipo B1_VTR

Si riportano i risultati dell'analisi B1_VTR_RD_H30_T01 (Tabella 10.9) - relativa all'imbocco in Dolomia - in termini di sollecitazioni sul rivestimento definitivo.

Le Figure 10.72, 10.73 e 10.74 riportano gli andamenti delle sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e taglio agenti sul rivestimento definitivo, mentre nella Tabella 10.20 sono sintetizzati i valori delle sollecitazioni massime. Si osserva:

- il valore dello sforzo normale massimo, osservato in calotta, è pari a -1400kN/m; in corrispondenza dell'arco rovescio lo sforzo normale massimo è pari a 336kN/m;
- i valori massimi del momento flettente si osservano in corrispondenza delle murette (punto E) ove M=122kNm/m. Nell'arco rovescio il valore massimo del momento è pari a 79kNm/m.
- le sollecitazioni di taglio assumono un valore massimo pari a 199kN/m in prossimità delle murette (intorno al punto E).

10.7.6 Sezione tipo B1a_VTR: imbocco lato Finale

Spostamenti massimi attesi al contorno del cavo e sollecitazioni sul rivestimento provvisionale per la sezione tipo B1_VTR

Si riportano i risultati dell'analisi B1a_VTR_H40_T18, relativa alla sezione tipo B1a_VTR prevista nella tratta di galleria in prossimità dell'imbocco in Calcare (Lato Finale).

Per quanto riguarda l'imbocco lato Finale, un aspetto che merita particolare attenzione è la condizione di parietalità della galleria. Infatti in corrispondenza dell'imbocco il piedritto–lato mare viene a trovarsi a circa 8 m di distanza dal fronte roccioso lato Aurelia, con una profondità all'asse di circa 40m. Allontanandosi dall'imbocco lo

spessore del "pilastro" aumenta gradualmente fino a raggiungere dopo 60-80 m, uno spessore di circa 15-18 m, con una profondità all'asse di circa 63 m.

L'analisi numerica in oggetto si riferisce ad una sezione posta a circa 30 m dall'imbocco caratterizzata da una copertura in asse alla galleria pari a circa 40 m e da una larghezza del "pilastro" di circa 10 m. La Figura 10.75 mostra il modello agli elementi finiti adottato.

Rispetto alle fasi di calcolo descritte nel Paragrafo 10.5, la fase 0 – condizione litostatica - è stata sostituita da una fase in cui si sono generate le tensioni iniziali per incremento della gravità (Gravity loading), ciò si è reso necessario vista la superficie non orizzontale del piano campagna. Alla fine di questa fase si sono inoltre resettati gli spostamenti a zero al fine di eliminare gli spostamenti che non hanno nessun significato fisico (si veda manuale d'uso di Plaxis).

Di seguito si mostrano i risultati alla fine della fase 5, ritenuti come detto precedentemente, i più gravosi sia in termini di sollecitazioni sul rivestimento provvisorio che in termini di spostamenti attesi.

Le Figure 10.76 e 10.77 riportano le iso-linee rispettivamente delle tensioni verticali ed orizzontali, dalle quali si traggono le stesse osservazioni delle sezioni tipo precedenti riguardo gli "effetti arco". In particolare si osserva che le tensioni verticali subiscono una significativa diminuzione (scarico tensionale) al di sopra della calotta, e un incremento in corrispondenza dei piedritti ove si raggiungono i valori massimi. Al disotto dell'arco rovescio si verifica un forte scarico tensionale dovuto alla rimozione del terreno all'interno del cavo. Per quanto riguarda le tensioni orizzontali si osserva - come ovvio - una andamento a-simmetrico delle tensioni, con una diminuzione della stessa in corrispondenza della calotta e dell'arco rovescio, nonché nel "pilastro" di roccia tra la galleria e il fronte strada. Si osserva viceversa un incremento delle tensioni orizzontatali alla base delle centine (punto E).

Le figure 10.78 e 10.79 mostrano l'andamento delle tensioni principali massima e minima[13] e un ingrandimento in corrispondenza del "pilastro" di roccia. Con riferimento a tali figure si osserva - a causa del basso stato tensionale in direzione orizzontale dovuto alla vicinanza della superficie libera sub-verticale - lo sviluppo di tensioni di trazione al di sopra della calotta, sebbene limitate. Ciò risulta evidentemente dall'esame delle Figure 10.80 e 10.81 che mostrano la formazione di una limitata **zona plasticizzata** per superamento della resistenza a trazione della roccia[14] appunto al di sopra della calotta.

Nonostante si ritenga che tale estensione sia verosimilmente lontana da condizioni di instabilità, cautelativamente si prevede la realizzazione di un sistema di ancoraggi passivi in VTR e acciaio da effettuarsi a partire dal fronte roccioso esterno, lateralmente e al di sopra della calotta. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Dall'esame della Figura 10.80 si osserva inoltre la formazione di una **zone plasticizzate** (*Mohr Coulomb Point*, indicate con dei quadrati rossi in Figura 10.80), concentrata in prossimità del punto E, di estensione sicuramente trascurabile.

Per quanto riguarda gli spostamenti, si può osservare come questi risultano assai modesti dell'ordine di qualche millimetri, come risulta evidente dall'esame della Figura 10.82 ove si riporta la **mesh deformata** con un fattore di amplificazione degli spostamenti pari a 500.

Le iso-linee degli **spostamenti verticali** sono riportati in Figura 10.83, dalla quale si osserva che:

- il cedimento massimo, che si verifica in corrispondenza della calotta della galleria (punto

[13] Nelle Figure 10.78 e 10.79 la lunghezza di ciascuna linea indica l'intensità delle tensioni. Le tensioni di trazione sono indicate con una freccia.

[14] In questa analisi si è adottata una resistenza a trazione per l'ammasso pari a σt=69 kPa, in accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica. Le **zone plasticizzate** per superamento della resistenza a trazione della roccia (tension cut off point) sono indicate nelle Figure 10.80, 10.81 con dei quadrati bianchi.

B), è pari a 0.28cm;
- al di sotto della galleria si verificano sollevamenti, fino ad un massimo di 0.23 cm in asse all'arco rovescio (punto C).
- al piano campagna il cedimento massimo in asse alla galleria (punto A) risulta pari a 0.15 cm.

In Figura 10.84 sono rappresentati i contours degli **spostamenti orizzontali** del sistema, dai quali si può osservare – come ovvio - una a-simmetria dell'andamento degli spostamenti. In particolare mentre alla base della galleria gli elementi tendono a spostarsi verso l'intero dello scavo, nella parte superiore il modesto spessore del "pilastro" fa si che gli elementi tendono a spostarsi tutti verso il fronte verticale. Gli spostamenti sono comunque modesti e minori del millimetro.

Concentrata alla base delle centine, in prossimità del punto E, si osserva una limitata zona di **deformazioni di taglio** (v. Figura 10.85), ove si concentrano le zone plasticizzate (Mohr Coulomb Point), già descritte precedentemente (v. Figura 10.80),

Le **sollecitazioni nel rivestimento provvisionale** rispettivamente dello sforzo normale (N), del momento flettente (M) e del taglio (T) sono riportate nelle Figure 10.86, 10.87 e 10.88, mentre nella Tabella 10.19 sono sintetizzati i valori delle sollecitazioni massime. Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo di compressione in calotta, tra i punti B e D, pari a -1201 kNm/m. In prossimità del punto B si osserva uno sforzo normale di trazione di modesta entità (N= + 15 kN/m). I valori del momento flettente e del taglio sono molto ridotti in calotta e risultano leggermente superiori alla base del rivestimento. In particolare, il valore massimo del momento (4.7kNm/m) e del taglio (22.4kN/m) si osservano alla base delle centine (nel punto E).

Sollecitazioni sul rivestimento definitivo per la sezione tipo B1a_VTR

Si riportano i risultati dell'analisi B1a_VTR_RD_H40_T18 (Tabella 10.9) - relativa all'imbocco in Calcare - in termini di sollecitazioni sul rivestimento definitivo.

Le Figure 10.89, 10.90 e 10.91 riportano gli andamenti delle sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e taglio agenti sul rivestimento definitivo, mentre nella Tabella 10.20 sono sintetizzati i valori delle sollecitazioni massime. I risultati mostrano che:
- il valore dello sforzo normale massimo, osservato in calotta, è pari a -2322kN/m; in corrispondenza dell'arco rovescio lo sforzo normale massimo è pari a -474 kN/m;
- i valori massimi del momento flettente si osservano in corrispondenza delle murette (punto E) ove M=187kNm/m. In calotta il valore massimo del momento è pari a 33kNm/m.
- le sollecitazioni di taglio sono modeste lungo tutto il cavo tranne che in prossimità delle murette (intorno al punto E) ove assumono un valore massimo pari a 450kN/m. Il valore massimo del taglio in calotta è pari circa a 30kN/m.
-

11 VERIFICHE STRUTTURALI DEL RIVESTIMENTO PROVVISORIO E DEFINITIVO

11.1 GENERALITÀ

Le norme tecniche utilizzate per le verifiche dei rivestimenti provvisori e definitivi sono quelle approvate con decreto 14/01/2008 dal Ministero delle Infrastrutture e denominate "*Norme Tecniche per le Costruzioni*" (NTC08).

Le verifiche si sicurezza sono state eseguite nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) adottando l'Approccio 1 – Combinazione 1, previsto dalle NTC08.

Le sollecitazioni sui rivestimenti sono state determinate dai risultati delle analisi numeriche condotte con il codice di Calcolo PLAXIS v8.5 e valutate - secondo quanto descritto nel Capitolo10 – a partire dai valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno. Le sollecitazioni così ottenute sono da intendersi come valori caratteristici, E_k, e sono state quindi moltiplicate per i coefficienti parziali per le azioni - prescritti nelle NTC08 - al fine di determinarne i corrispondenti valori di progetto, E_d .

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate per tutte le **sezione tipo** previste nel progetto, nelle condizioni di carico più gravose. Queste ultime generalmente si verificano (v. paragrafo 10.8) in corrispondenza delle coperture massime del campo di applicazione di ciascuna sezioni tipo.

Per ogni stato limite ultimo, negli elementi più sollecitati, si è quindi accertato che:

$R_d/E_d > 1$

dove il rapporto R_d/E_d rappresenta il coefficiente di sfruttamento della sezione e E_d e R_d sono rispettivamente le azioni e le resistenze di progetto.

11.2 VERIFICHE DEL RIVESTIMENTO PROVVISORIO

Il rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche e spritz-beton (Classe di resistenza C28/35) è stato verificato come una sezione mista acciaio-calcestruzzo. Per le caratteristiche di resistenza dei materiali si rimanda al Capitolo II.

11.2.1 Verifiche del rivestimento provvisorio alla fine della fase 2

Le verifiche sono state condotte con le sollecitazioni ottenute dalle analisi numeriche alla fine della fase 2 (si veda Paragrafo 10.6 e 10.7), considerando resistenti le centine (ove presenti) e lo spritz-beton. Per quest'ultimo si è considerata una resistenza a compressione corrispondente ad un tempo di maturazione di 2 giorni.

La resistenza cilindrica media, f_{cm} (t), è stata valutata in funzione del tempo in accordo alle NTC08 e alle norme UNI EN 1992-1-1:2005, secondo la seguente espressione (UNI en 1992-1-1:2005):

$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t)\, f_{cm}$ [N/mm^2]

con

$\beta_{cc}(t) = \exp[s(1-(28/t)0.5)]$

dove s è un coefficiente che dipende dal tipo d cemento. Si è posto s=0.25.

Per la classe di resistenza C28/35 si ottiene un valore della resistenza cilindrica media a compressione a 2 giorni pari a:

f_{cm} (2 giorni) = 19 [N/mm^2]

Le verifiche degli elementi strutturali sono riportate in Appendice C. I risultati sono sintetizzati in Tabella 11.1: tutte le verifiche risultano soddisfatte con Coefficienti di Sfruttamento della sezione a pressoflessione e a taglio minori dell'unità.

11.2.2 Verifiche del rivestimento provvisorio alla fine della fase 5

Le verifiche sono state condotte con le sollecitazioni ottenute dalle analisi numeriche alla **fine della fase 5** (si veda Paragrafo 10.6 e 10.7), considerando resistenti le centine (ove presenti) e lo spritz-beton con una resistenza a compressione corrispondente ad un tempo di maturazione di 28 giorni.

Le verifiche degli elementi strutturali sono riportate in Appendice D; i risultati sono sintetizzati in Tabella 11.2.

Tutte le verifiche risultano soddisfatte con Coefficienti di Sfruttamento della sezione a pressoflessione e a taglio minori dell'unità.

11.3 VERIFICHE DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

La Tabella 11.3 riassume i risultati delle verifiche a presso-flessione e a taglio del rivestimento definitivo in calcestruzzo (Classe di resistenza C28/35), mentre le caratteristiche di resistenza dei materiali sono riportate nel Capitolo II.

Le verifiche degli elementi maggiormente sollecitati sono state condotte per tutte le **sezioni tipo** previste nel progetto, nelle condizioni di carico più gravose. Anche in questo caso tutte le verifiche risultano soddisfatte con Coefficienti di sfruttamento a pressoflessione e a taglio minori dell'unità.

Le verifiche degli elementi strutturali sono riportate in Appendice E.

12 MODELLAZIONE NUMERICA DELLO SCAVO E COSTRUZONE DEL CUNICOLO DI ESODO E VERIFICHE DEI RIVESTIMENTI

Nel presente capitolo vengono descritti i principali risultati di due analisi numeriche eseguite al fine di valutare il comportamento del cunicolo di esodo in oggetto, attraverso la valutazione:

- degli spostamenti e delle deformazioni del cunicolo e della roccia circostante, in corrispondenza delle condizioni più gravose;
- delle sollecitazioni sui rivestimenti provvisionali e definitivi

Per l'esecuzione di tutte le analisi è stato impiegato il codice di calcolo PLAXIS V.8.5; l'affidabilità di questo codice è stata preliminarmente accertata esaminando la documentazione a corredo del software contenente informazioni sulle basi teoriche, sugli algoritmi impiegati e una sezione benchmark con casi svolti e commentati.

12.1 PROGRAMMA DELLE ANALISI

Di seguito si riportano i principali risultati di due analisi svolte al fine di valutare l'adeguatezza dei rivestimenti progettati per il cunicolo di esodo e descritti nell'allegato grafico di riferimento (tavola S33) . Le analisi numeriche in oggetto si riferiscono ad una sezione posta a circa 10 m dalla galleria naturale caratterizzata da una copertura in asse alla galleria pari a circa 120 m. La Figura 12.1 mostra il modello agli elementi finiti adottato.

Le analisi svolte sono sintetizzate in Tabella 12.1. Nella stessa Tabella si riportano i parametri fisico-meccanici della roccia assunti nel modello numerico. Si precisa che si è ipotizzato che il cunicolo di esodo ricada interamente nelle Dolomie; i parametri assunti sono in accordo con quelli indicati nelle relazioni geologiche e geotecniche allegate al progetto in corrispondenza dell'intersezione tra la galleria naturale e il cunicolo stesso. Tale assunzione dovrà essere verificata in fase di progetto esecutivo.

Le fasi esecutive sono descritte nelle Tabelle 12.2 e 12.3 assieme ad una breve descrizione ed ai valori delle grandezze (ξ/R, λ) che le delineano. Nelle stesse tabelle si riportano i valori di λ_T adottati per ogni fase. Le caratteristiche di rigidezza del rivestimento provvisorio e definitivo sono riportate nelle Tabella 12.4 e 12.5 per le due analisi svolte.

In particolare l'analisi Cunicolo_H120 è stata condotta per valutare le convergenze massime attese e per verificare il rivestimento provvisorio (centine + spritz-beton). In questa analisi in effetti si è ipotizzato il getto del rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte maggiore di 4 volte il diametro del cunicolo. Alla fine della fase 3 (si veda Tabella 12.2) in corrispondenza di una riduzione della pressione pari al 100%, nelle centine si verificano

le massime sollecitazioni da adottare come input per la verifica strutturale dello spritz maturo e delle centine. Inoltre le deformazioni e gli spostamenti relativi a questa fase sono pressoché coincidenti con quelli calcolati nella successiva fase 4 - allorquando, a rilascio tensionale completo, al rivestimento provvisionale si aggiunge quello definitivo in calcestruzzo - e sono quindi da intendersi come gli spostamenti massimi attesi.

In aggiunta si riportano i risultati delle sollecitazioni sul rivestimento provvisionale alla fine della fase 2. In effetti, sebbene tali sollecitazioni siano inferiori a quelle ottenute alla fine della fase 3, si ritiene comunque necessario verificare il rivestimento provvisorio anche per suddette sollecitazioni in quanto in questo caso si può fare affidamento alla resistenza delle centine e solo in parte a quello dello spritz-beton, considerando per questo ultimo una resistenza a 2 gg.

Successivamente vengono sinteticamente presentati i risultati dell'analisi Cunicolo_RD_H120 ove si è simulato il getto del rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte pari a circa 2ϕ – eseguite con l'unico fine di valutare un limite superiore delle sollecitazioni attese sul rivestimento definitivo in calcestruzzo.

Per comodità del lettore, le tabelle 12.6 - 12.9 riassumono i principali risultati ottenuti. In particolare la tabella 12.6 riassume i valori degli spostamenti verticali e orizzontali massimi attesi per alcuni punti del dominio (valutati per l'analisi Cunicolo_H120 alla fine della fase 3).

Le tabelle 12.7, 12.8 e 12.9 elencano i valori delle sollecitazioni massime rispettivamente sul rivestimento provvisionale (fase 2 e fase 3, 'analisi Cunicolo_H120) e definitivo fase 3, analisi Cunicolo_RD_H120), secondo quanto commentato precedentemente.

12.2 RISULTATI DELLE ANALISI SVOLTE

12.2.1 Risultati dell'analisi Cunicolo_H120_T12: spostamenti massimi attesi al contorno del cavo e sollecitazioni sul rivestimento provvisionale

Di seguito si mostrano i risultati dell'analisi Cunicolo_H120_T12 alla fine della fase 3*, ritenuti come detto precedentemente, i più gravosi sia in termini di sollecitazioni sul rivestimento provvisorio che in termini di spostamenti attesi.

Dalle iso-linee delle tensioni verticali ed orizzontali mostrate nelle Figure 12.2 e 12.3 si evidenzia come anche in questo caso il modello riesce a cogliere "effetti arco" nella ridistribuzione delle tensioni.

La mesh deformata al termine della fase 3 è riportata in Figura 12.4 con un fattore di amplificazione pari a 1000. Le iso-linee degli spostamenti verticali del sistema sono rappresentate nella Figura 12.5, dalla quale si osserva che :

- gli spostamenti nell'intorno del cavo risultano inferiori al millimetro;
- in corrispondenza della calotta della galleria osservano i cedimenti massimi; in asse alla galleria si osserva un cedimento di 0.04cm;
- al di sotto della galleria si hanno notevoli sollevamenti, fino ad un massimo di circa 0.04 cm in asse all'arco rovescio.

In Figura 12.6 sono rappresentati i *contours* degli spostamenti orizzontali del sistema, dai quali si può notare che tutti gli elementi si spostano verso l'interno del cavo, con spostamenti massimi pari a 0.03 cm in corrispondenza di piedritti.

La Figura 12.7 mostra le deformazioni di taglio; queste si generano principalmente alla base delle centine. Le deformazioni rimangono in campo elastico come si evince dalla Figura 12.8, ove non si evidenziano zone plasticizzate.

Per quanto riguarda le sollecitazioni nel rivestimento, gli andamenti dello sforzo normale (N), del momento flettente (M) e del taglio (T) sono rispettivamente riportati nelle Figure 12.9, 12.10 e 12.11. Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo

molto modesto e pari a -274 kN/m.

I valori del momento flettente e del taglio sono ridotti; e assumono i valori massimi rispettivamente pari a 1.4 kNm/m e 10.4kN/m.

12.2.2 Risultati dell'analisi Cunicolo_RD_H120_T12: sollecitazioni sul rivestimento definitivo

Si riportano i risultati dell'analisi Cunicolo_RD_H120_T12 in termini di sollecitazioni sul rivestimento definitivo. In particolare le Figure 12.12, 12.13 e 12.14 riportano gli andamenti delle sollecitazioni di sforzo normale, momento flettente e taglio agenti sul rivestimento definitivo in calcestruzzo, mentre la già citata tabella 12.9 riassume i massimi valori delle sollecitazioni.

Le sollecitazioni nel rivestimento indicano la prevalenza di uno stato di compressione, con un valore dello sforzo normale massimo, in calotta, pari a -401kN/m.

Le sollecitazioni di taglio e momento flettente sono modeste lungo tutto il cavo; i valori massimi raggiunti sono pari rispettivamente a 35 kN/m e a 6 kNm/m.

12.3 VERIFICHE DEL RIVESTIMENTO PROVVISORIO

Il rivestimento provvisorio costituito da centine metalliche e spritz-beton (Classe di resistenza C28/35) è stato verificato come una sezione mista acciaio-calcestruzzo. Per le caratteristiche di resistenza dei materiali si rimanda al Capitolo II.

12.3.1 Verifiche del rivestimento provvisorio alla fine della fase 2

Le verifiche sono state condotte con le sollecitazioni ottenute dall' analisi Cunicolo_H120_T12 alla fine della fase 2 considerando resistenti le centine e lo spritz-beton. Per questo ultimo si è considerata una resistenza a compressione corrispondente ad un tempo di maturazione di 2 giorni.

Le verifiche degli elementi strutturali sono riportate in Appendice C: tutte le verifiche risultano soddisfatte con Coefficienti di Sfruttamento della sezione a pressoflessione e a taglio minori dell'unità.

12.3.2 Verifiche del rivestimento provvisorio alla fine della fase 3

Le verifiche sono state condotte con le sollecitazioni ottenute dall' analisi Cunicolo_H120_T12 alla **fine della fase 3** considerando resistenti le centine e lo spritz-beton con una resistenza a compressione corrispondente ad un tempo di maturazione di 28 giorni.

Le verifiche degli elementi strutturali sono riportate in Appendice D. Tutte le verifiche risultano soddisfatte con Coefficienti di Sfruttamento della sezione a pressoflessione e a taglio minori dell'unità.

12.4 VERIFICHE DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Le verifiche sono state condotte con le sollecitazioni ottenute dall' analisi Cunicolo_RD_H120_T12 alla **fine della**

fase 3. Anche in questo caso tutte le verifiche risultano soddisfatte con Coefficienti di sfruttamento a pressoflessione e a taglio minori dell'unità.

Le verifiche degli elementi strutturali sono riportate in Appendice E.

13 CONCLUSIONI

Nella presente relazione si sono individuate le sezioni tipo e le tecniche d'avanzamento previste per l'esecuzione delle gallerie naturale Capo Noli prevista nell'ambito del Progetto di Variante di tracciato alla S.P.1 Aurelia – Capo Noli, da realizzare nel comune di Noli, provincia di Savona.

Per ciascuna sezione tipo si è definito il campo di applicazione, gli interventi di consolidamento, pre-consolidamento e rivestimento ritenuti più idonei, e le fasi costruttive; si sono inoltre delineate le attività di indagini e di monitoraggio da effettuare in corso d'opera.

La validità delle sezioni tipo adottate è stata appurata attraverso numerose simulazione numeriche condotte con il codice di calcolo agli elementi finiti PLAXIS V8.5. Dai risultati di tali analisi numeriche si può concludere che adottando le soluzioni progettuali previste per le diverse tratte, realizzando a perfetta regola d'arte tutti gli interventi di consolidamento e sostegno, e seguendo scrupolosamente le varie fasi esecutive:

- non si manifestano cinematismi di collasso, e si garantisce adeguata sicurezza nei confronti di fenomeni instabilità durante tutte le fasi esecutive;
- le sollecitazioni agenti sui rivestimenti sono compatibili con la resistenza dei rivestimenti stessi;
- gli spostamenti massimi stimati risultano accettabili per tutte le sezioni tipo adottate, con valori massimi dell'ordine di 5-6 cm nelle tratte di attraversamento delle zone tettonizzate;
- i cedimenti verticali assoluti che si manifestano al piano campagna sono estremamente modesti, e sempre minori uguali al cm.

Va comunque evidenziato che, non potendo tenere conto di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili - quali anisotropia, a-simmetria, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, effetti tridimensionali significativi - i valori delle convergenze stimate in questa fase progettuale sono da intendersi quale indicazione qualitativa dei livelli di deformazione attesi.

In corso d'opera, sulla base delle misure e dei rilievi geostrutturali regolarmente effettuati durante l'avanzamento, dei risultati dei sondaggi in avanzamento previsti in progetto e del comportamento deformativo monitorato in corrispondenza del fronte (estrusione) e del cavo (convergenze) in rapporto alle lavorazioni condotte secondo le fasi e le cadenze prestabilite, dovrà essere verificata l'adeguatezza delle sezioni progettate.

FIGURE

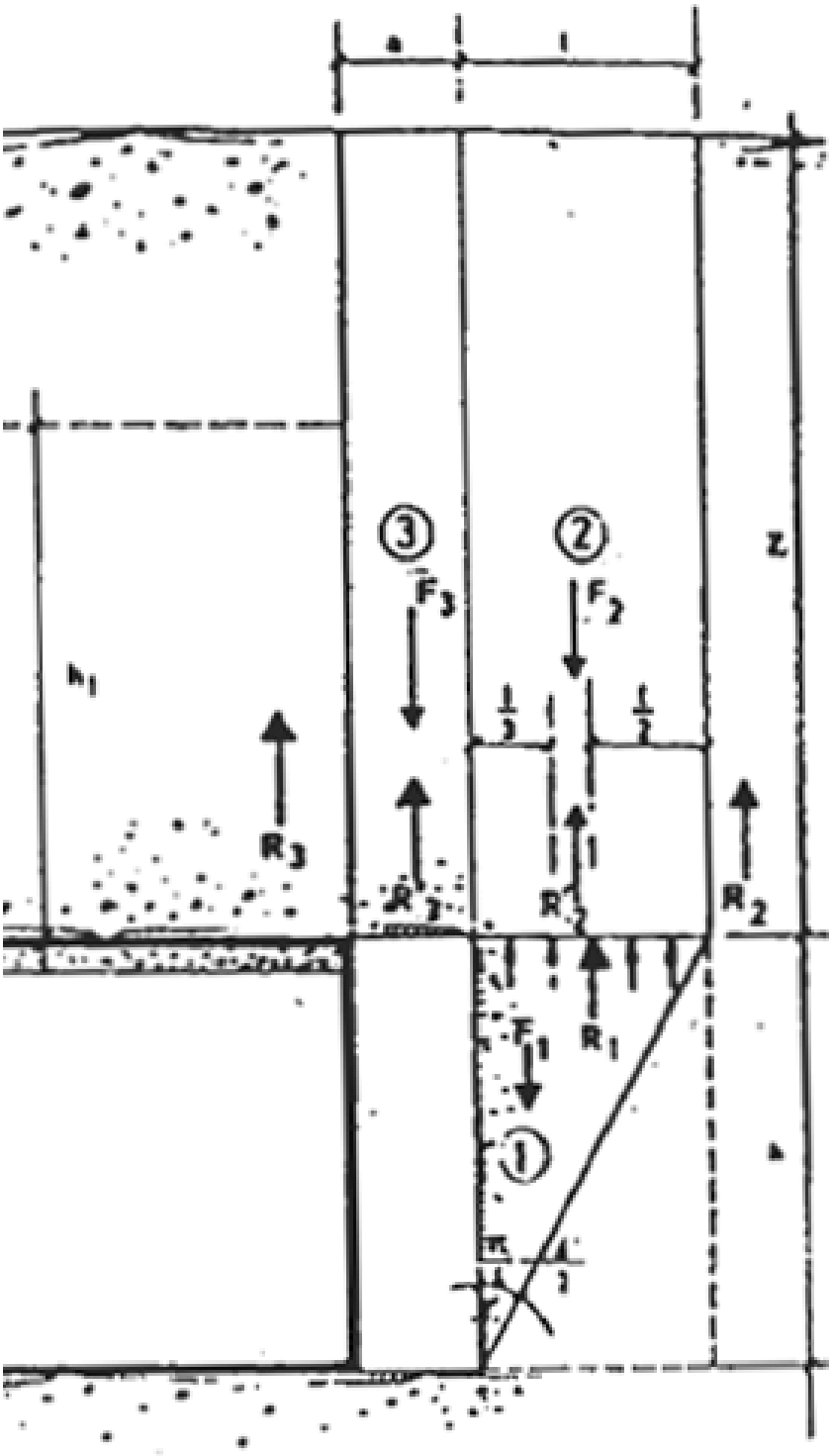


Figura 9.1 : Sistema delle forze agenti sulla volta della galleria per i volumi prismatici (Cornejo, 1989)

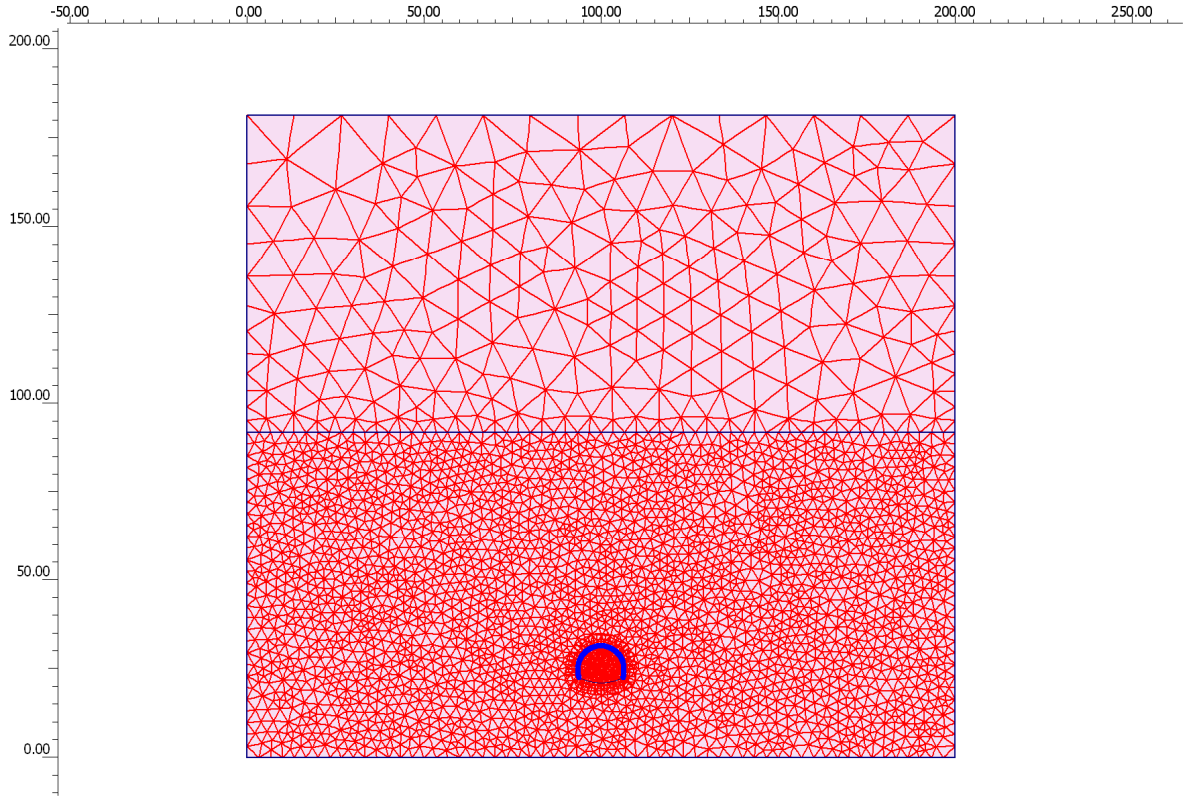


Figura 10.1 : Geometria e discretizzazione agli elementi finiti del modello utilizzato per l'analisi con una copertura di 150 m.

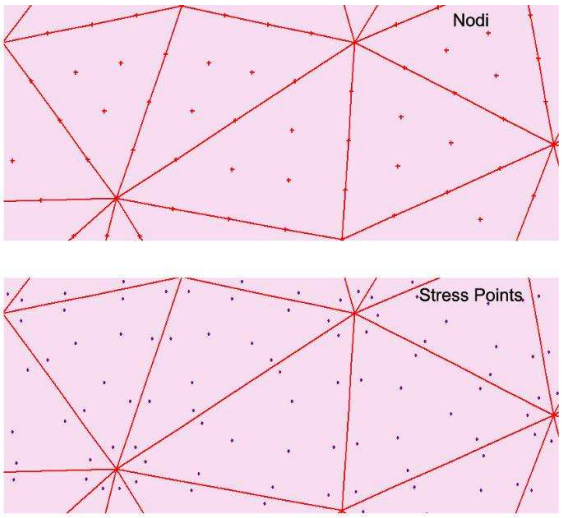


Figura 10.2 : Distribuzione dei nodi e dei punti di Gauss nella roccia.

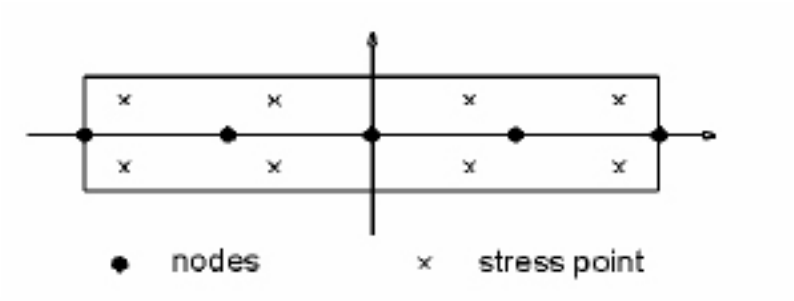


Figura 10.3 : Distribuzione dei nodi e dei punti di Gauss nell'elemento trave.

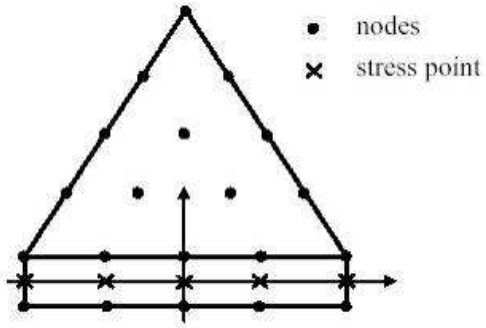


Figura 10.4 : Distribuzione dei nodi e dei punti di Gauss nell'elemento interfaccia.

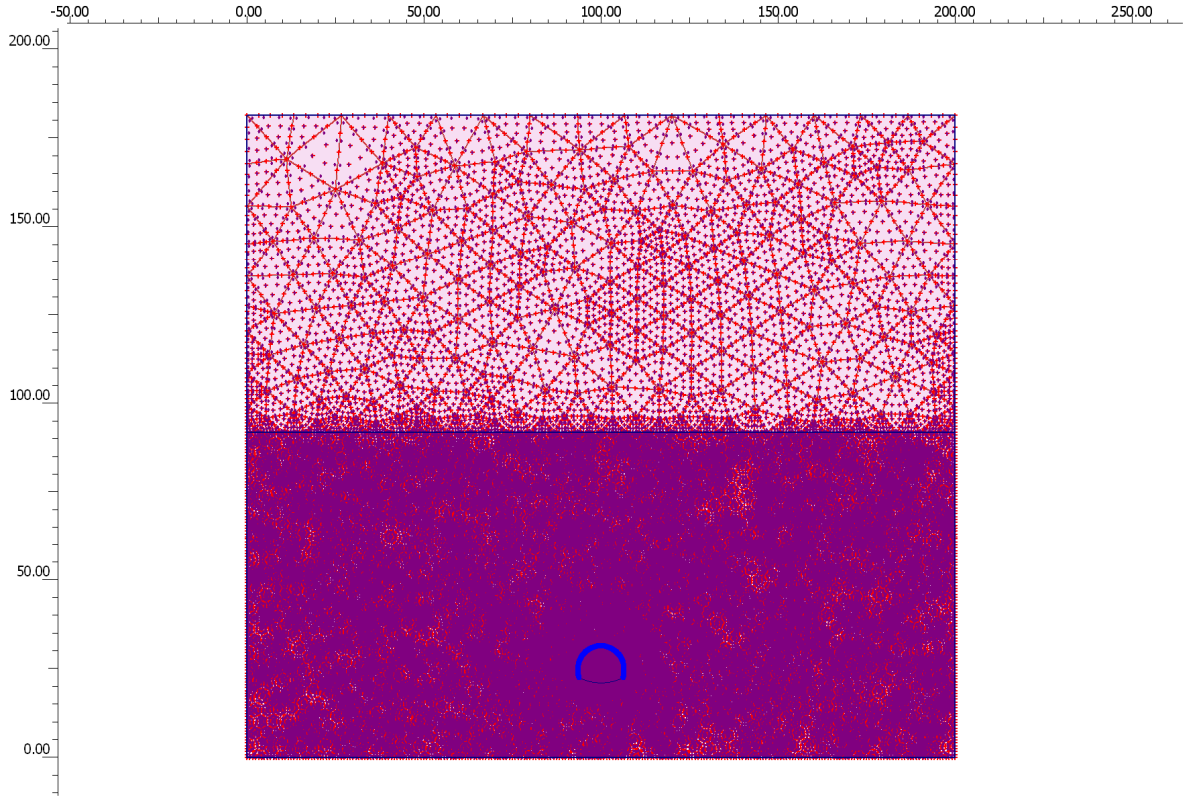


Figura 10.5 : Distribuzione dei nodi e dei punti di Gauss (+ nodi, * stress points).

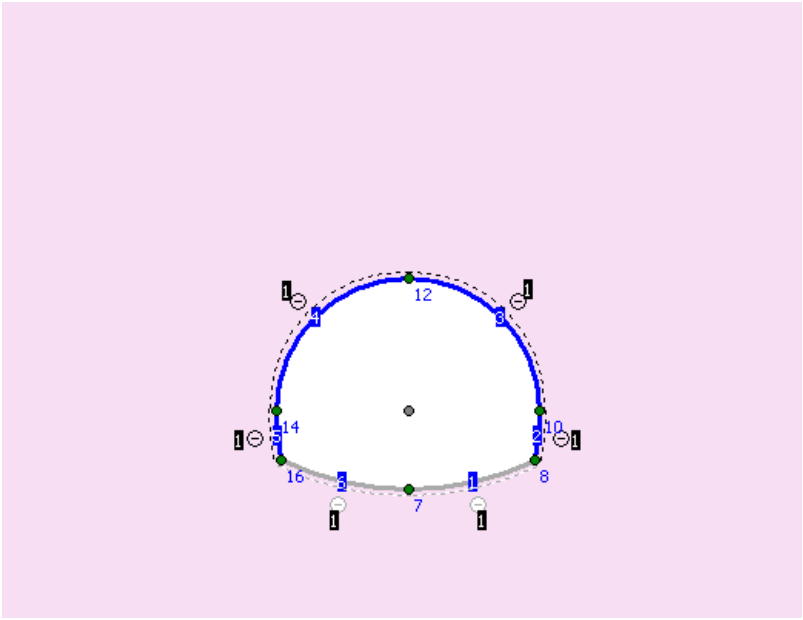


Figura 10.6 : Suddivisione del dominio in sets di elementi.

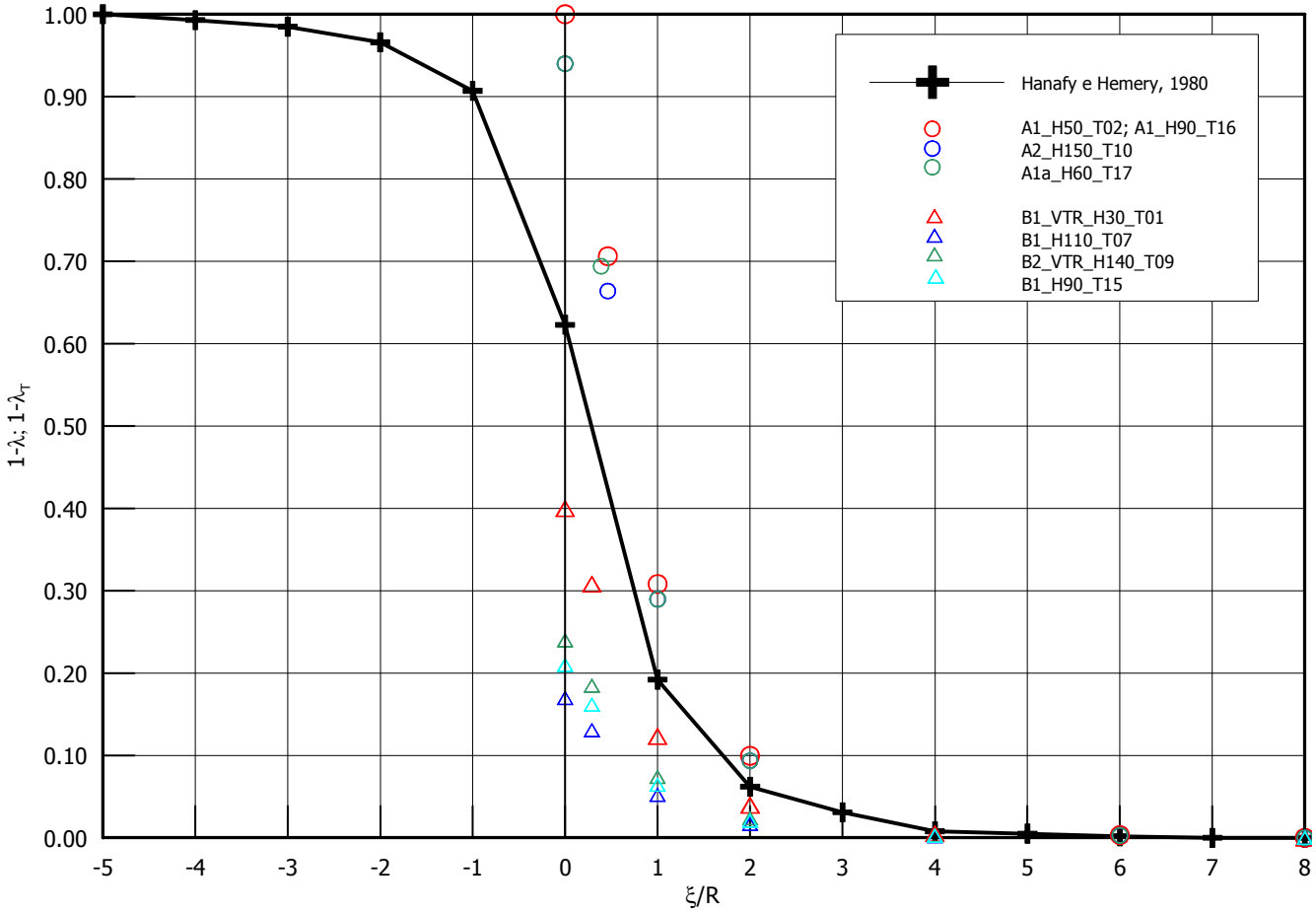


Figura 10.7 : Legge di scarico di Hanafy e Emery, 1980.

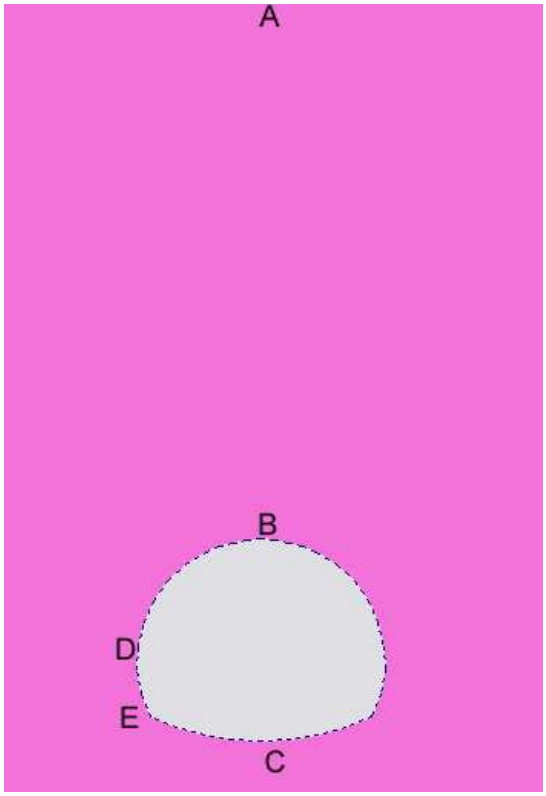


Figura 10.8 : Definizioni schematica di alcuni nodi caratteristici

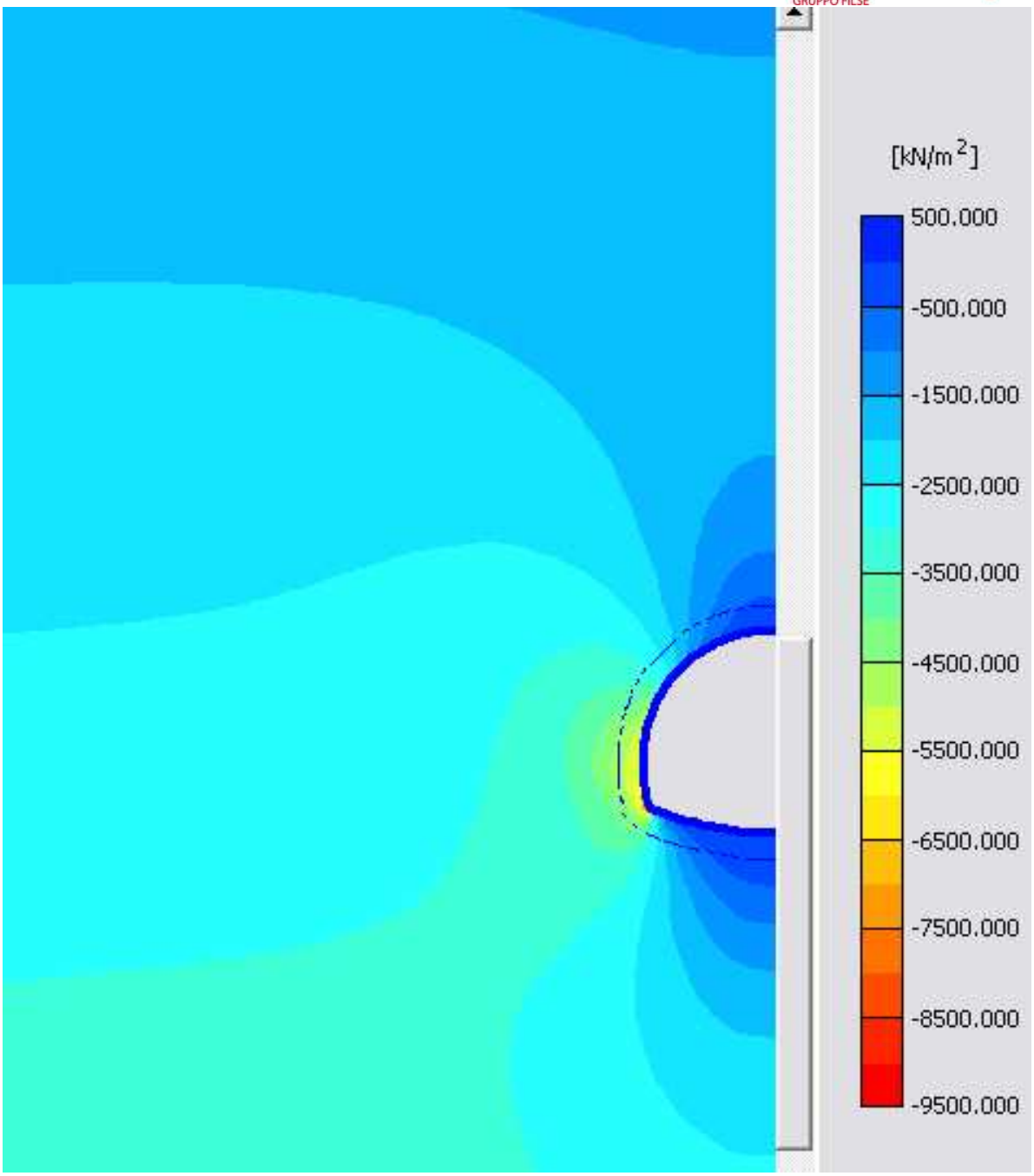


Figura 10.9 : Analisi A1_H90_T16 - Curve di livello delle tensioni verticali.

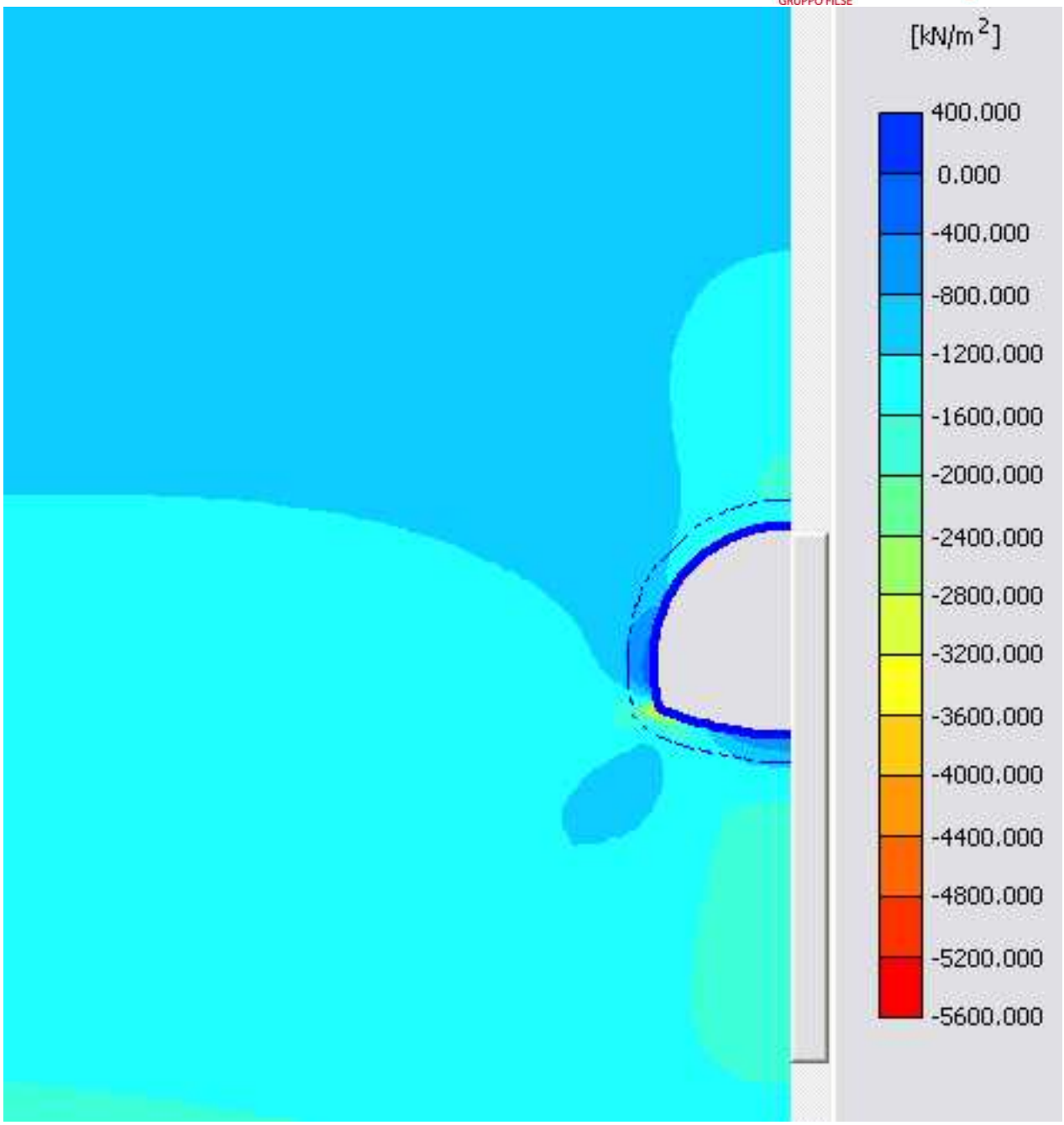


Figura 10.10 : Analisi A1_H90_T16 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

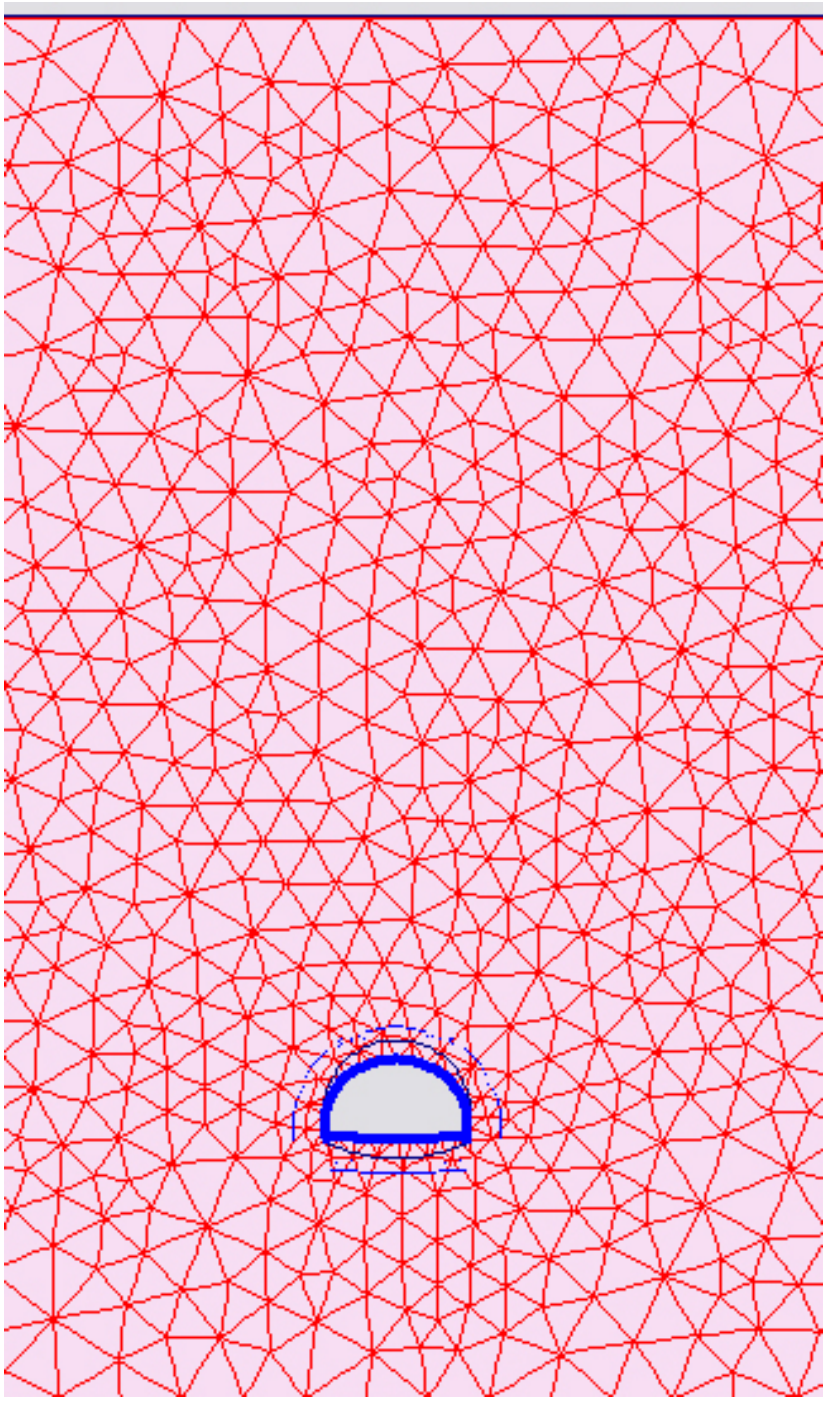


Figura 10.11 : Analisi A1_H90_T16 – Mesh deformata

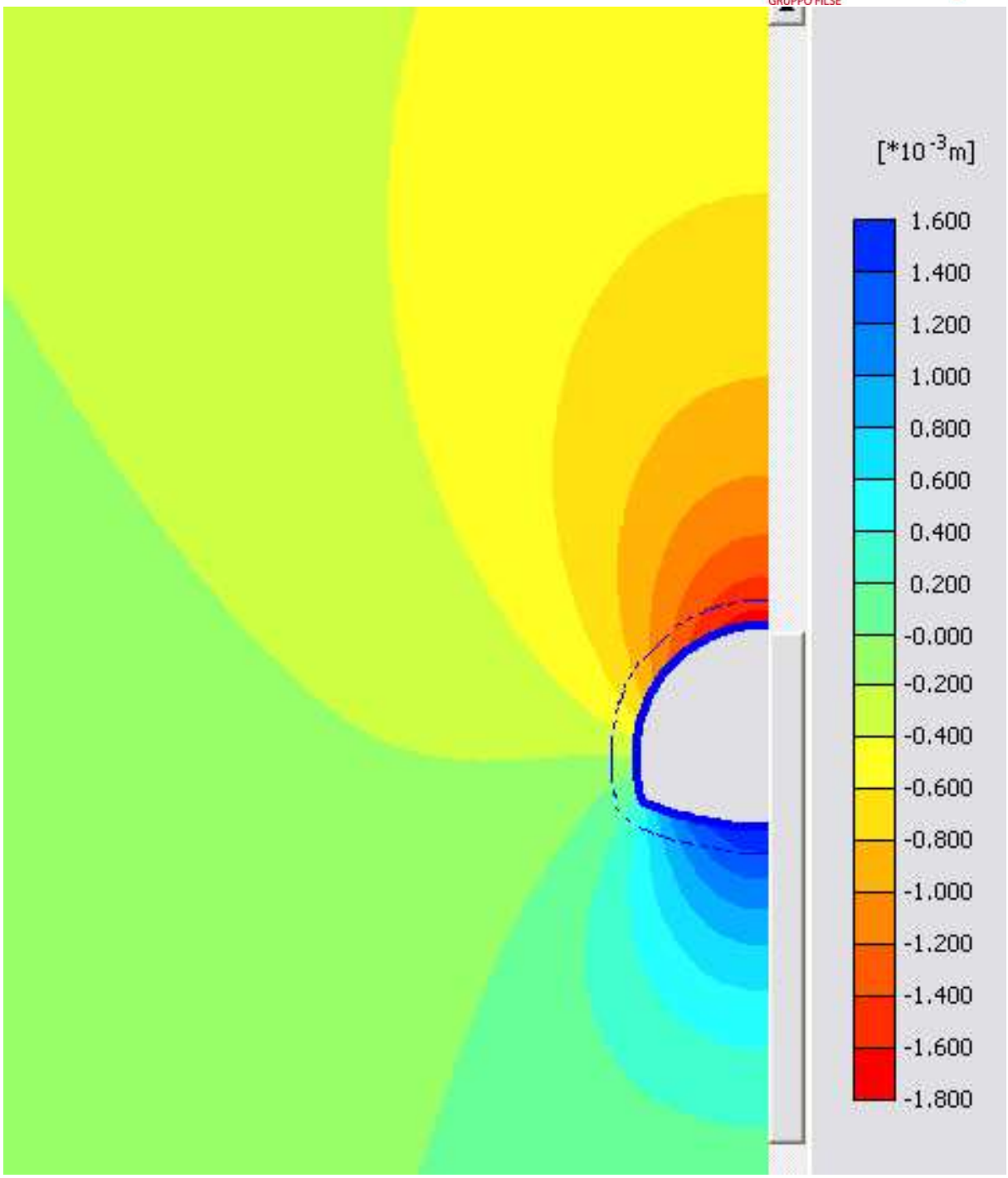


Figura 10.12 : Analisi A1_H90_T16 – Curve di livello degli spostamenti verticali

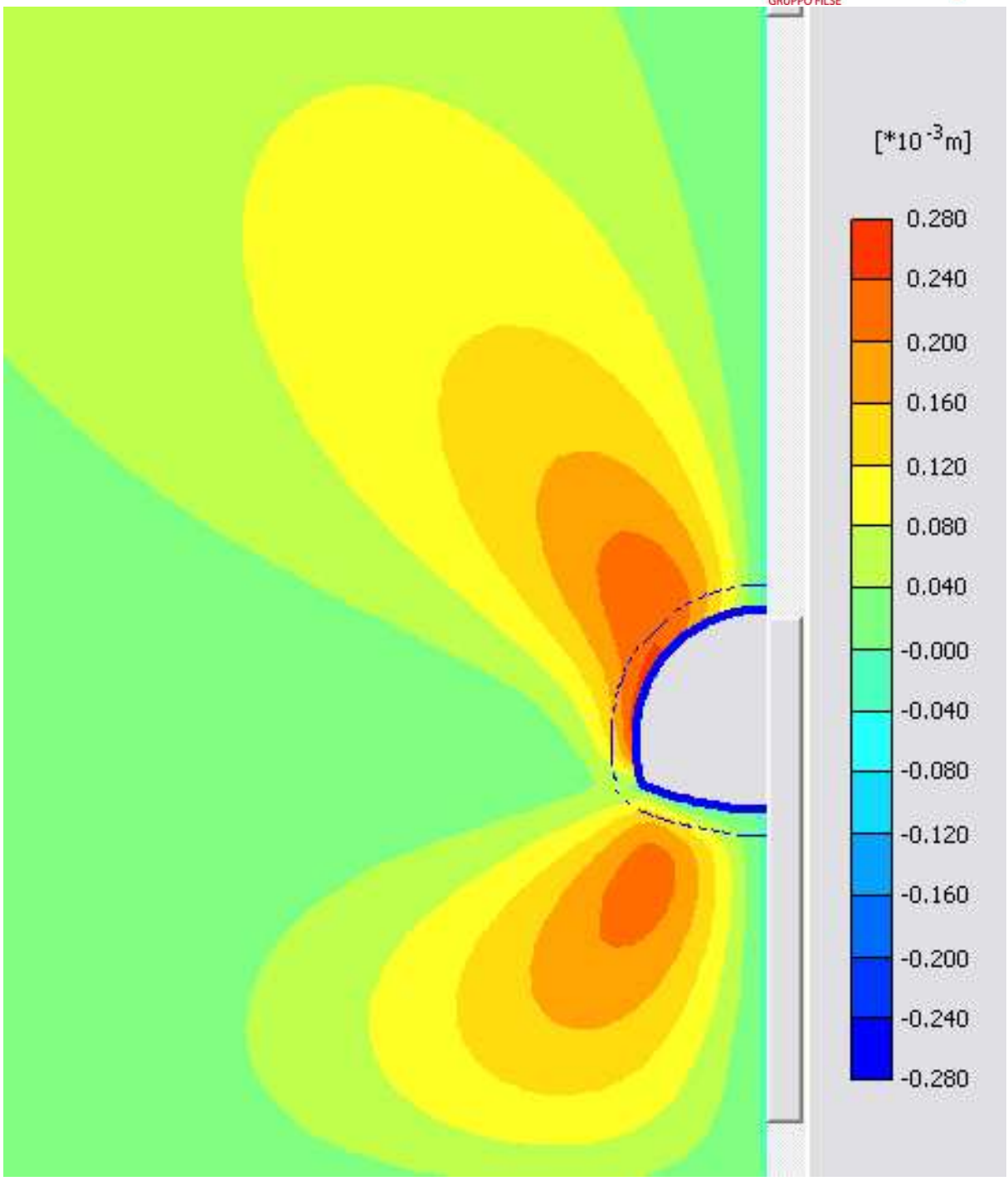


Figura 10.13 : Analisi A1_H90_T16 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

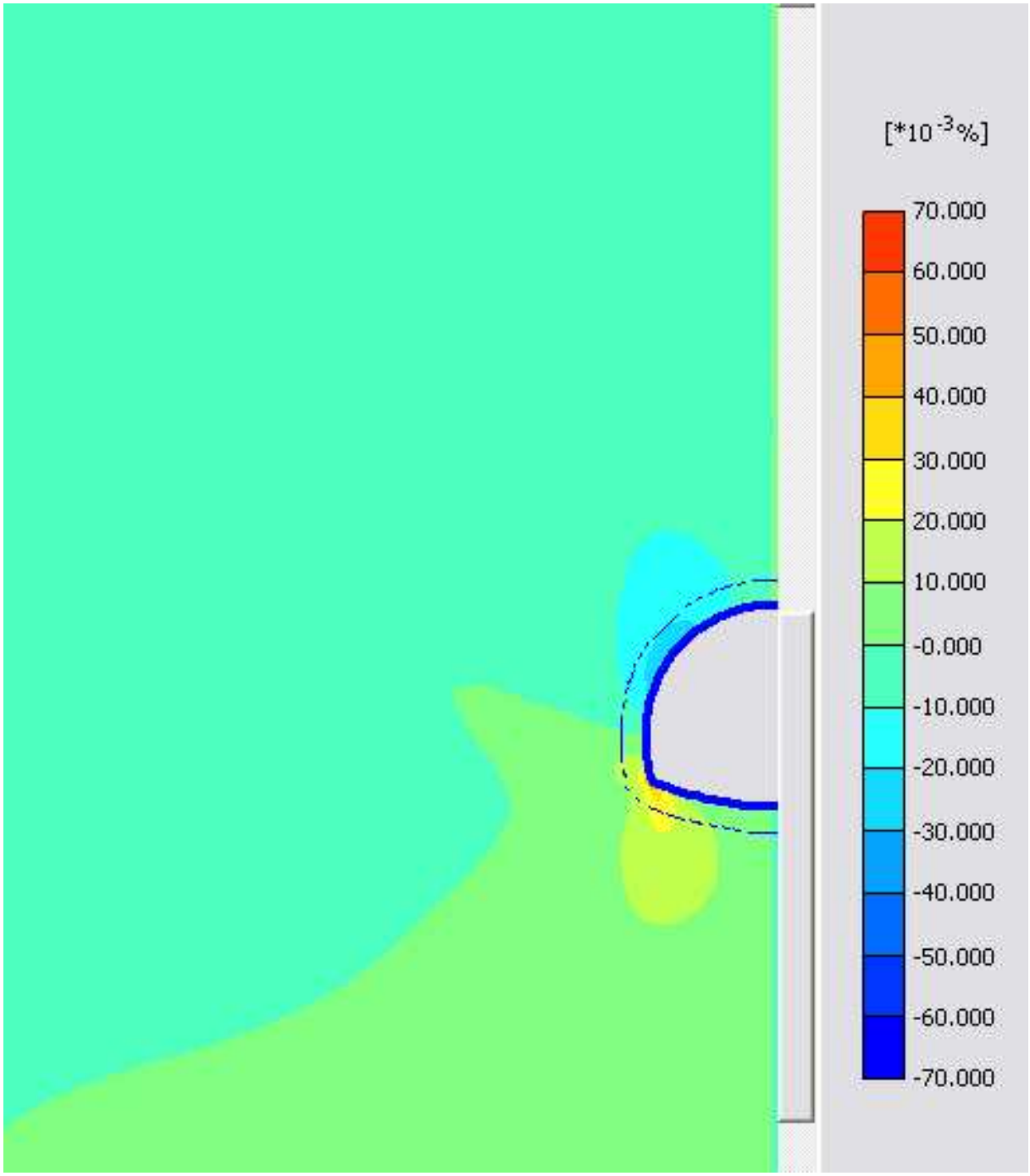


Figura 10.14 : Analisi A1_H90_T16 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

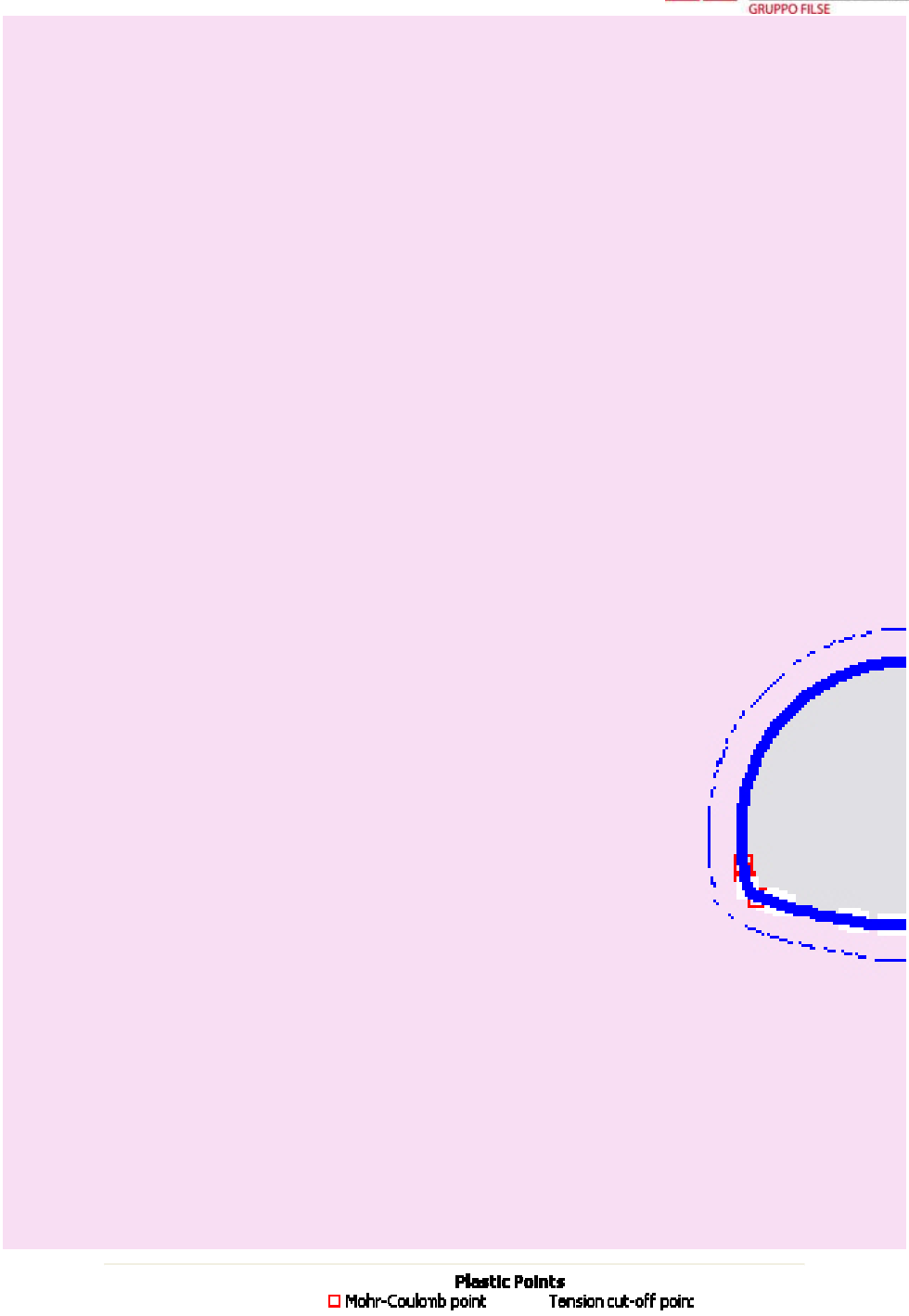


Figura 10.15 : Analisi A1_H90_T16 – Distribuzione delle zone plasticizzate

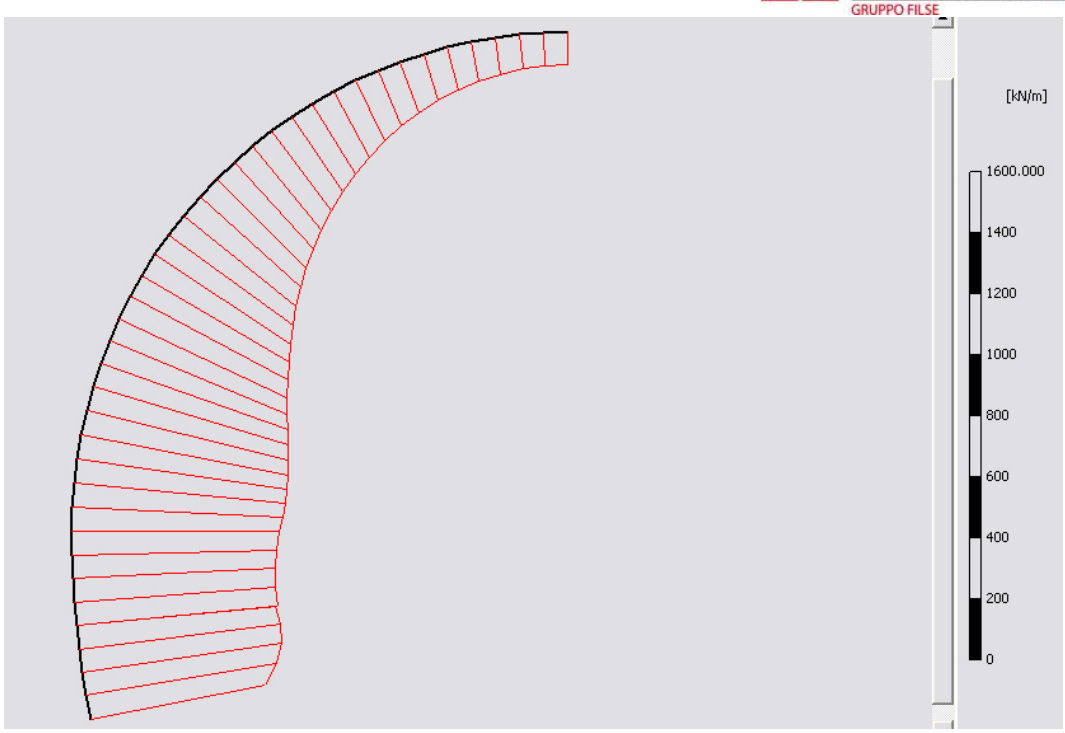


Figura 10.16 : Analisi A1_H90_T16 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento provvisorio, N_{max}=- 689 kN/m

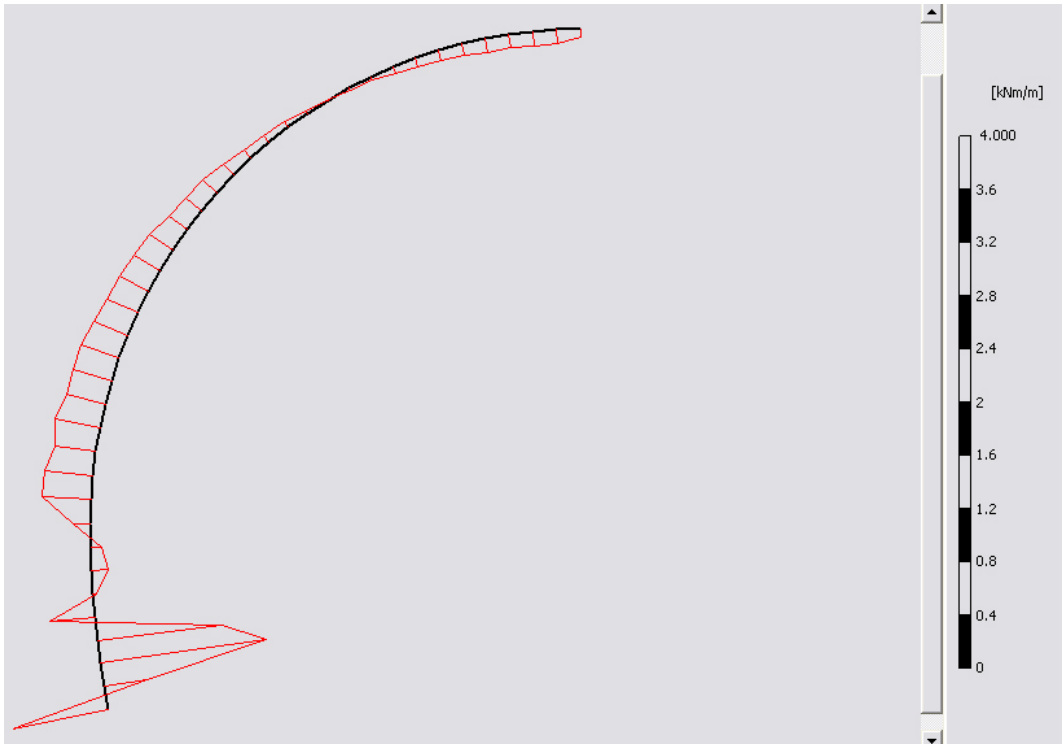


Figura 10.17 : Analisi A1_H90_T16 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento provvisorio, M_{max}= 1.3 kNm/m

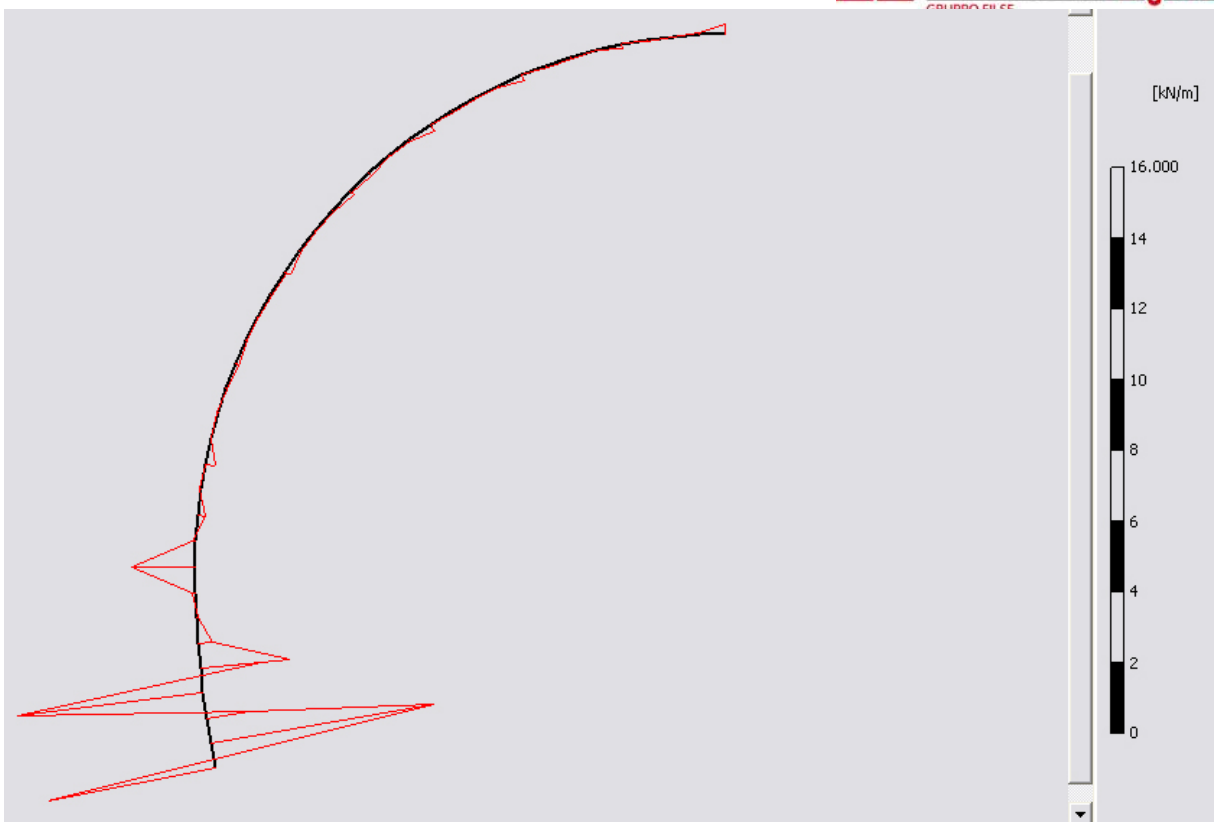


Figura 10.18 : Analisi A1_H90_T16 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, T_{max}= 6.4 kN/m

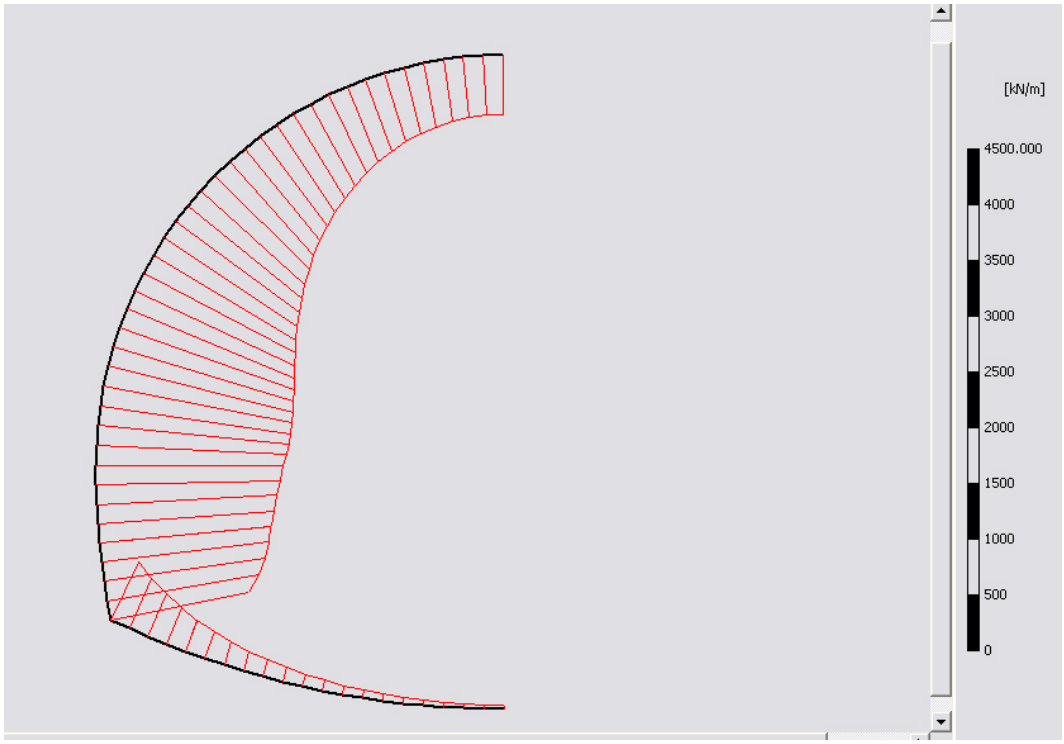


Figura 10.19 : Analisi A1_RD_H90_T16 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, N_{max}= -1720 kN/m²

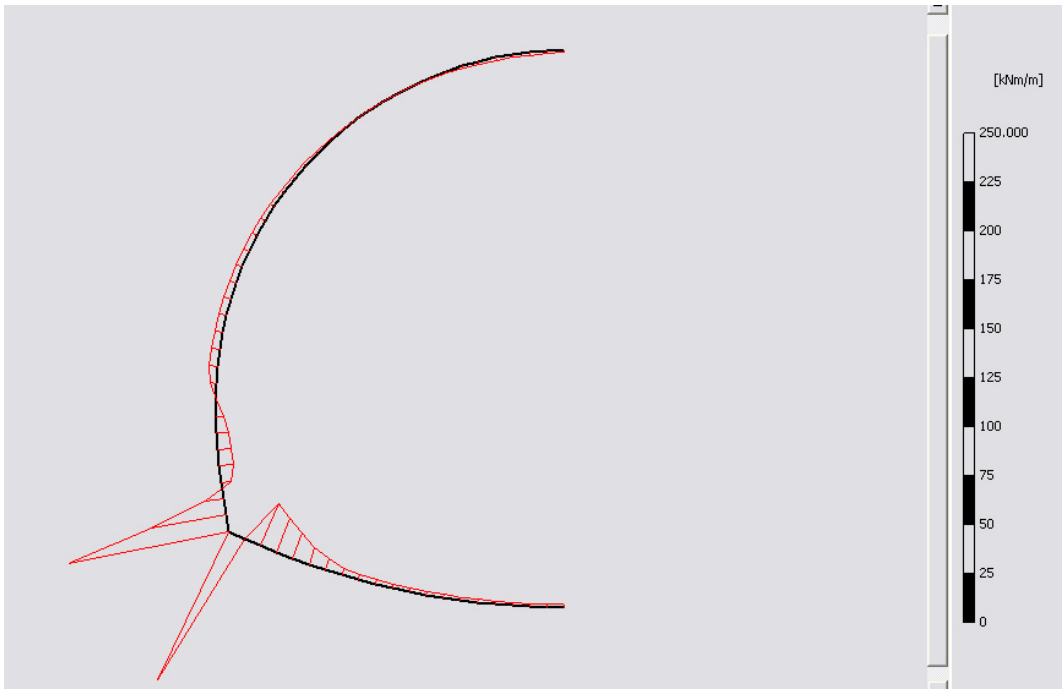


Figura 10.20 : Analisi A1_RD_H90_T16 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, M_{max}= 84 kNm/m

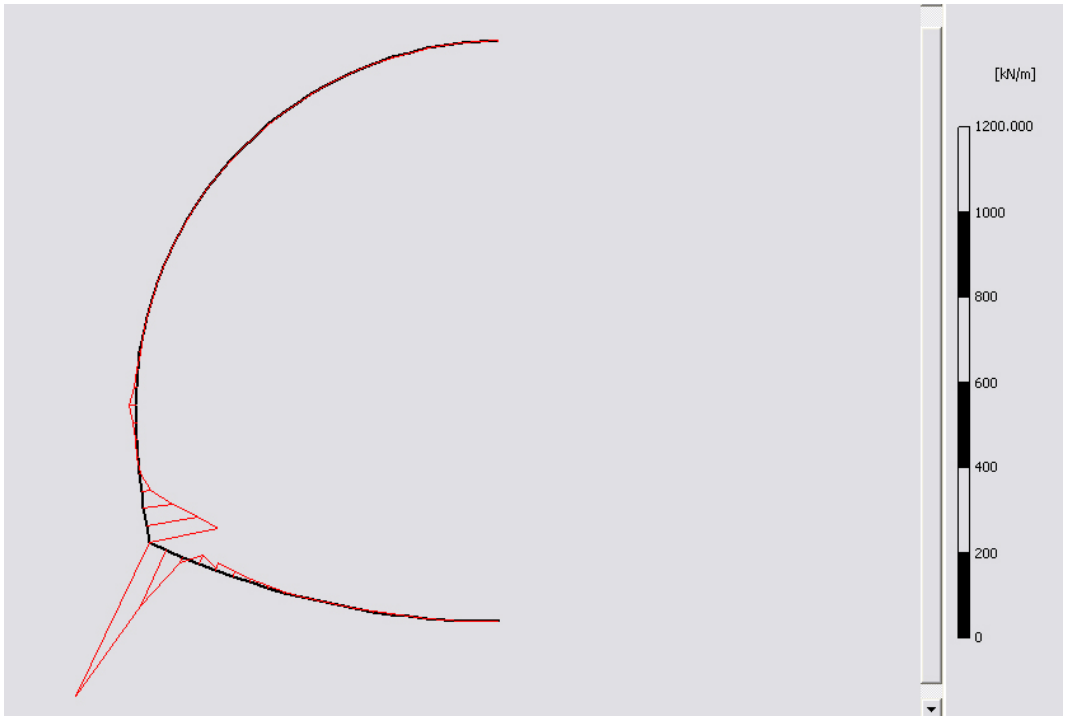


Figura 10.21 : Analisi A1_RD_H90_T16 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, T_{max}= 401 kN/m

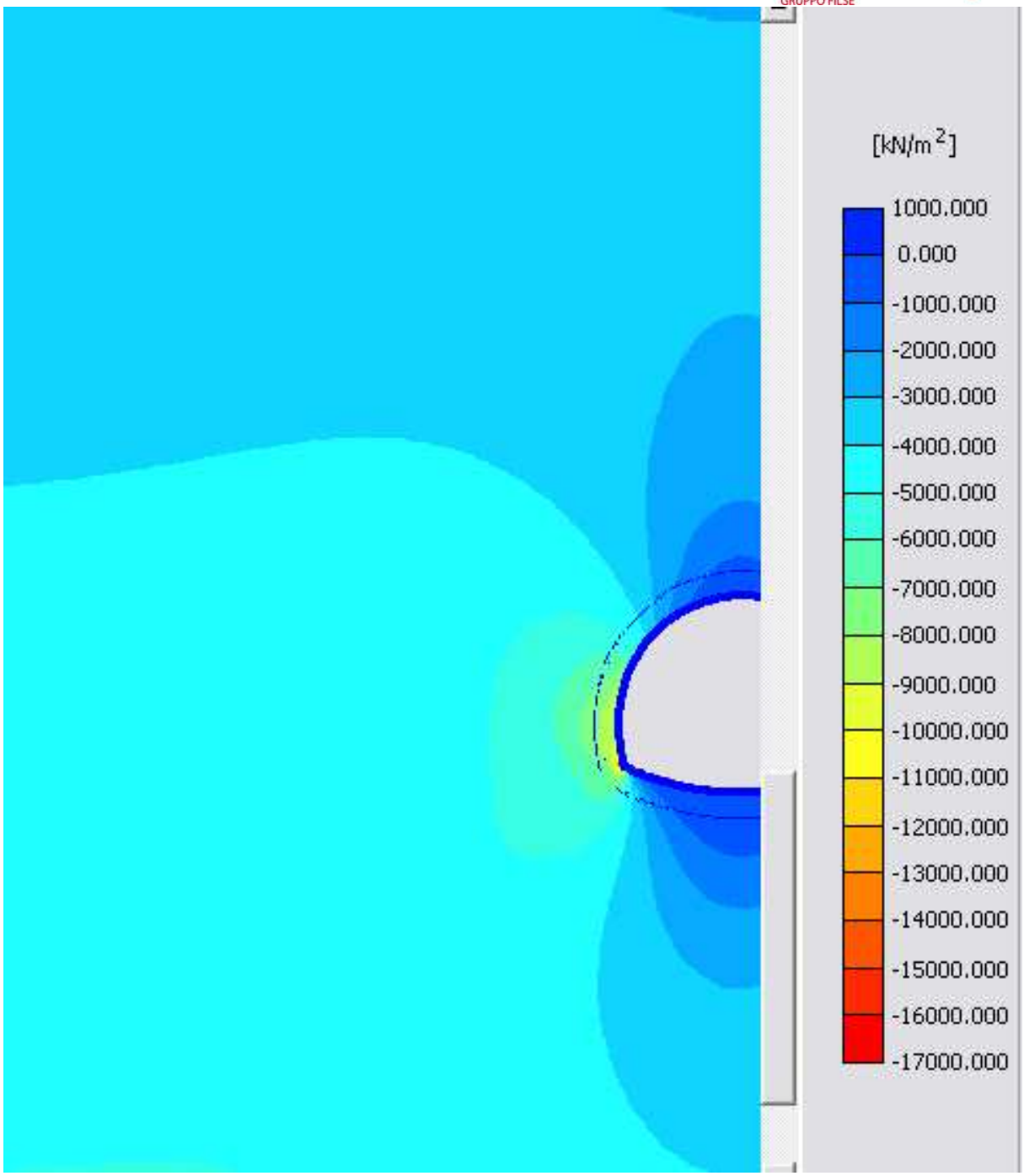


Figura 10.22 : Analisi A2_H150_T10 - Curve di livello delle tensioni verticali.

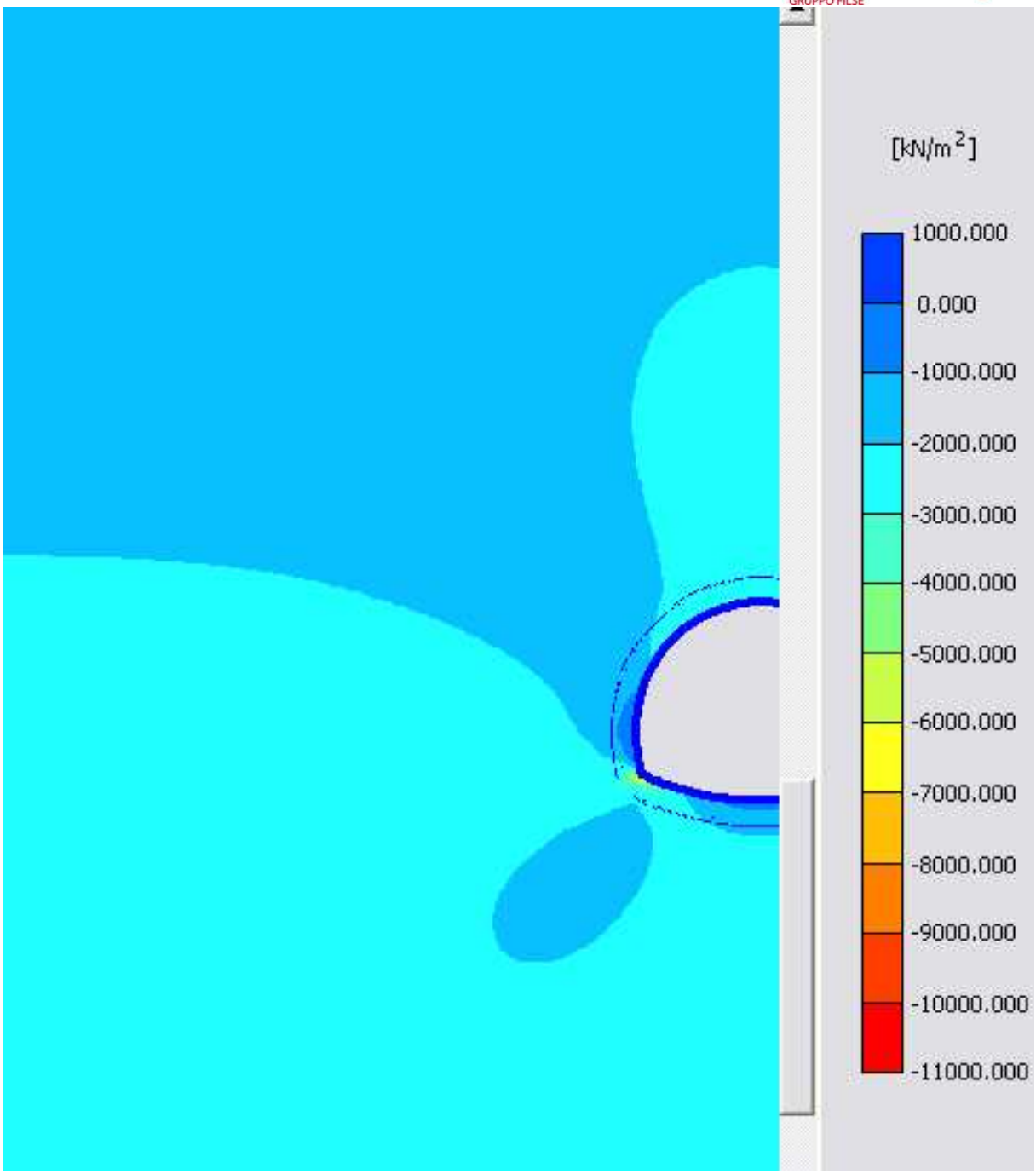


Figura 10.23 : Analisi A2_H150_T10 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

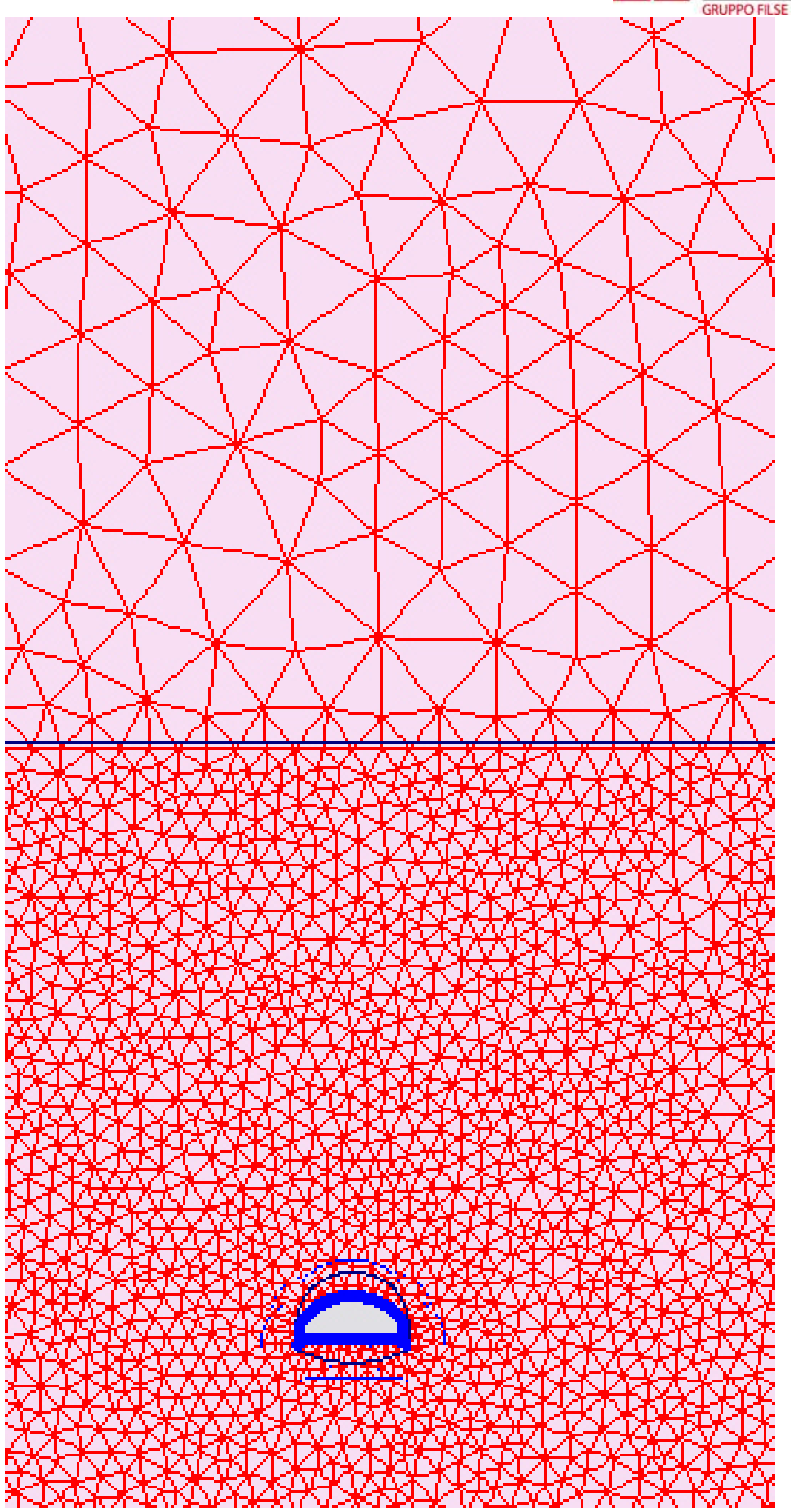


Figura 10.24 : Analisi A2_H150_T10 – Mesh deformata

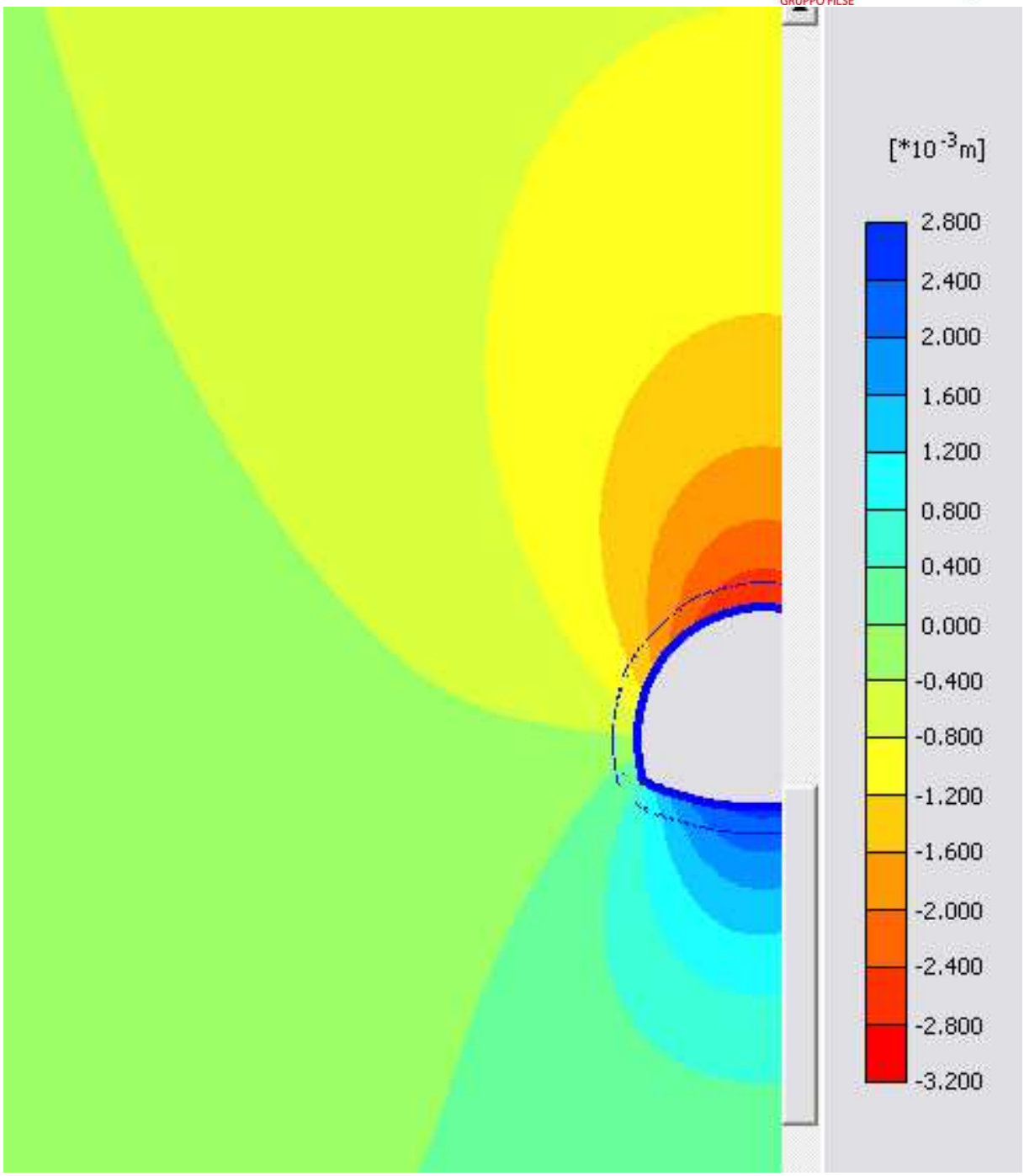


Figura 10.25: Analisi A2_H150_T10 – Curve di livello degli spostamenti verticali

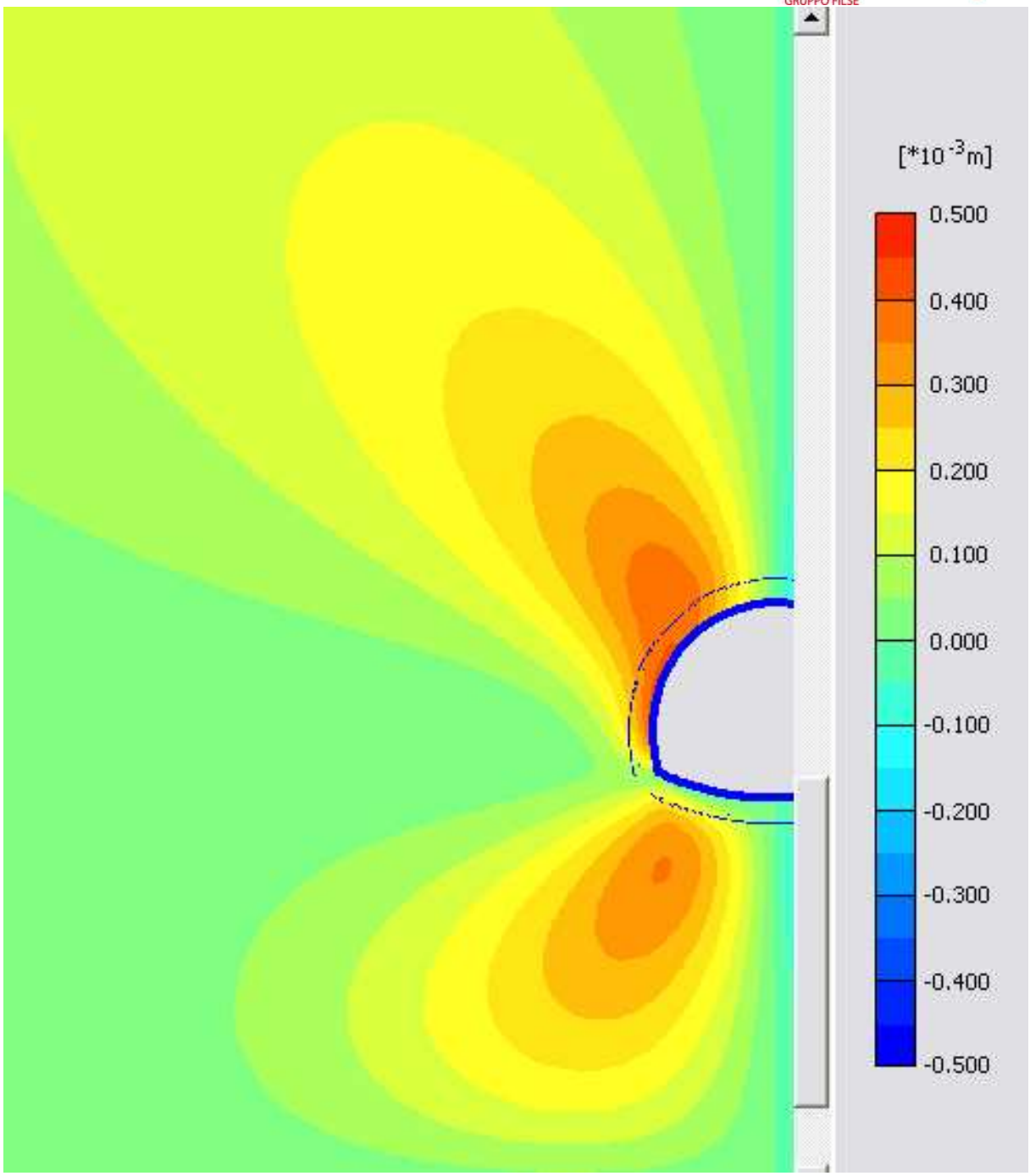


Figura 10.26 : Analisi A2_H150_T10 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

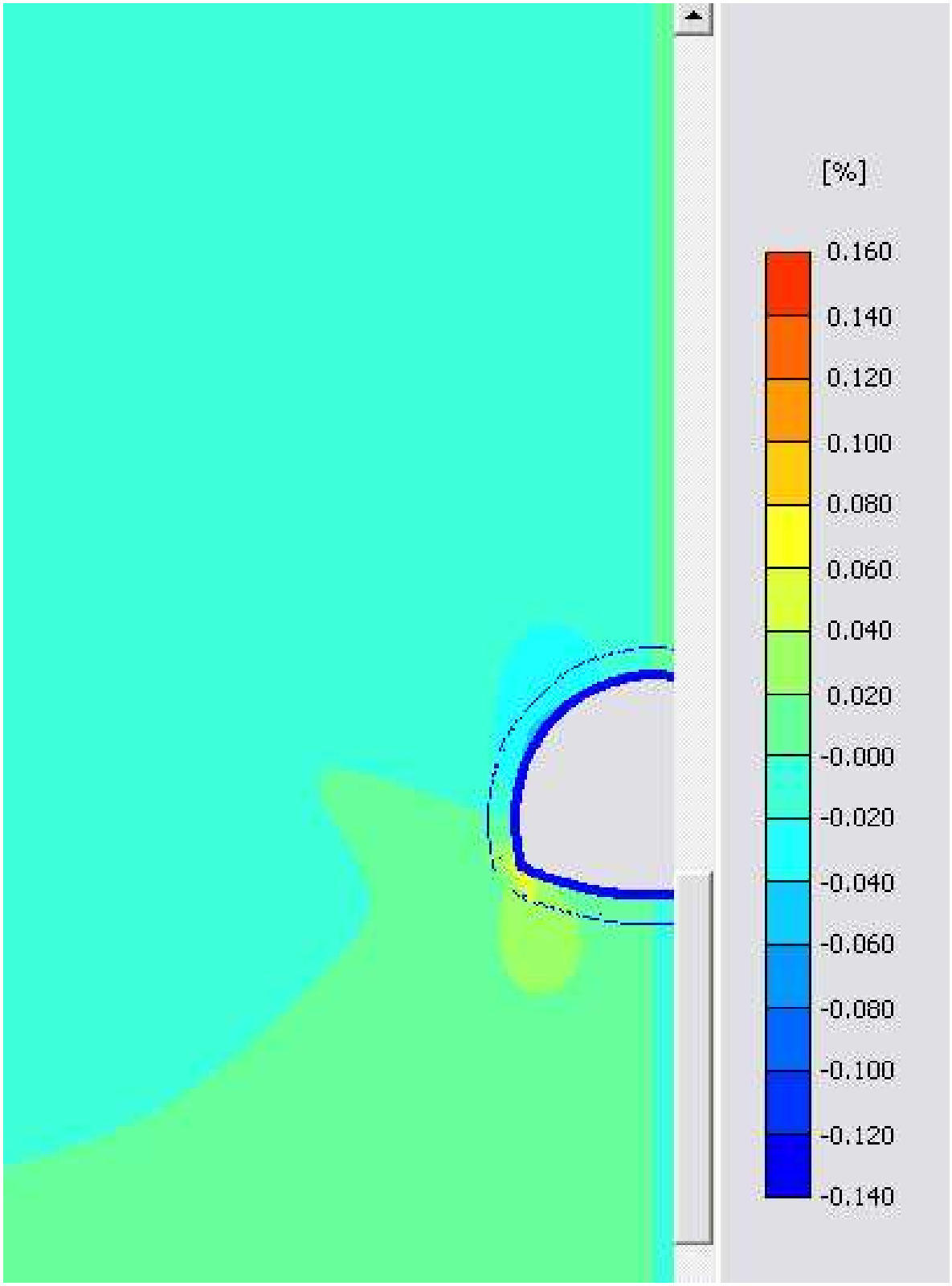


Figura 10.27 : Analisi A2_H150_T10 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

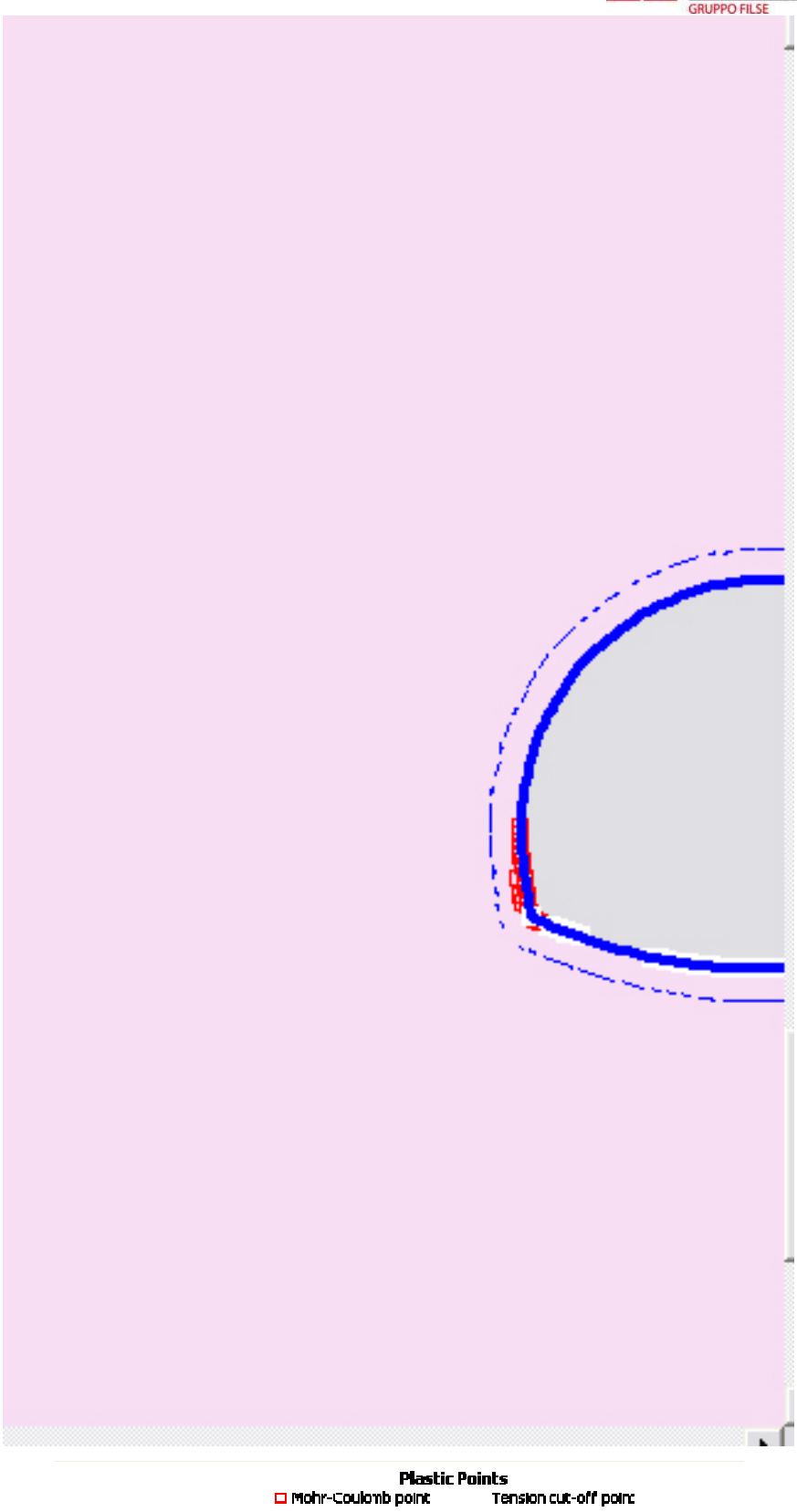


Figura 10.28 : Analisi A2_H150_T10 – Distribuzione delle zone plasticizzate

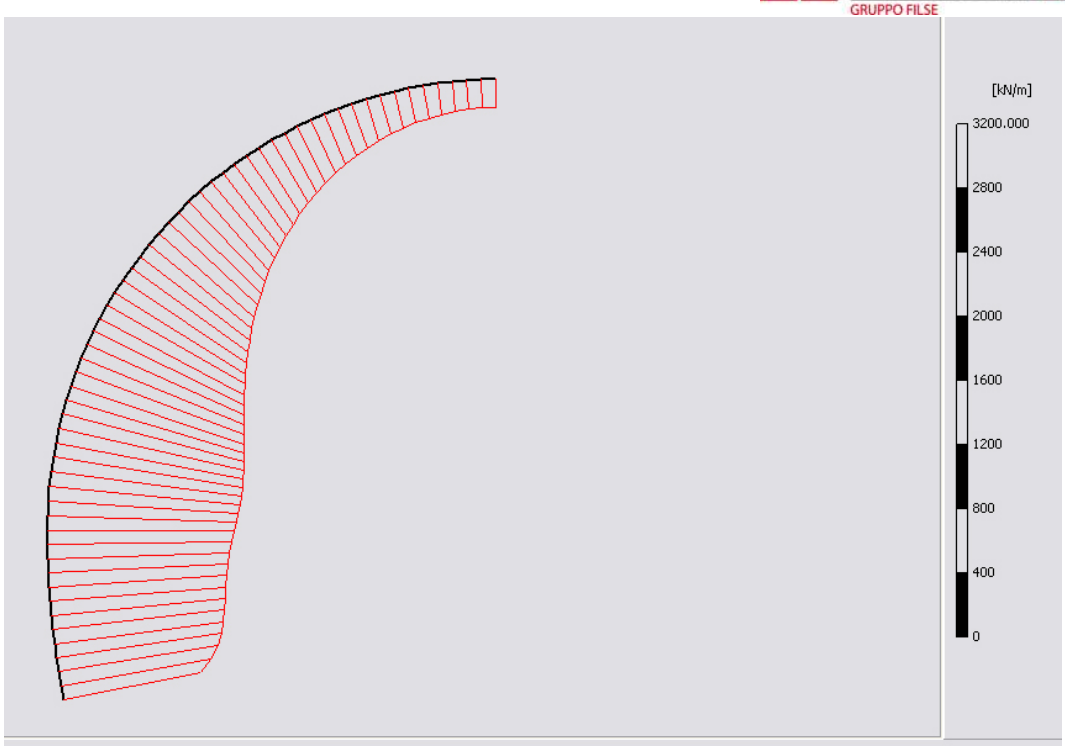


Figura 10.29 : Analisi A2_H150_T10 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento provvisorio, N_{max}= -1190 kN/m

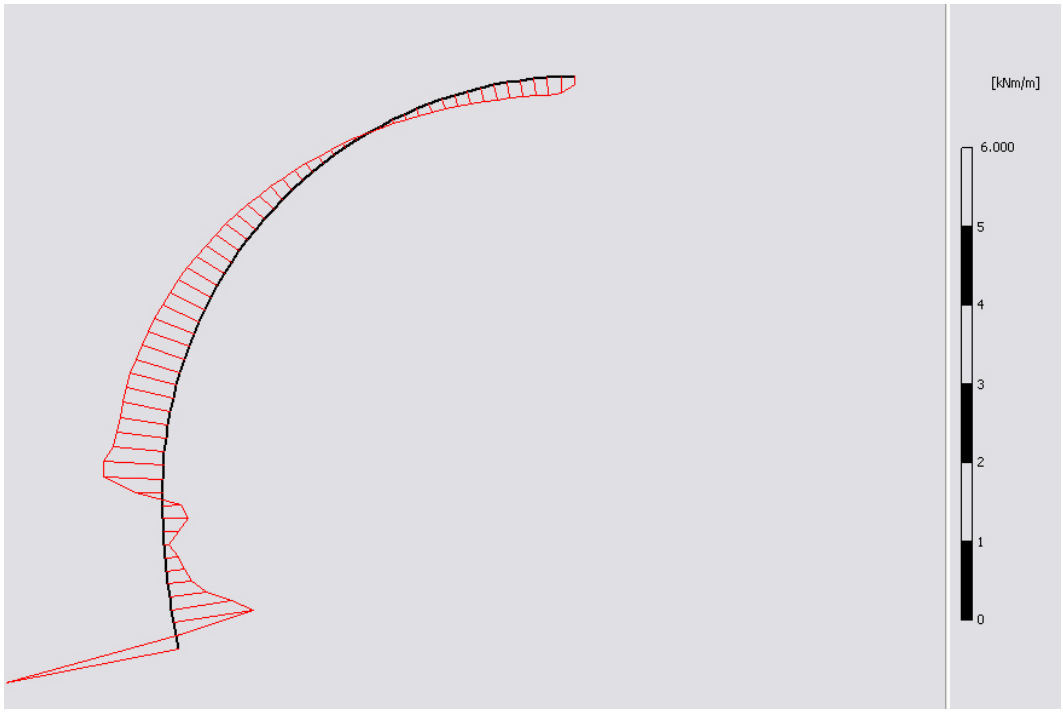


Figura 10.30 : Analisi A2_H150_T10 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento provvisorio, M_{max}= 2.2 kNm/m



Figura 10.31 : Analisi A2_H150_T10 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, T_{max}=16.7 kN/m

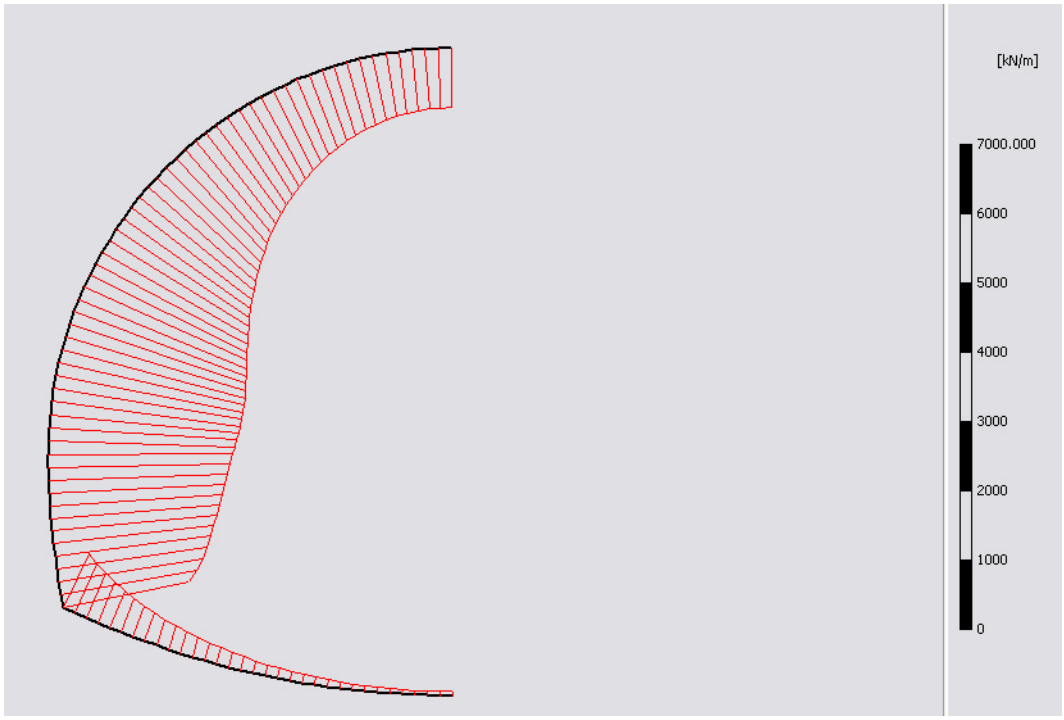


Figura 10.32 : Analisi A2_RD_H150_T10 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, N_{max}= --2753 kN/m^2

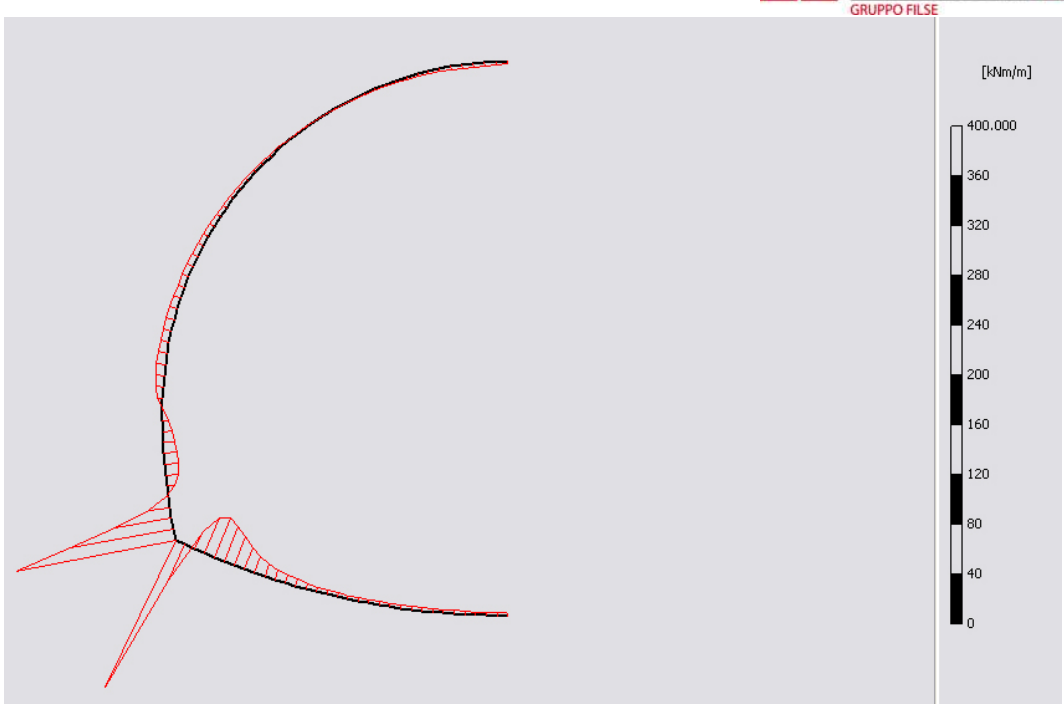


Figura 10.33 : Analisi A2_RD_H150_T10 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, M_{max}= 136 kNm/m

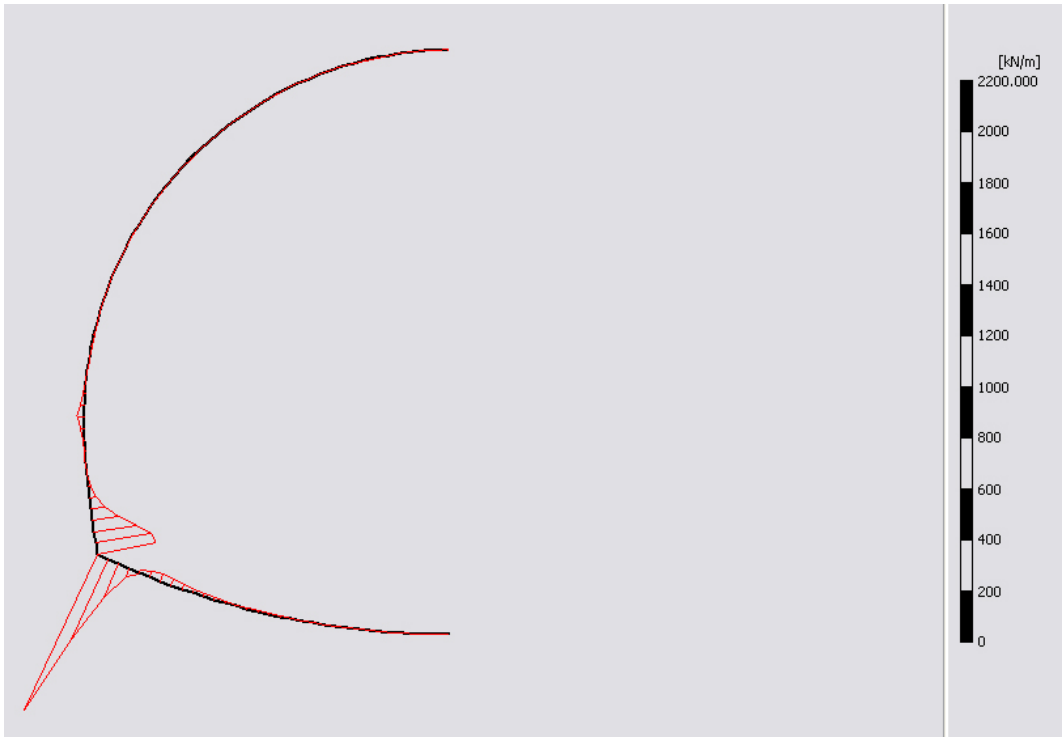


Figura 10.34 : Analisi A2_RD_H150_T10 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, T_{max}= 673 kN/m

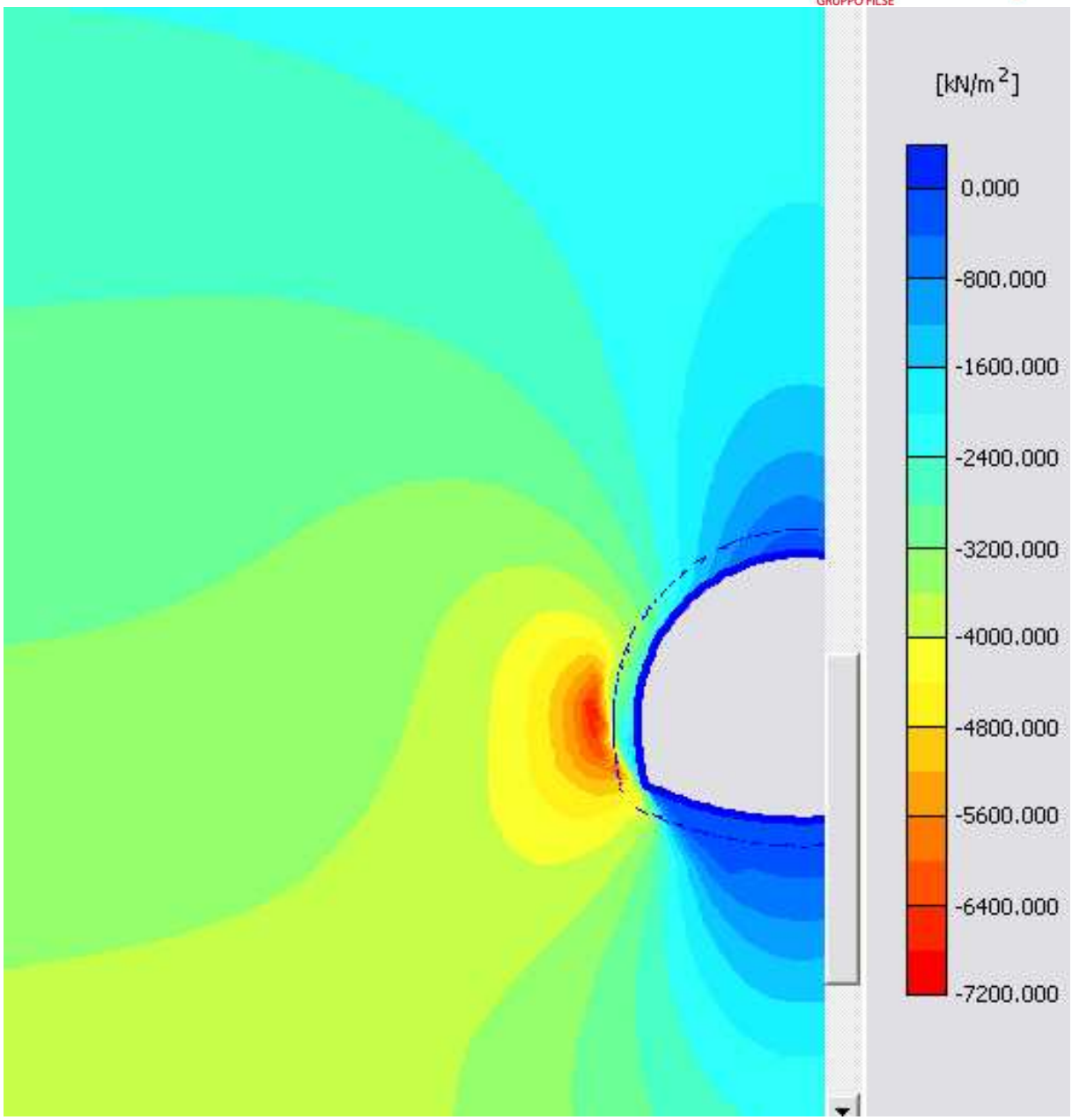


Figura 10.35 : Analisi B1_H110_T07 - Curve di livello delle tensioni verticali.

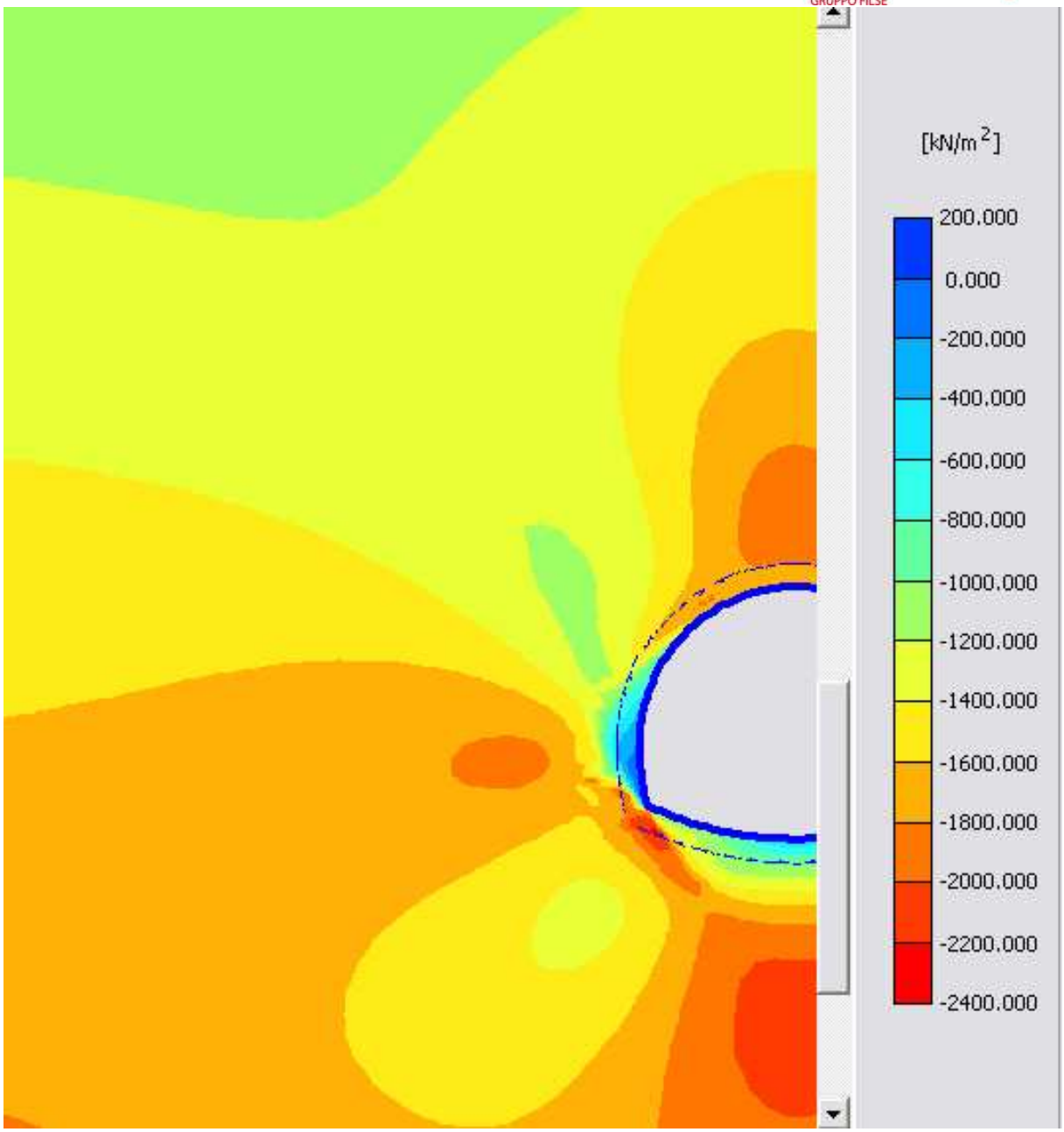


Figura 10.36 : Analisi B1_H110_T07 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

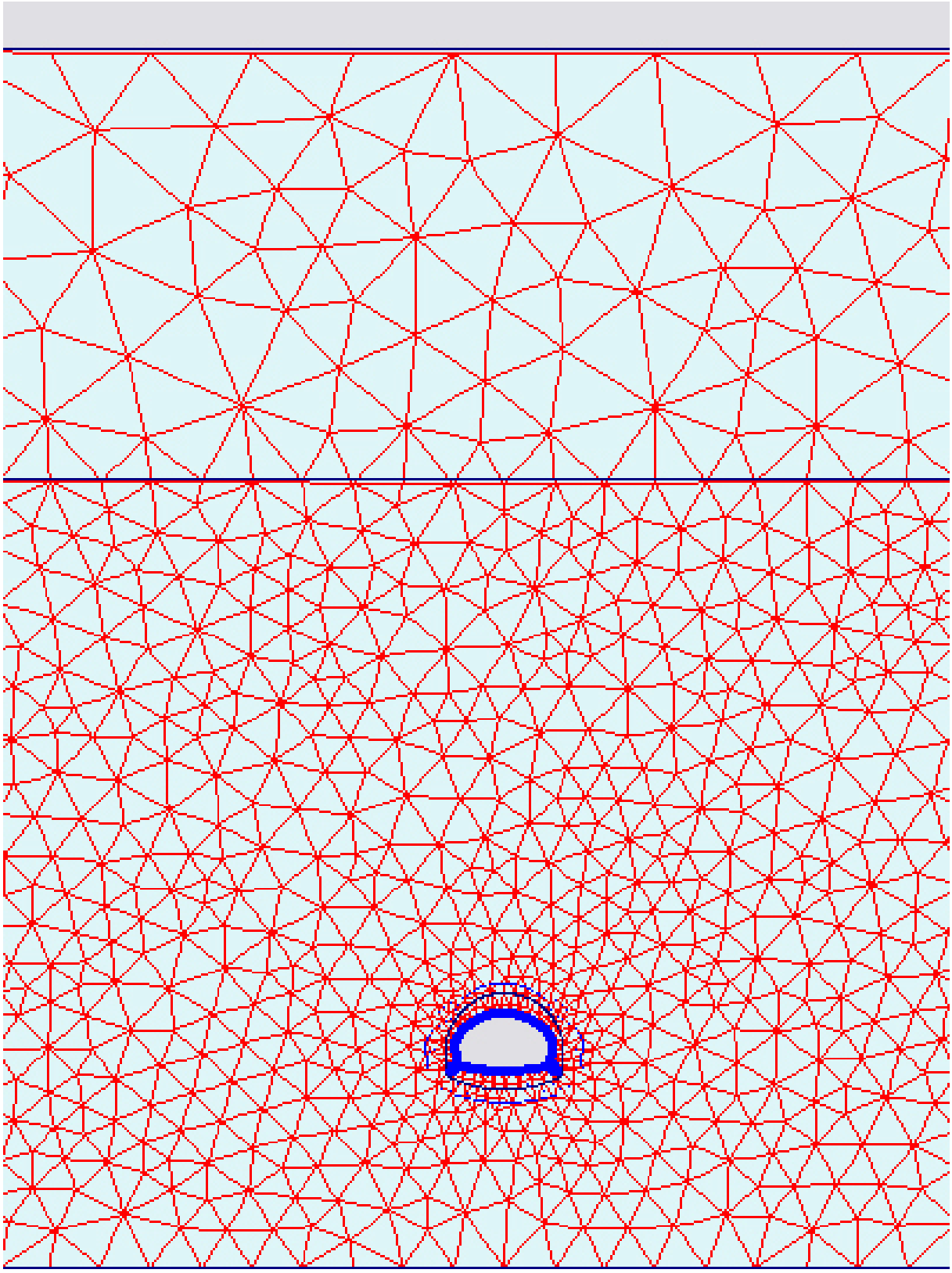


Figura 10.37 : Analisi B1_H110_T07 – Mesh deformata

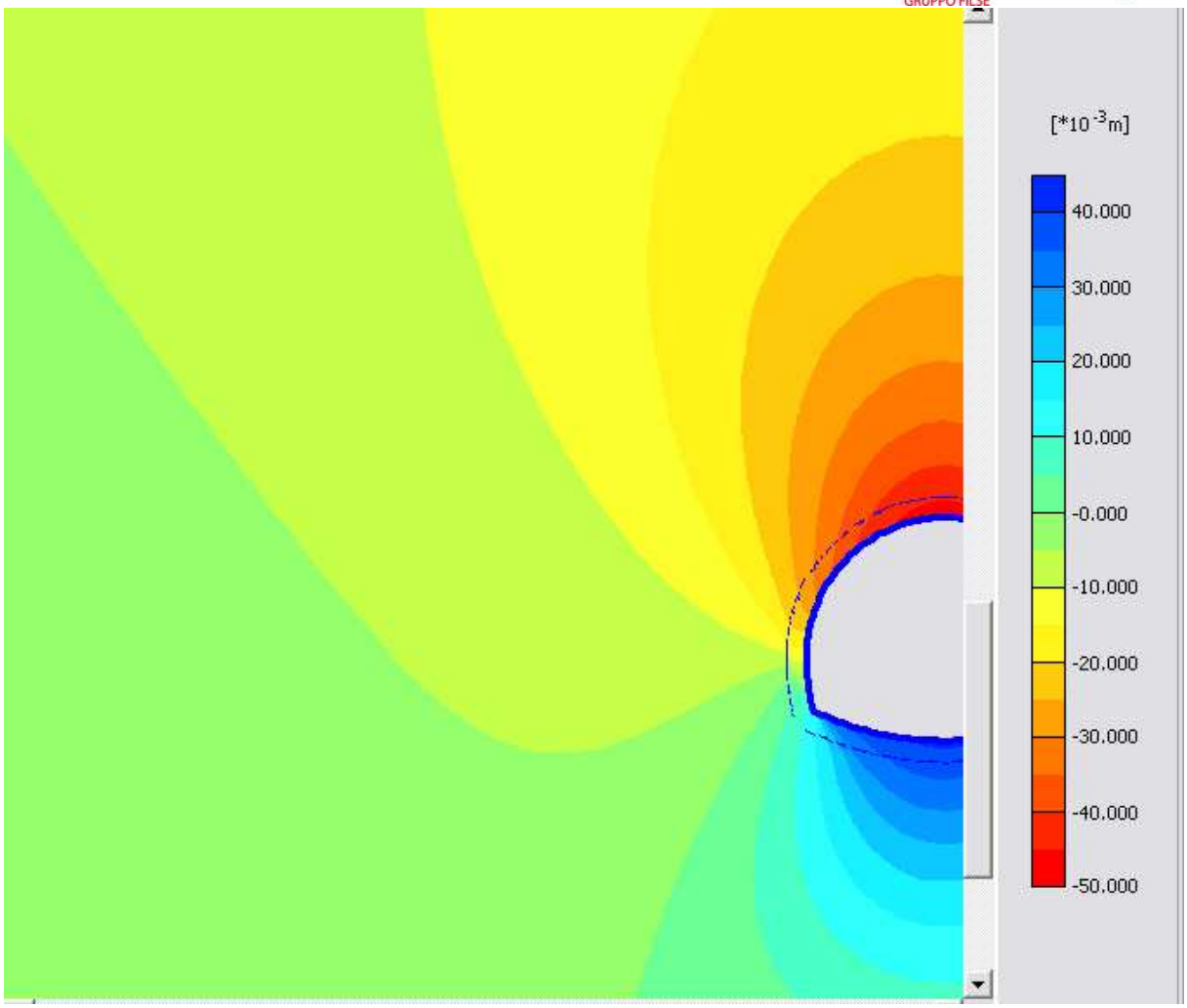


Figura 10.38: Analisi B1_H110_T07 – Curve di livello degli spostamenti verticali

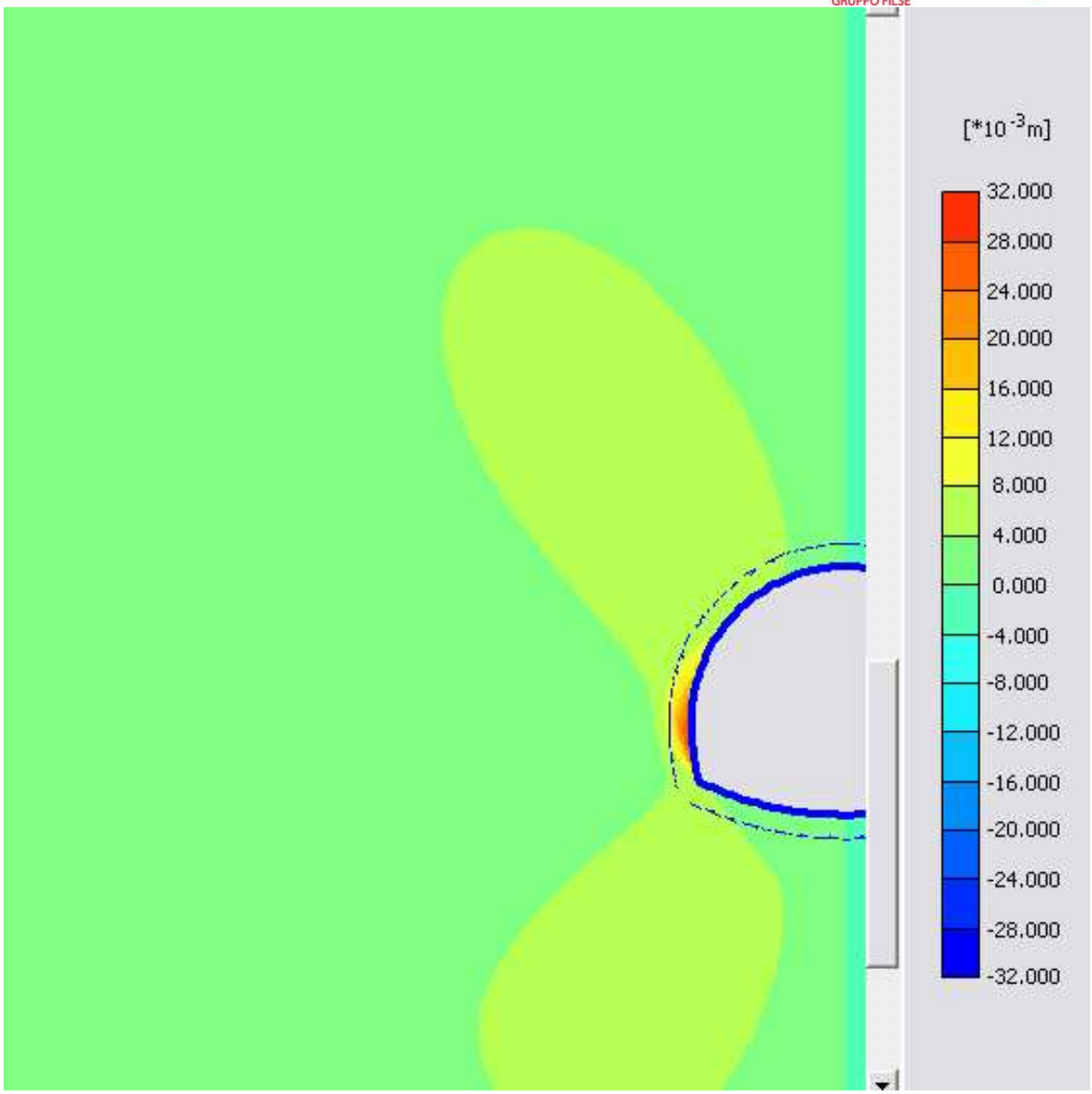


Figura 10.39 : Analisi B1_H110_T07 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

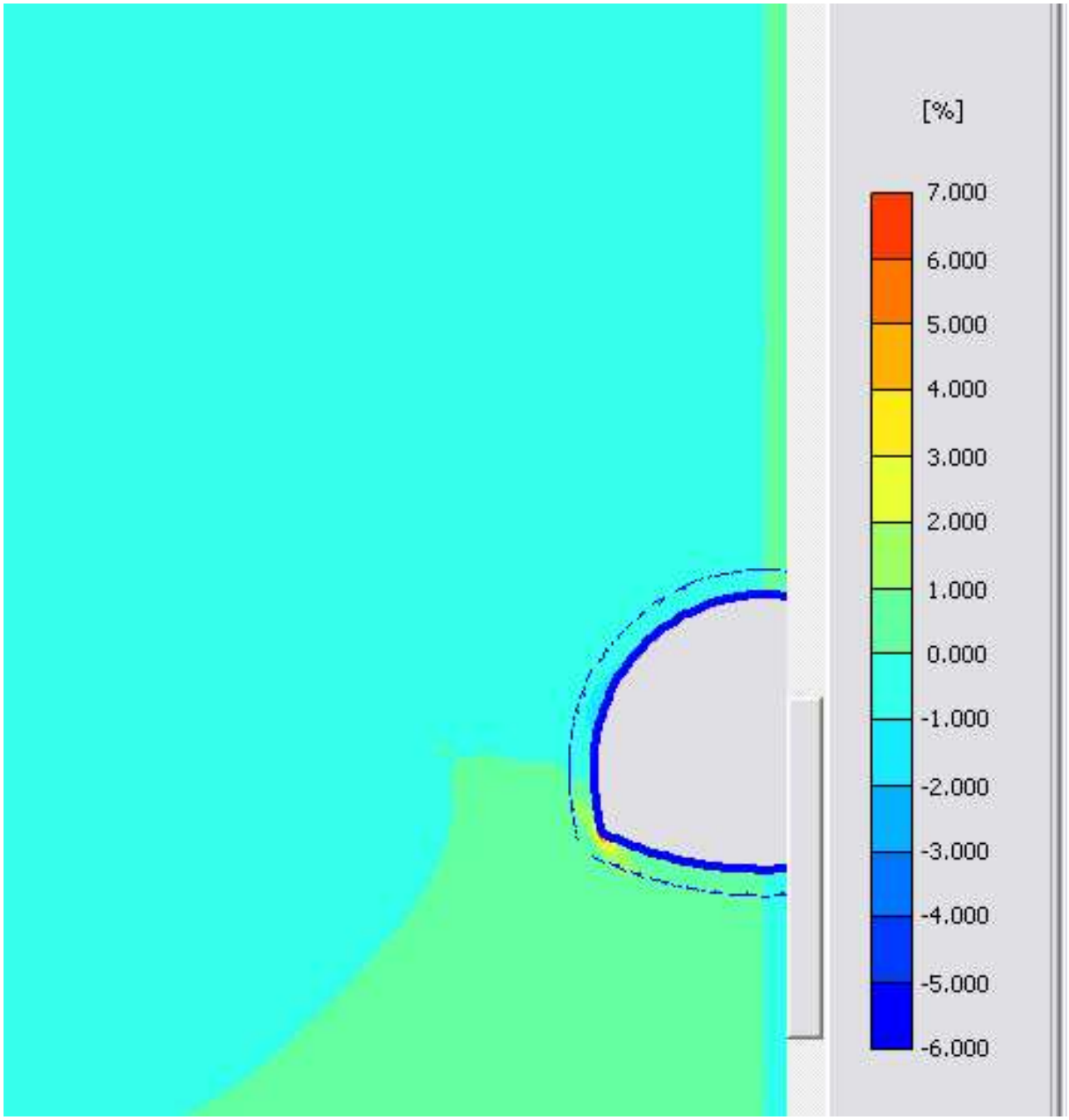


Figura 10.40 : Analisi B1_H110_T07 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

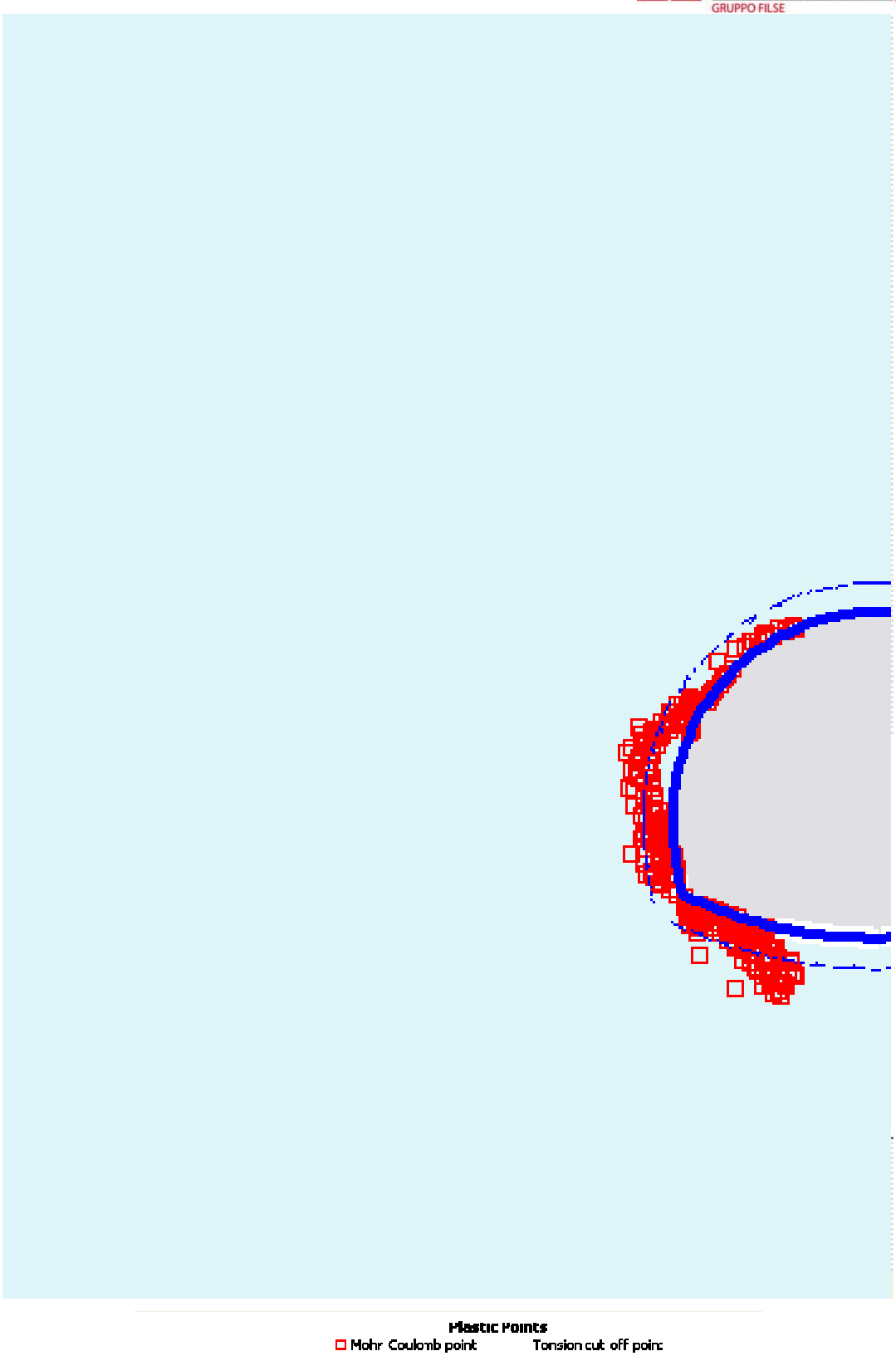


Figura 10.41 : B1_H110_T07 – Distribuzione delle zone plasticizzate

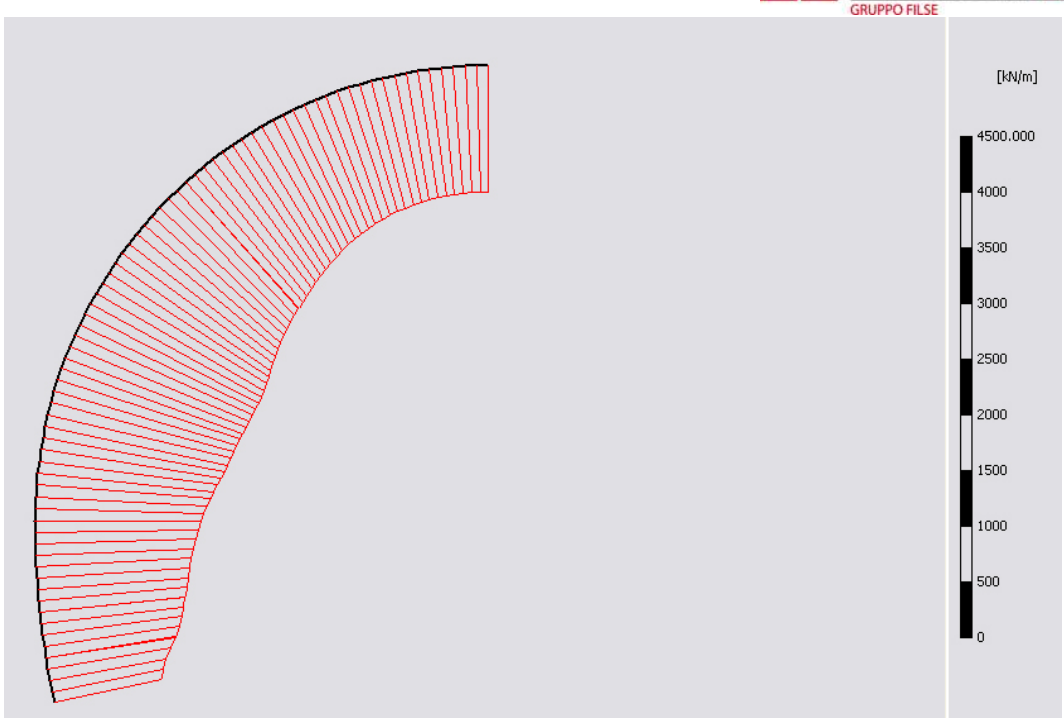


Figura 10.42 : Analisi B1_H110_T07 – Distribuzione dello sforzo normale provvisorio, N_{max}= -1770kN/m

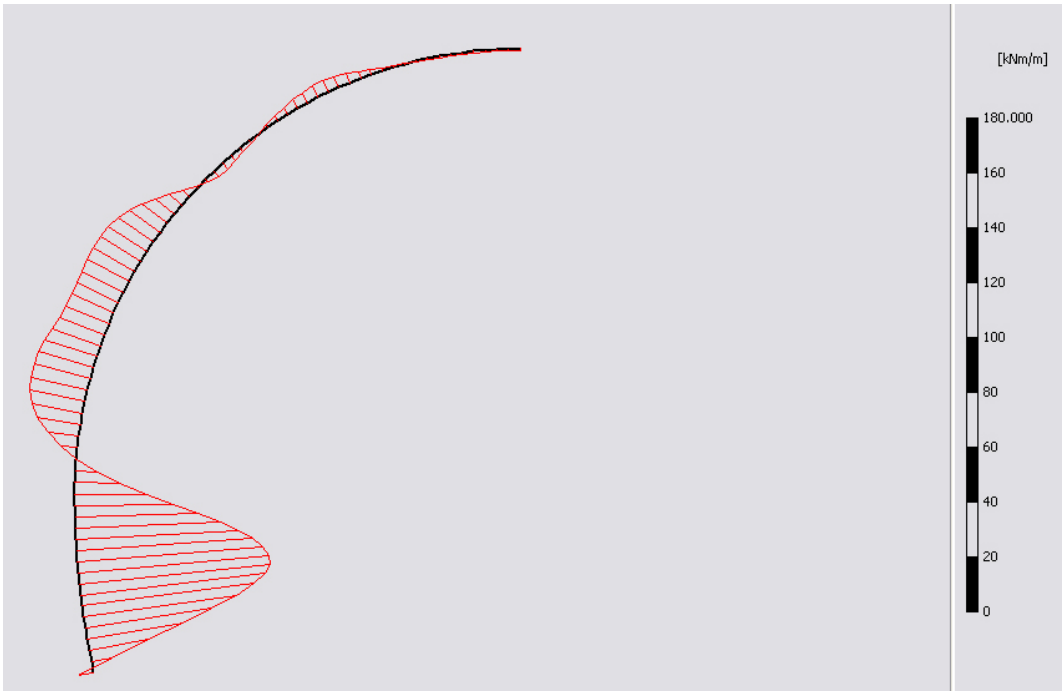


Figura 10.43 : Analisi B1_H110_T07 – Distribuzione del momento flettente provvisorio, M_{max}= 70 kNm/m

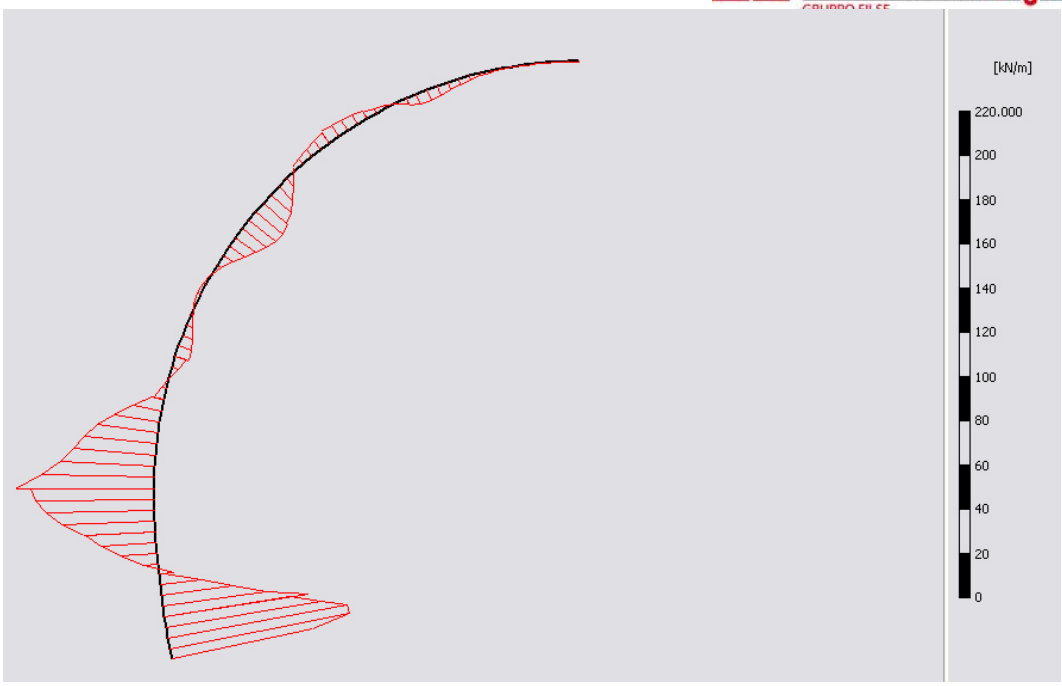


Figura 10.44 : Analisi B1_H110_T07 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, T_{max}= 82 kN/m

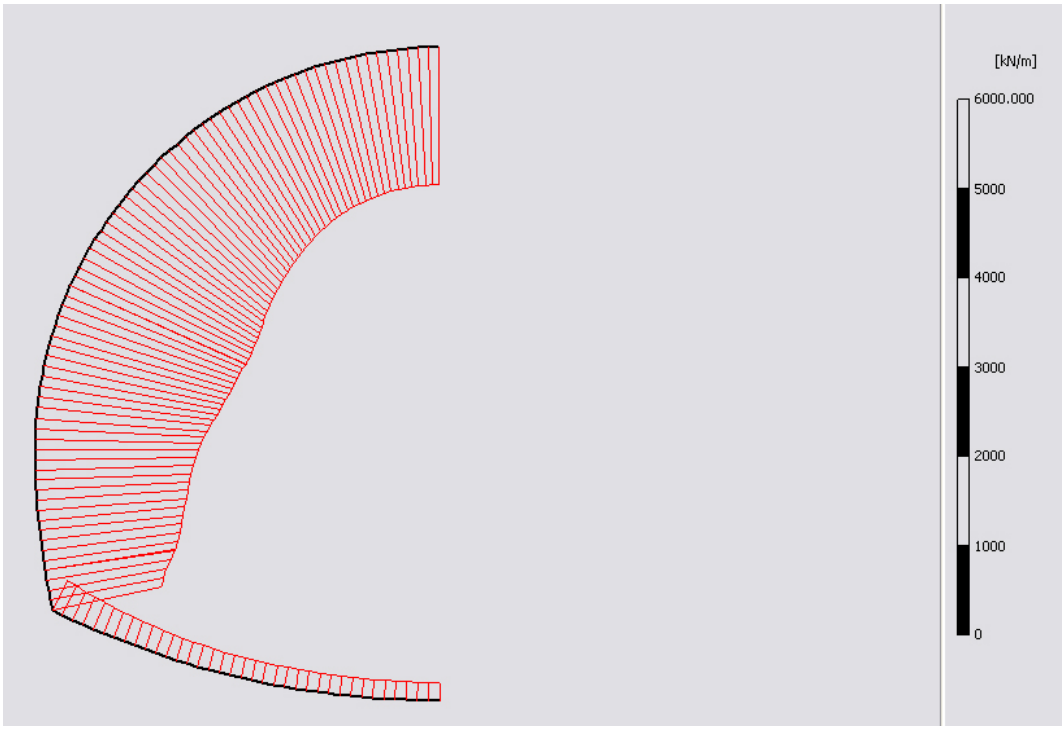


Figura 10.45 : Analisi B1_RD_H110_T07 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, N_{max}= -2148 kN/m



Figura 10.46 : Analisi B1_RD_H110_T07 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, M_{max}= 364kNm/m

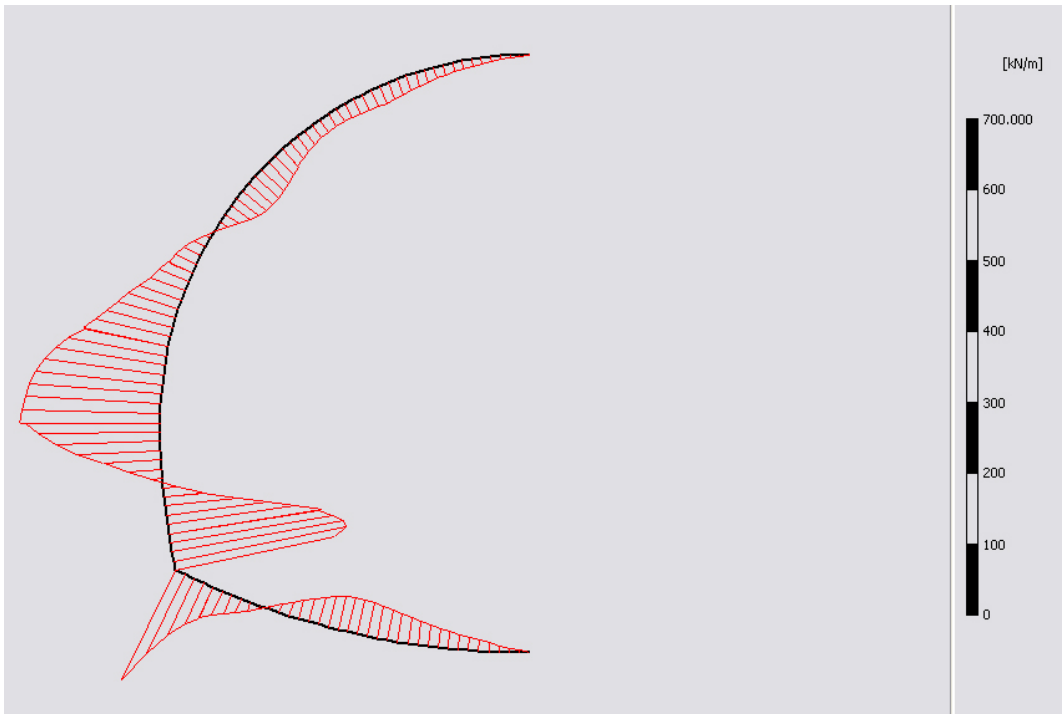


Figura 10.47 : Analisi B1_RD_H110_T07 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, T_{max}= 248 kN/m

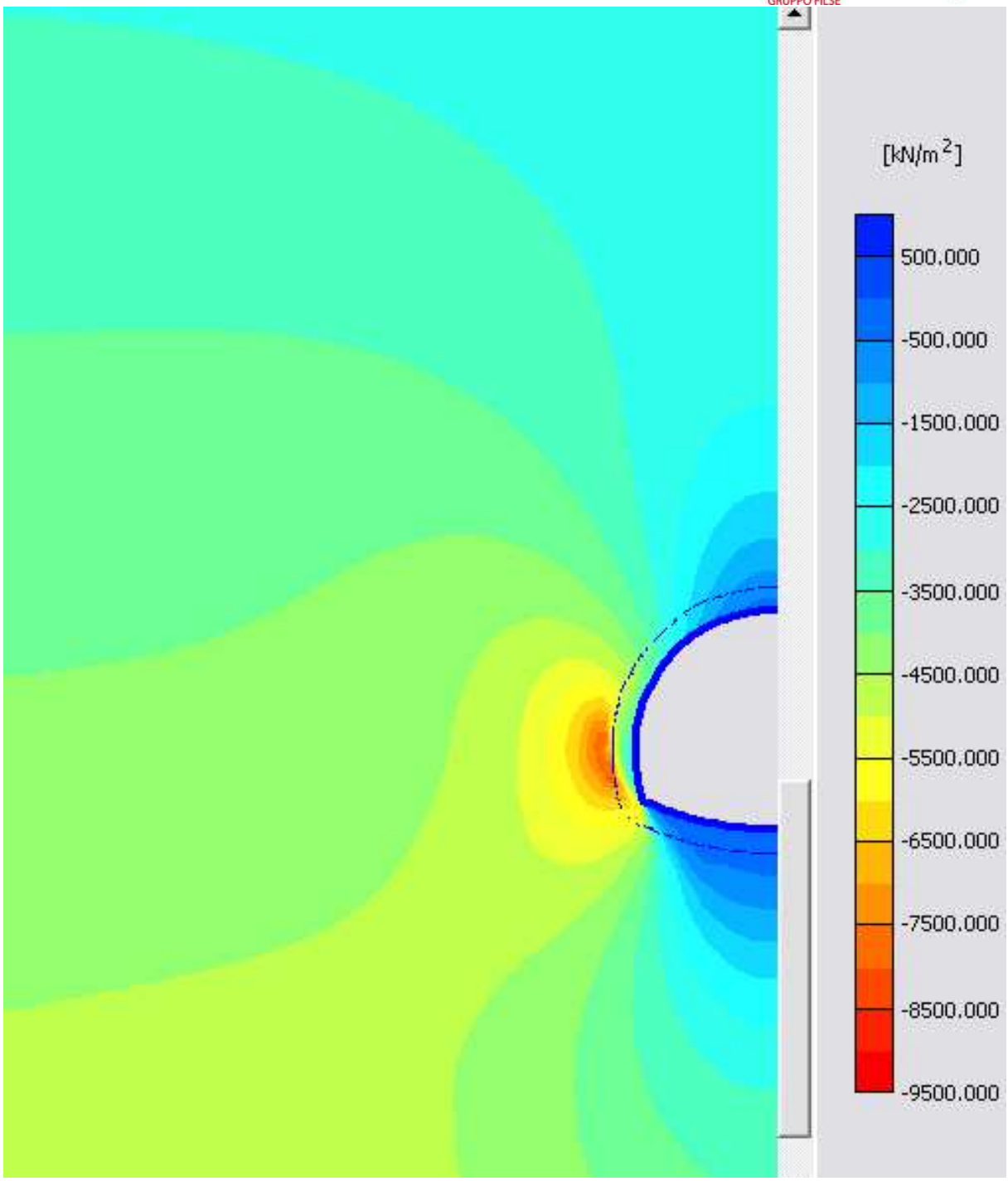


Figura 10.48 : Analisi B2_VTR_H140_T09 - Curve di livello delle tensioni verticali.

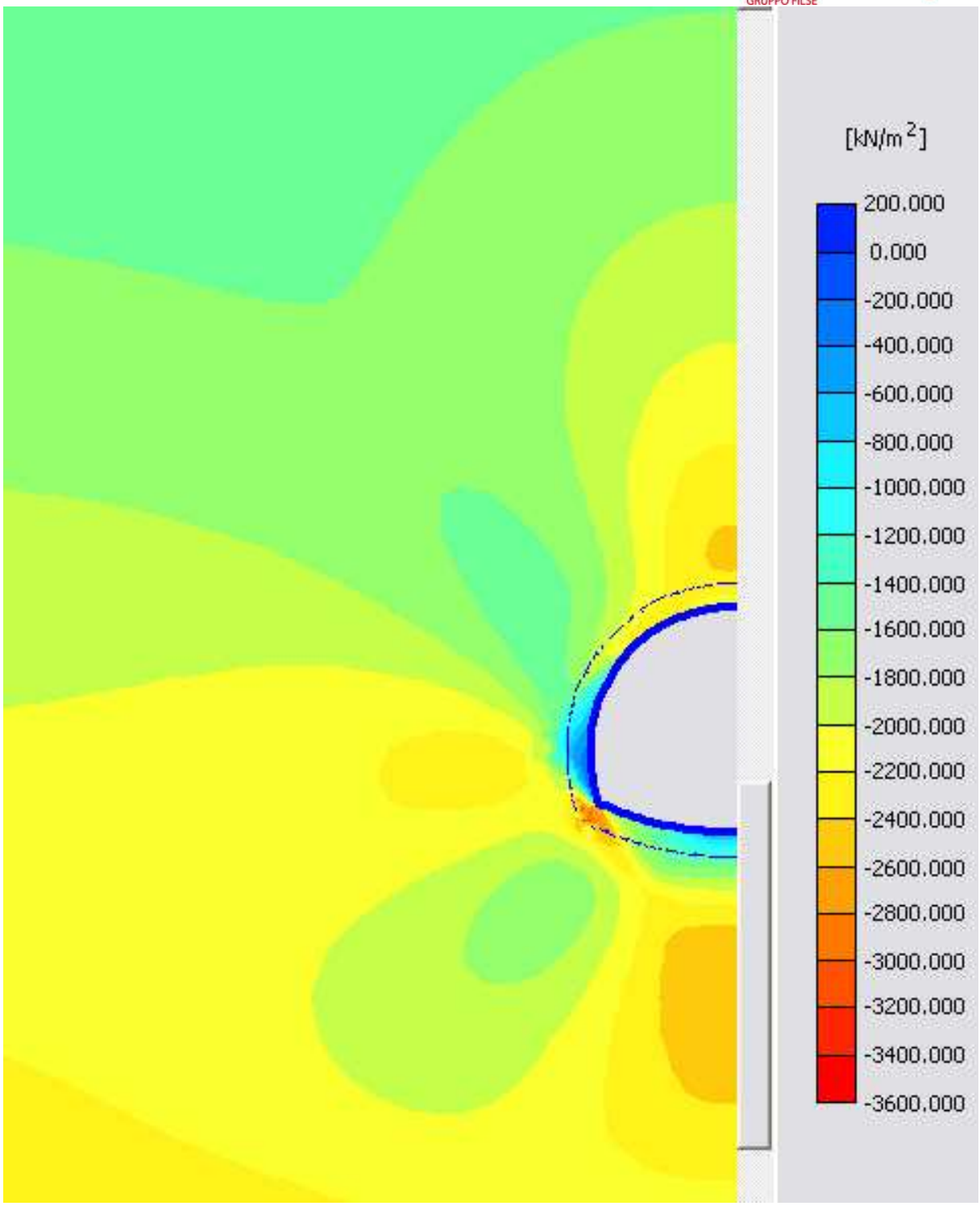


Figura 10.49: Analisi B2_VTR_H140_T09 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

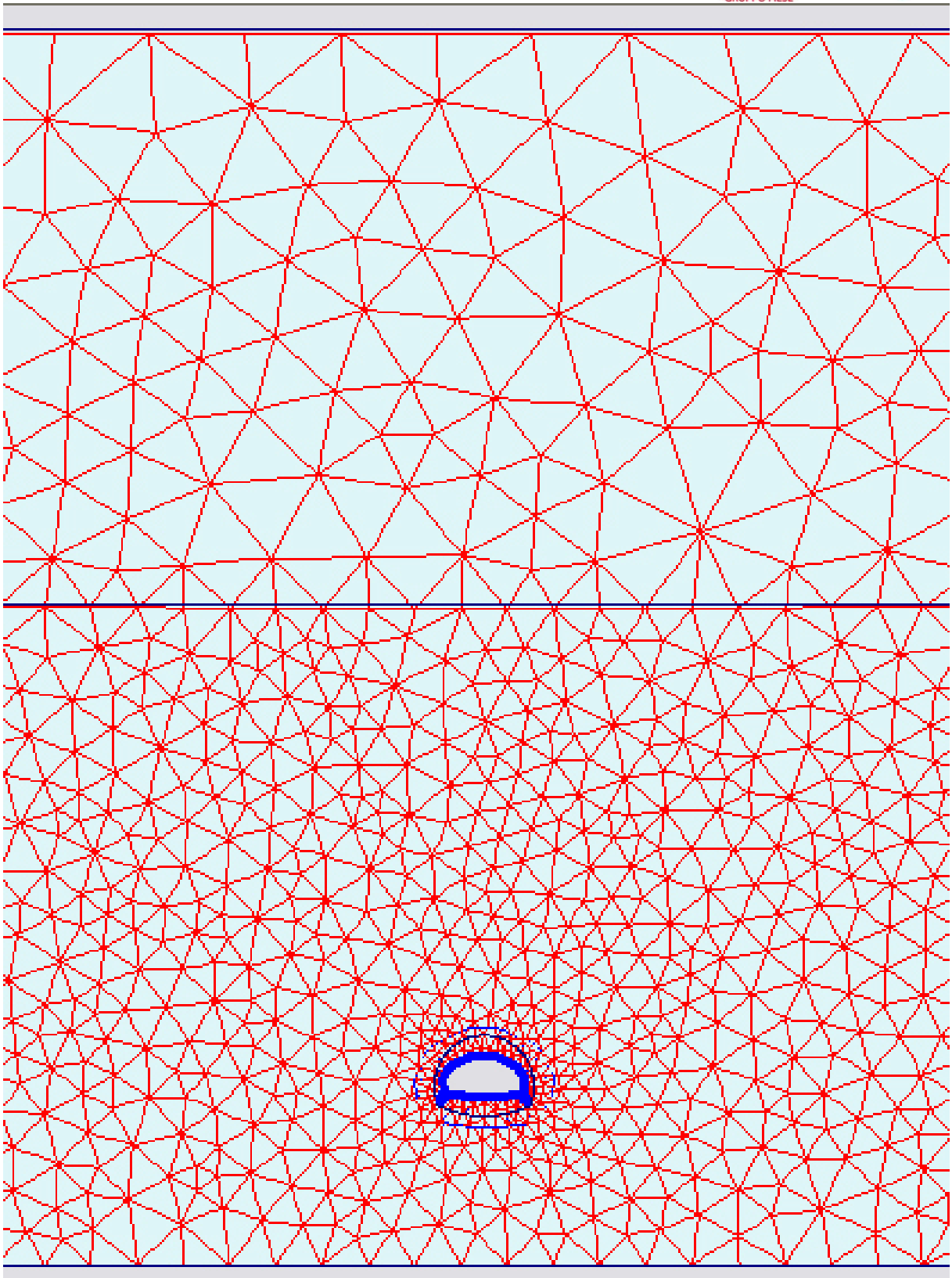


Figura 10.50 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Mesh deformata

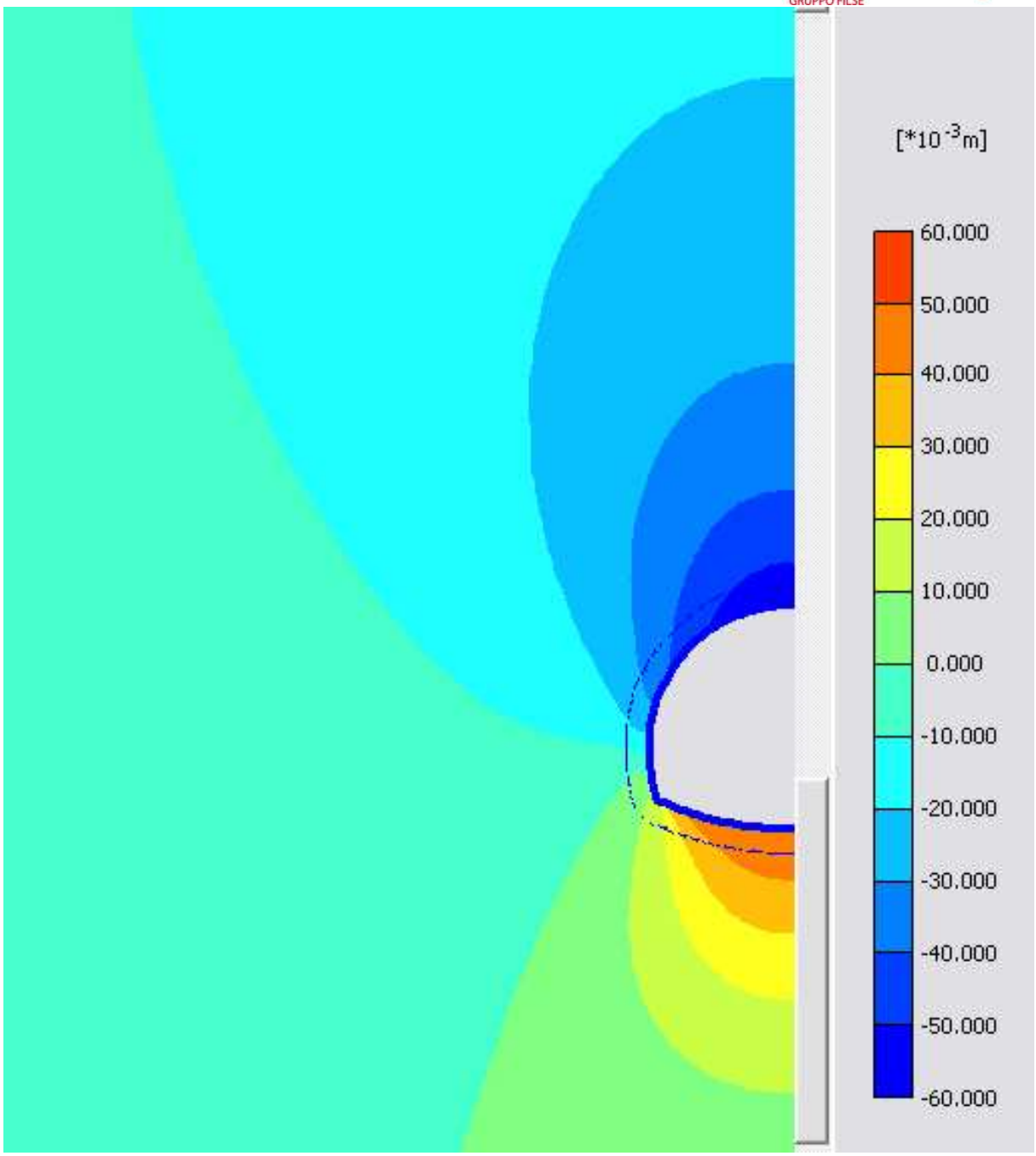


Figura 10.51 Analisi B2_VTR_H140_T09 – Curve di livello degli spostamenti verticali

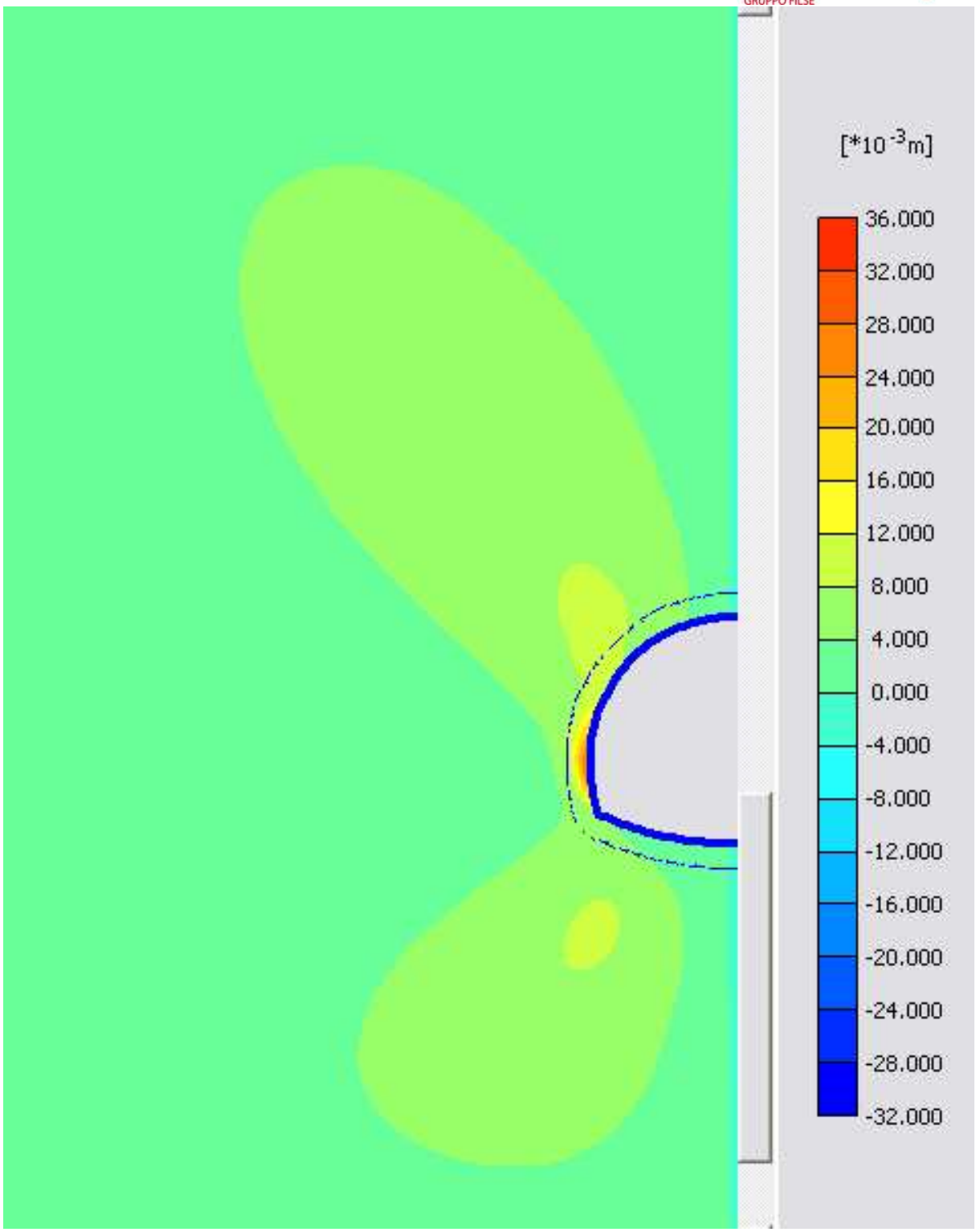


Figura 10.52 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

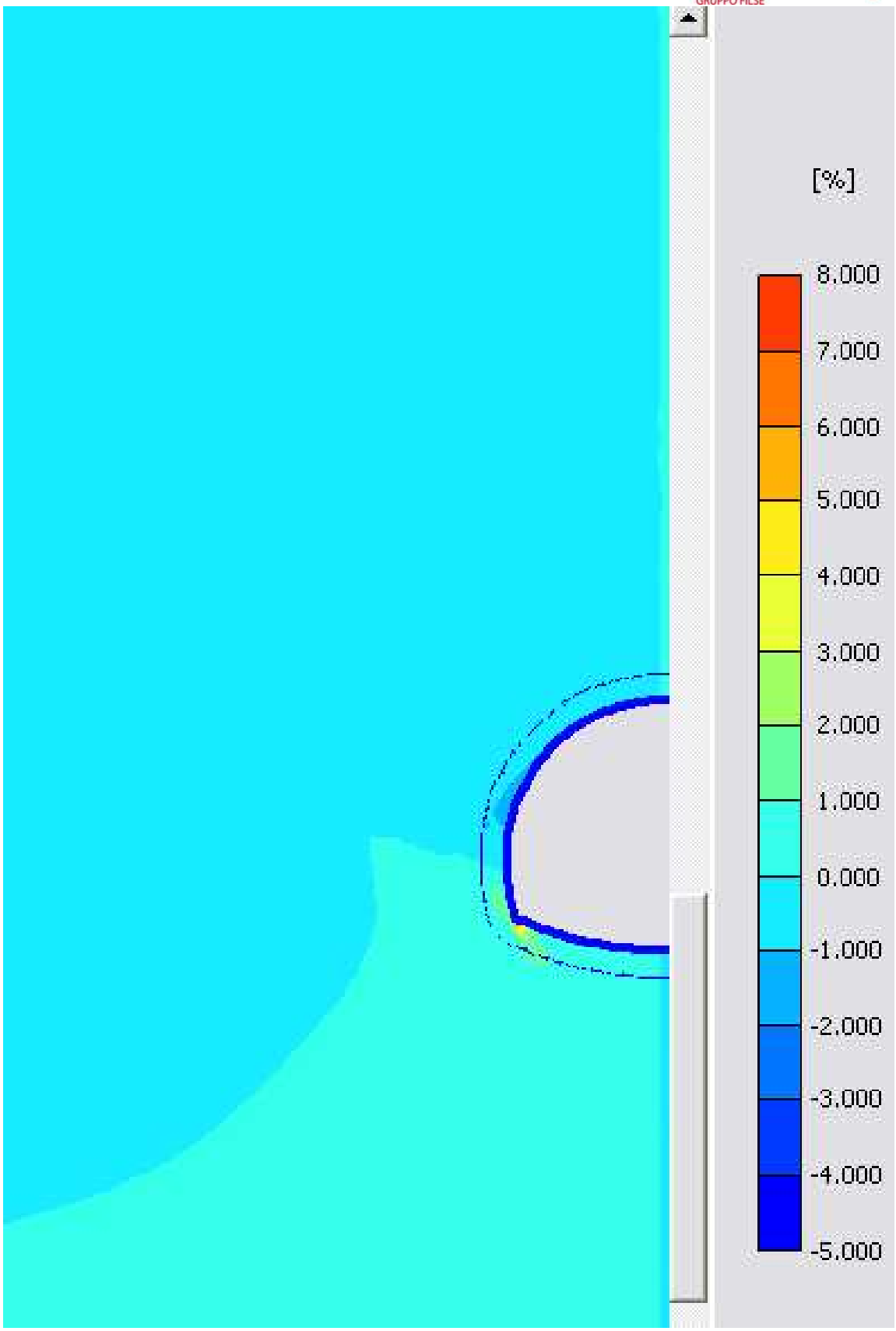

[%]
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
0.000
-1.000
-2.000
-3.000
-4.000
-5.000

Figura 10.53 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

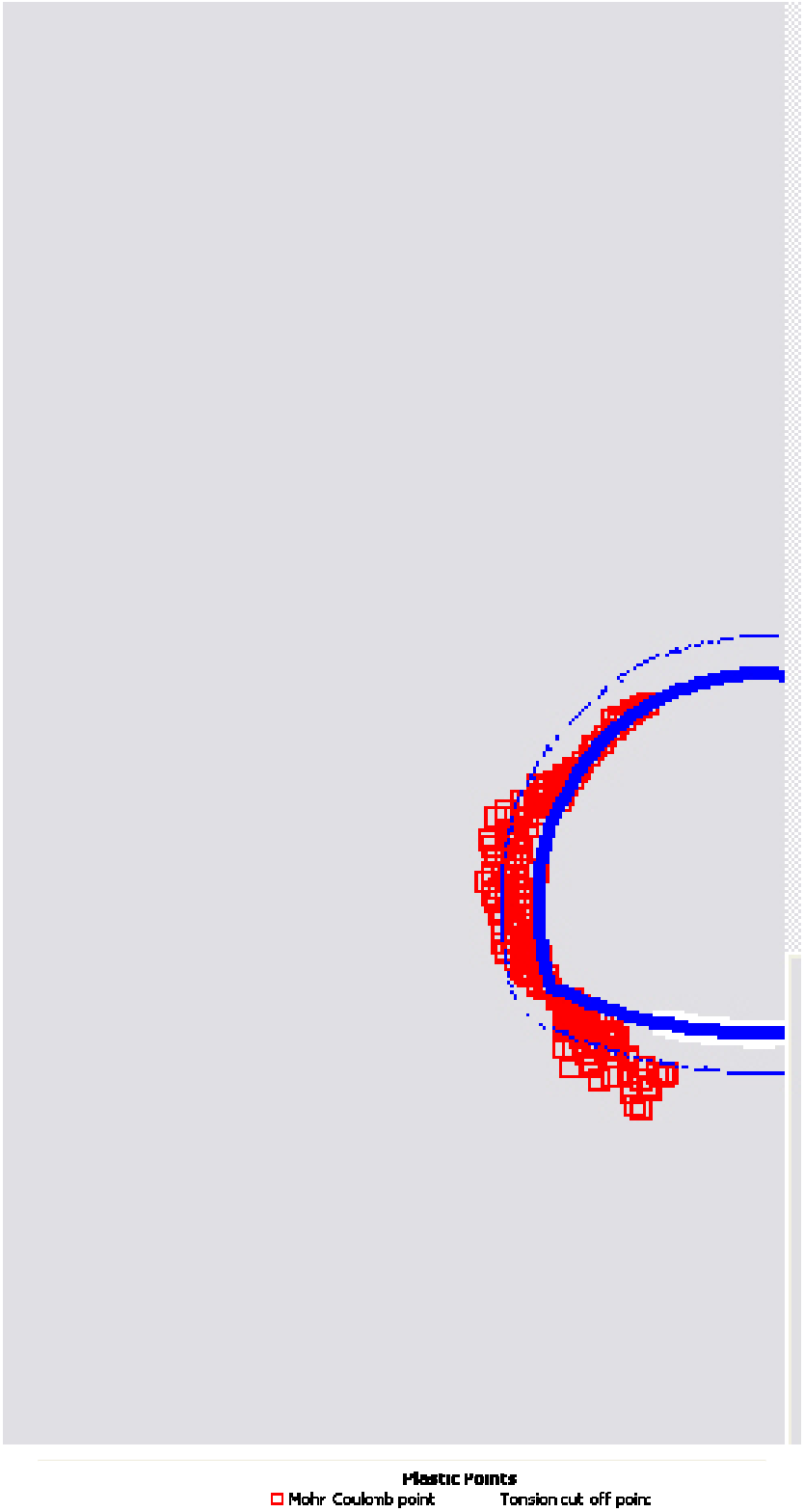


Figura 10.54: Analisi B2_VTR_H140_T09 – Distribuzione delle zone plasticizzate

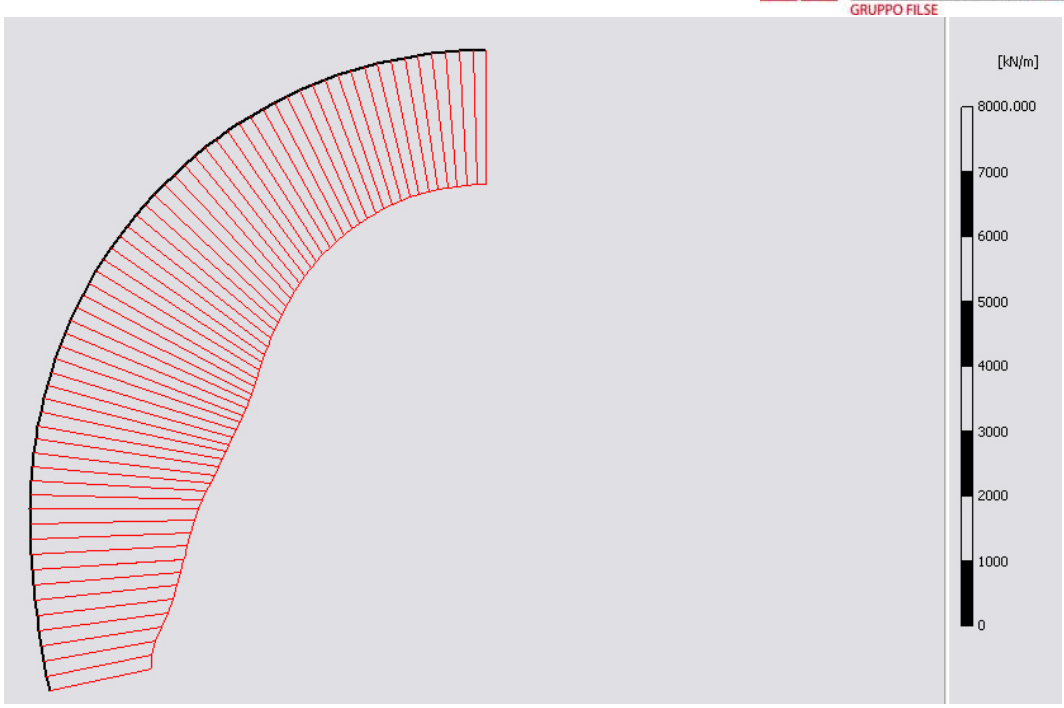


Figura 10.55 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Distribuzione dello sforzo normale provvisorio, N_{max}=-3068 kN/m

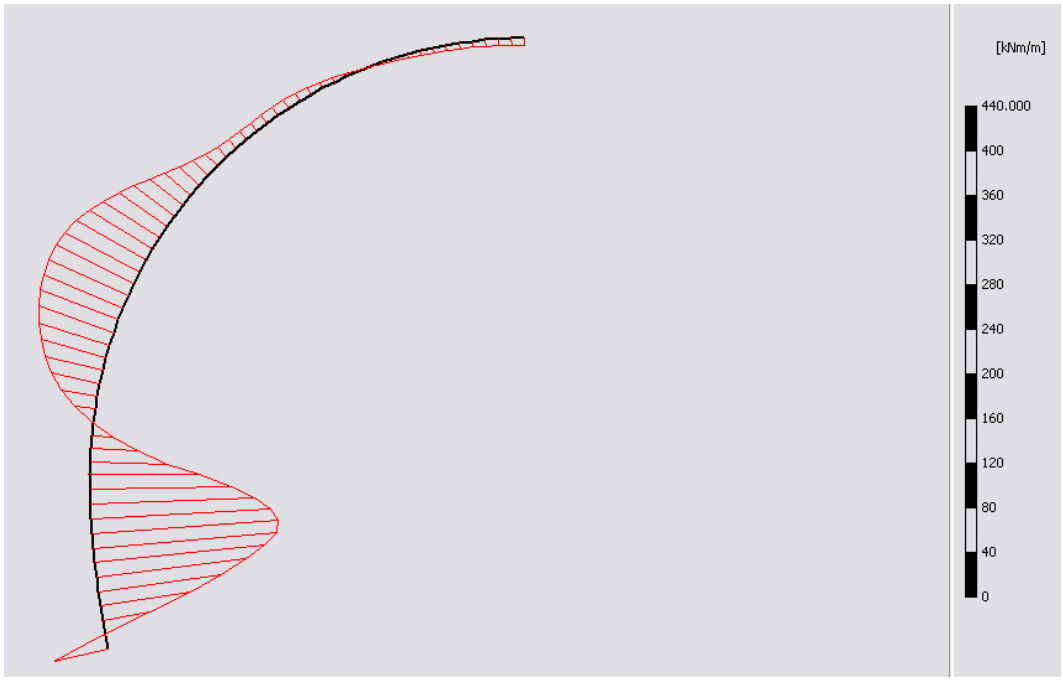


Figura 10.56 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Distribuzione del momento flettente provvisorio, M_{max}= 168 kNm/m

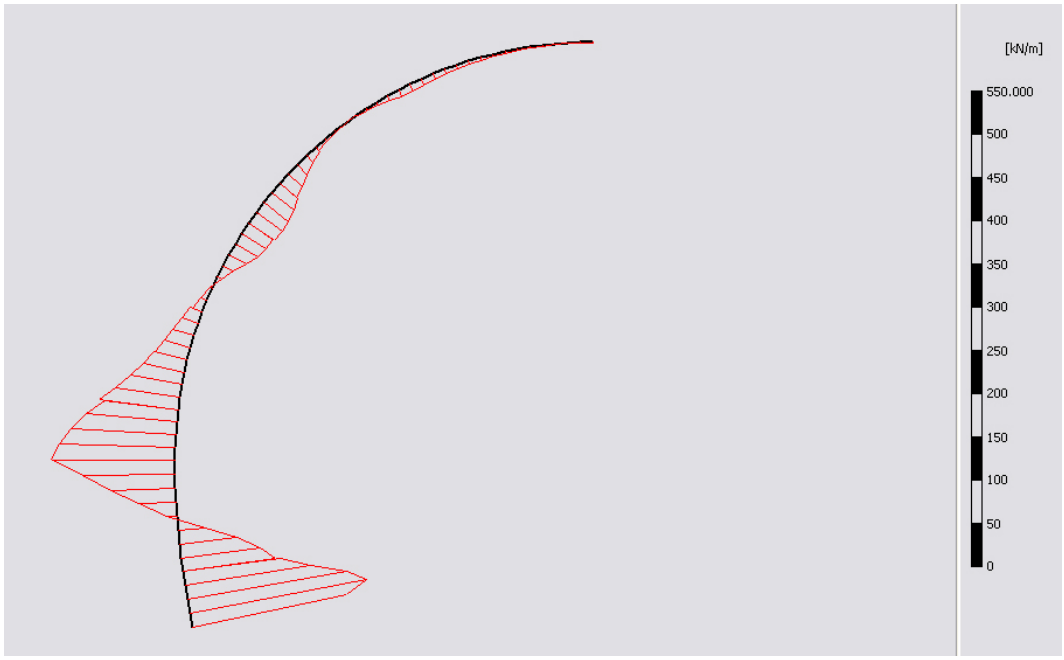


Figura 10.57 : Analisi B2_VTR_H140_T09 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, T_{max}= 209 kN/m

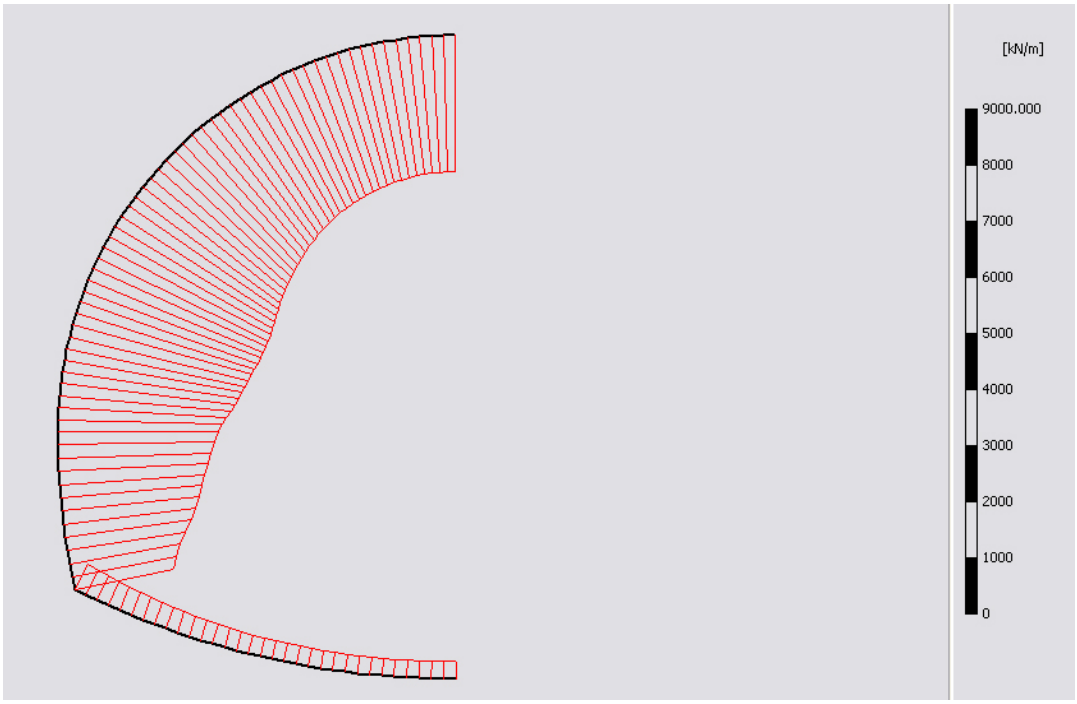


Figura 10.58 : Analisi B2_VTR_RD_H140_T09 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, N_{max}= -3436 kN/m

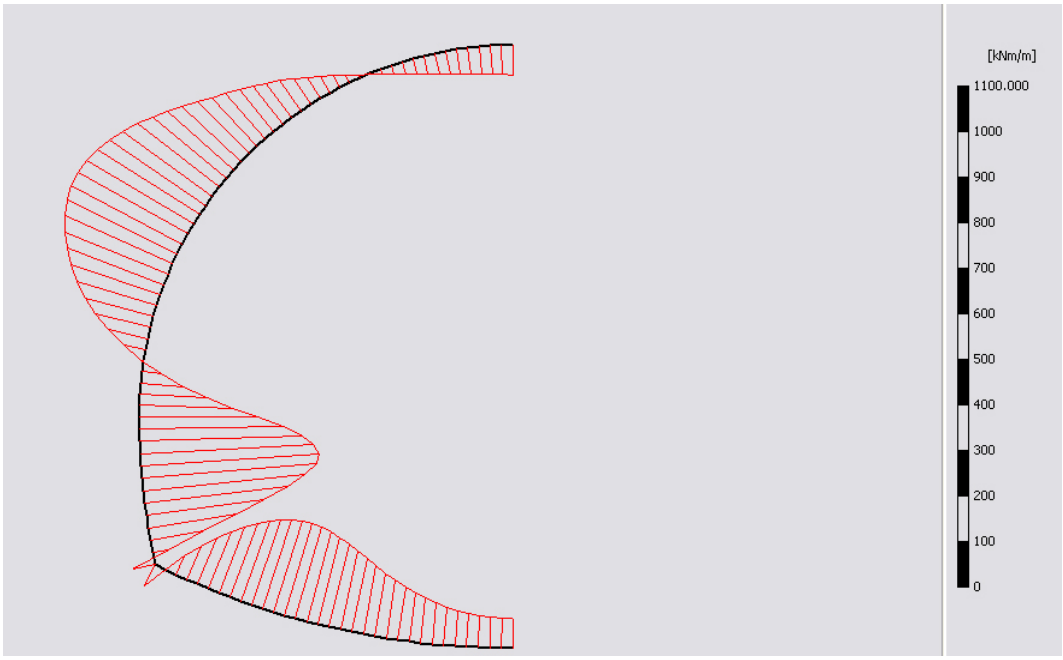


Figura 10.59 : Analisi B2_VTR_RD_H140_T09 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, M_{max}= 391 kNm/m

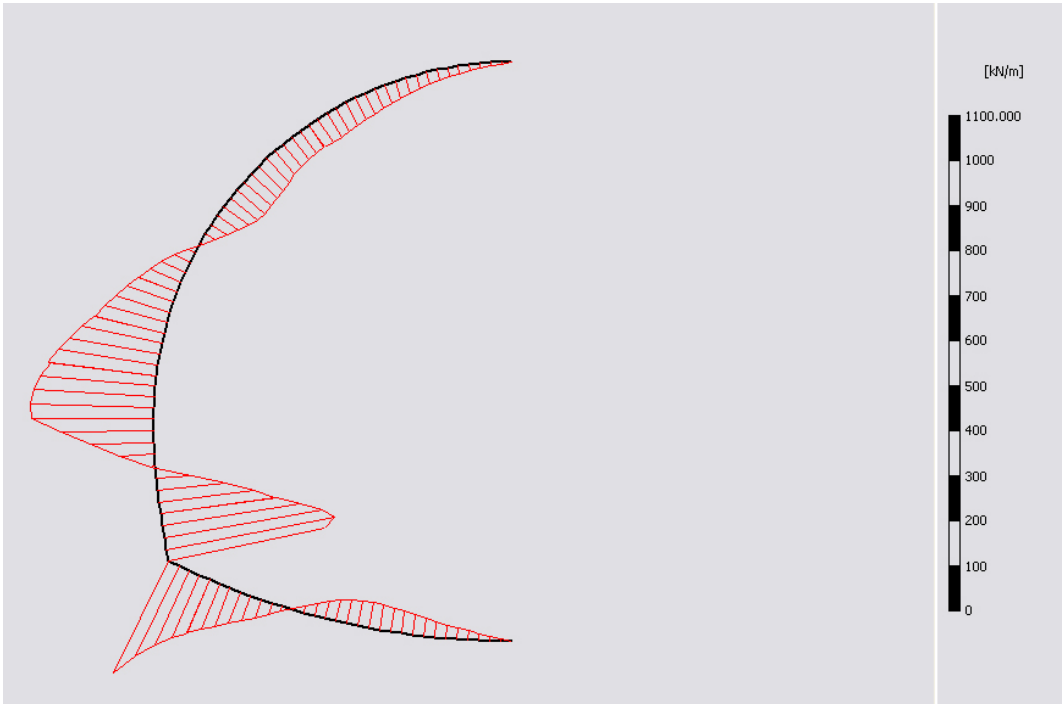


Figura 10.60 : Analisi B2_VTR_RD_H140_T09 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, T_{max}= 375kN/m

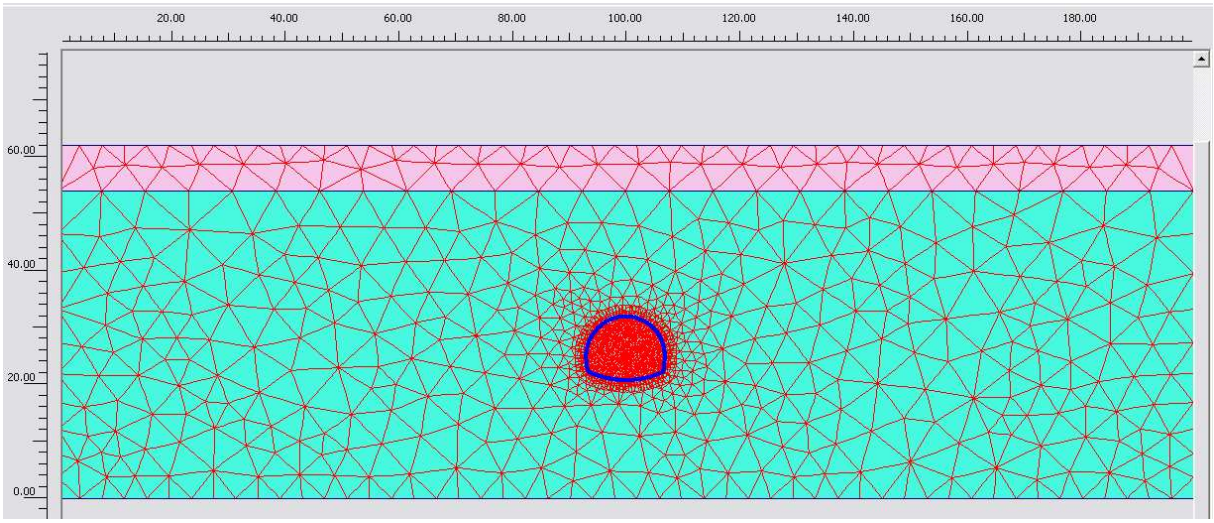


Figura 10.61: Analisi B1_VTR_H30_T01 – Modello agli elementi finiti- imbocco lato Noli

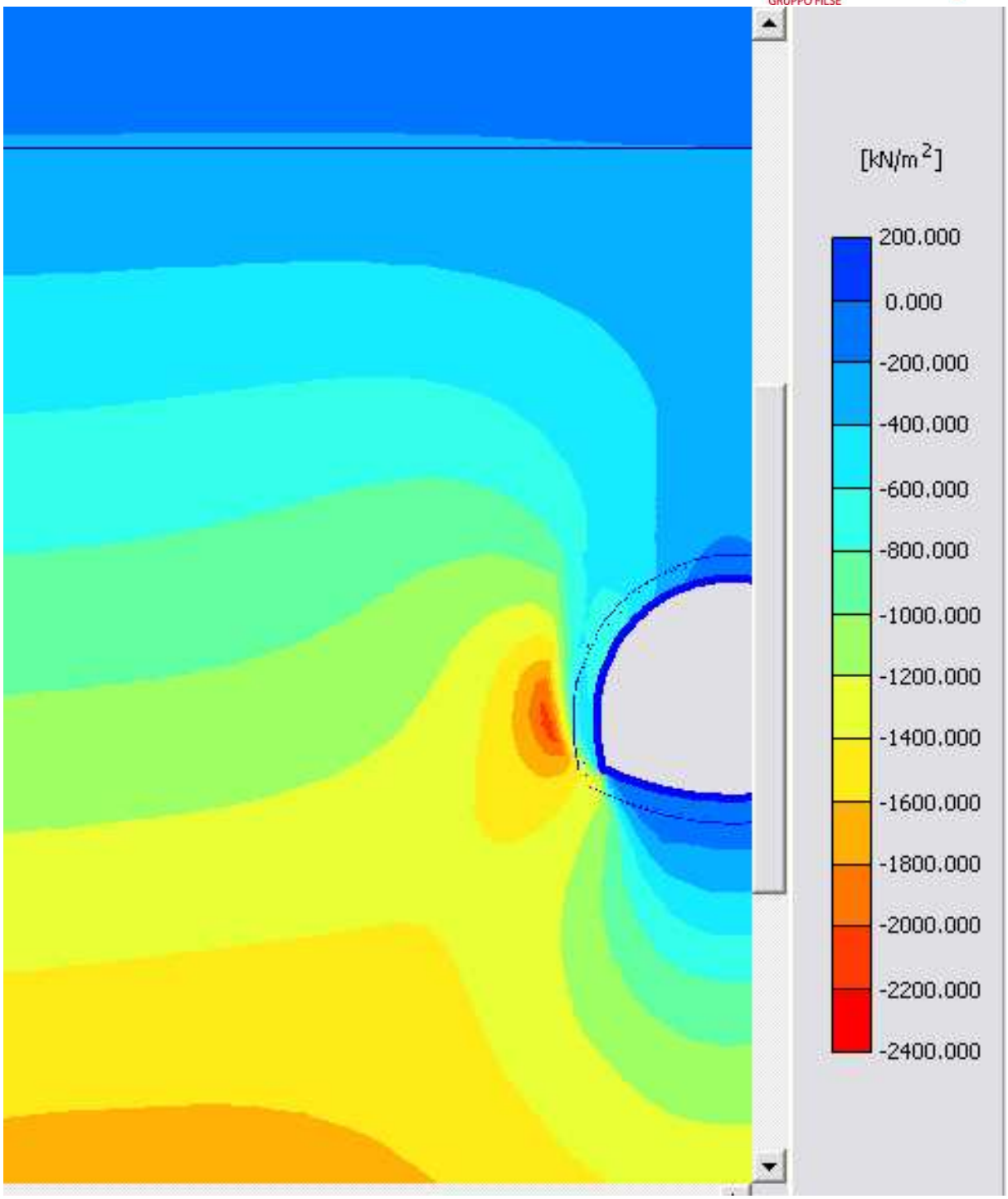


Figura 10.62: Analisi B1_VTR_H30_T01 - Curve di livello delle tensioni verticali.

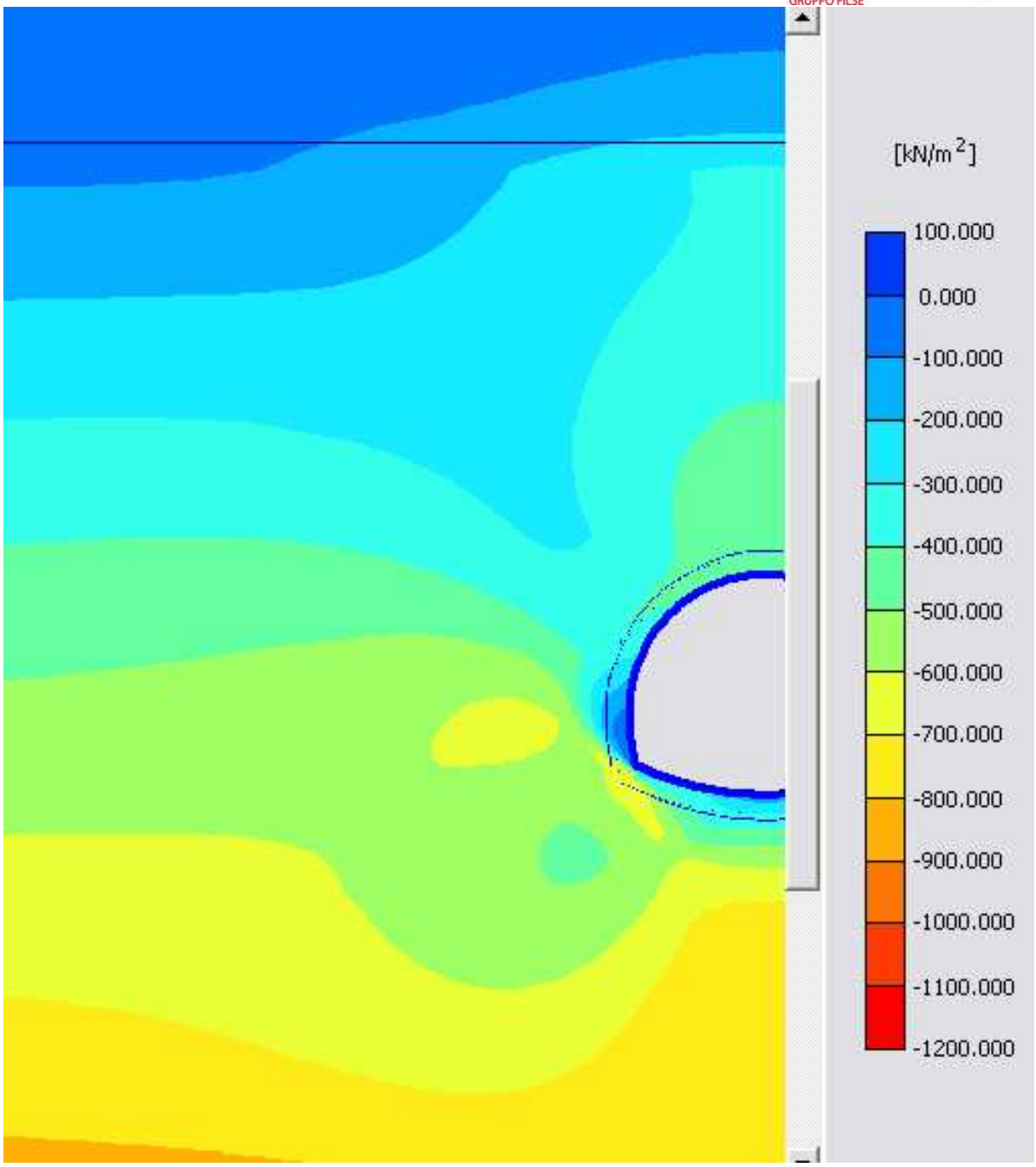


Figura 10.63 : Analisi B1_VTR_H30_T01 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

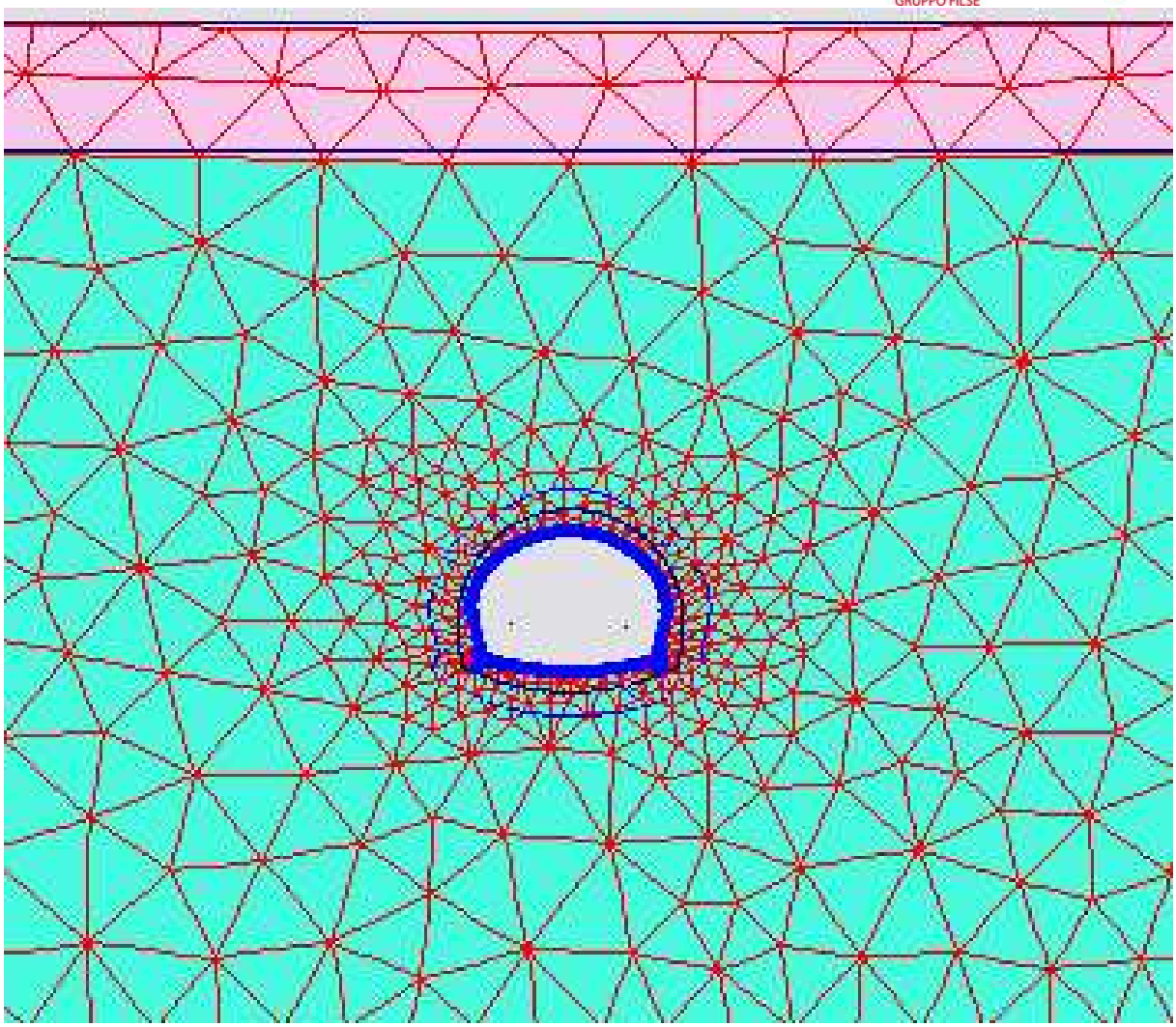


Figura 10.64 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Mesh deformata

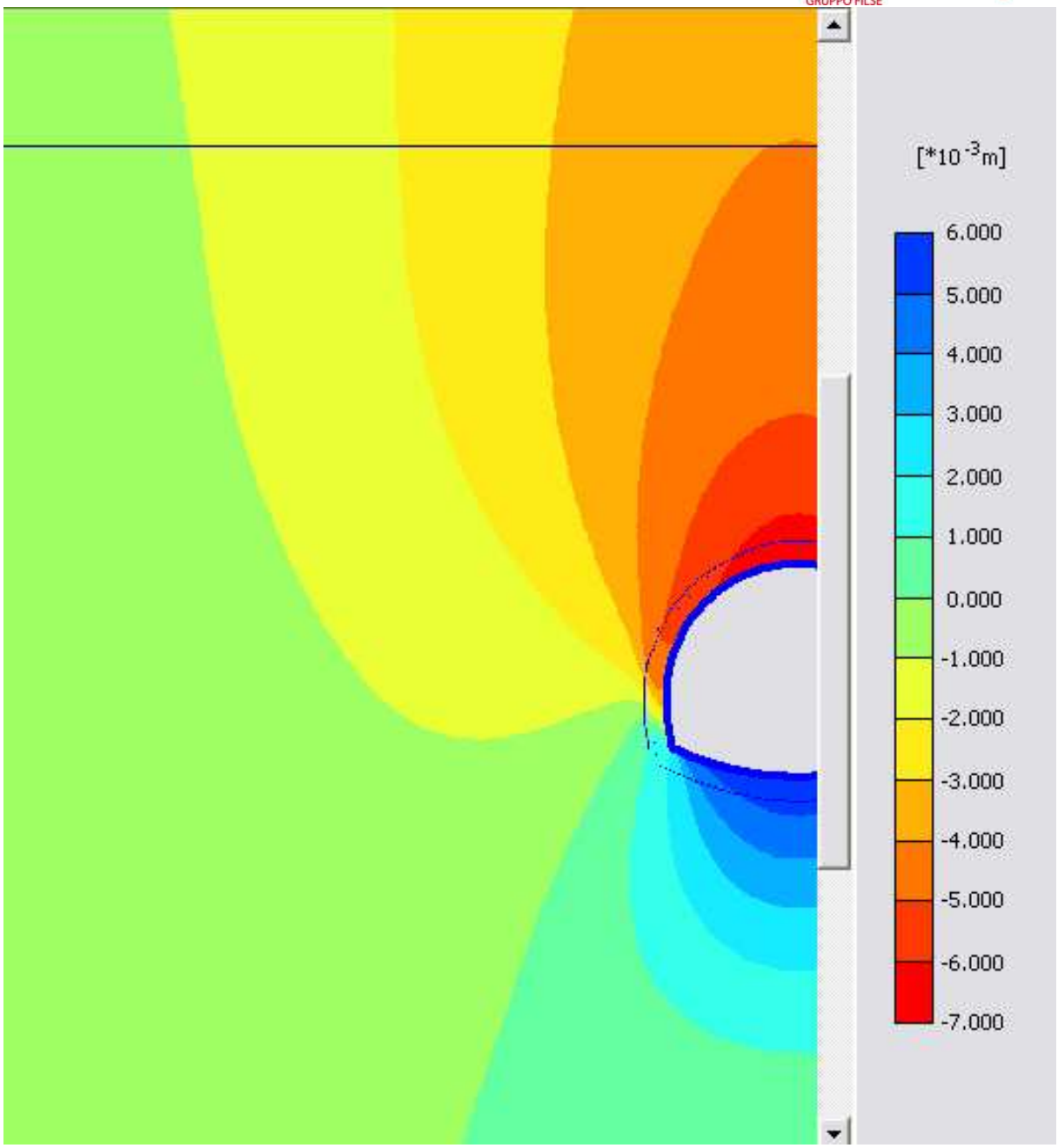


Figura 10.65: Analisi B1_VTR_H30_T01 – Curve di livello degli spostamenti verticali

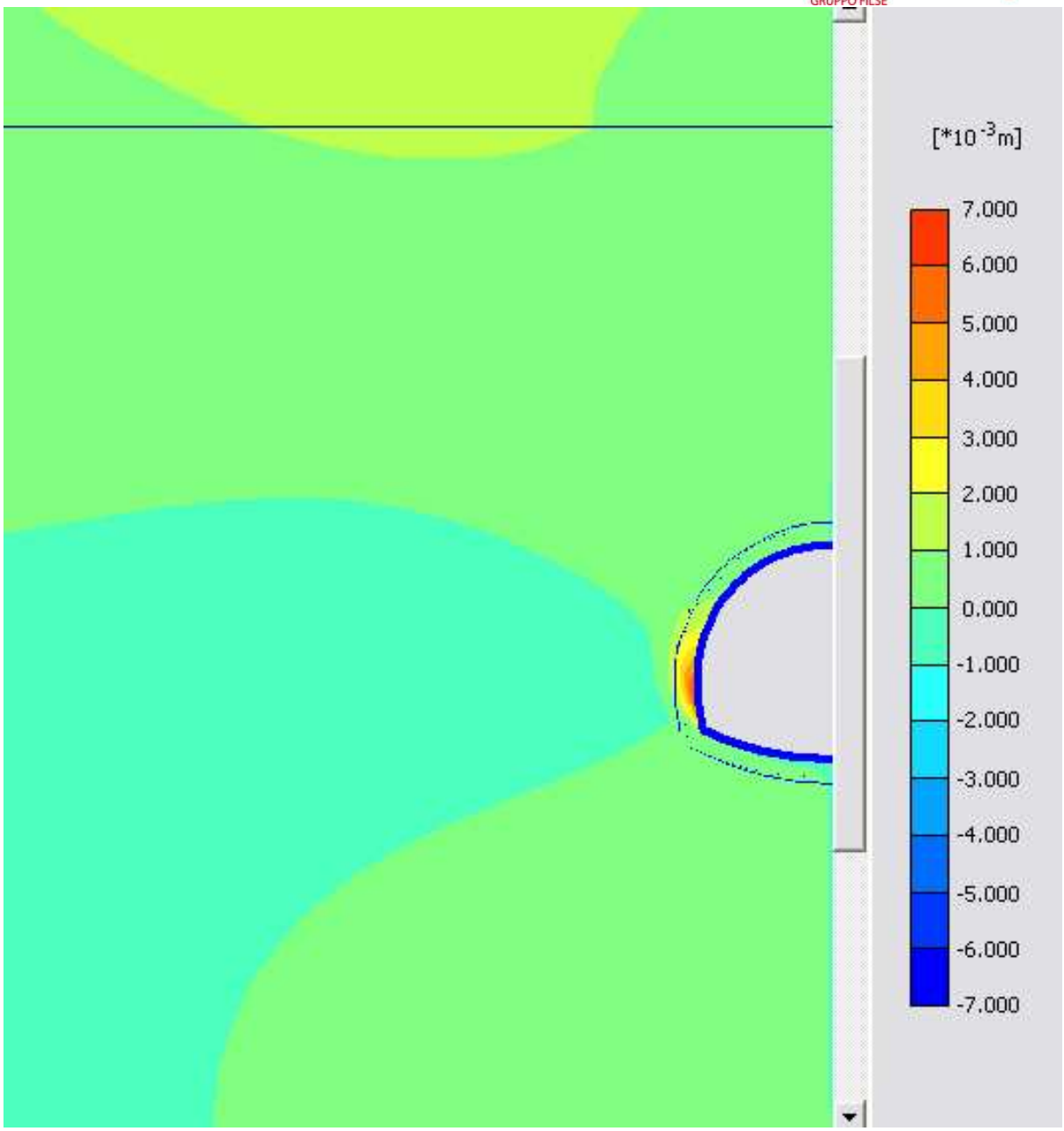


Figura 10.66 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

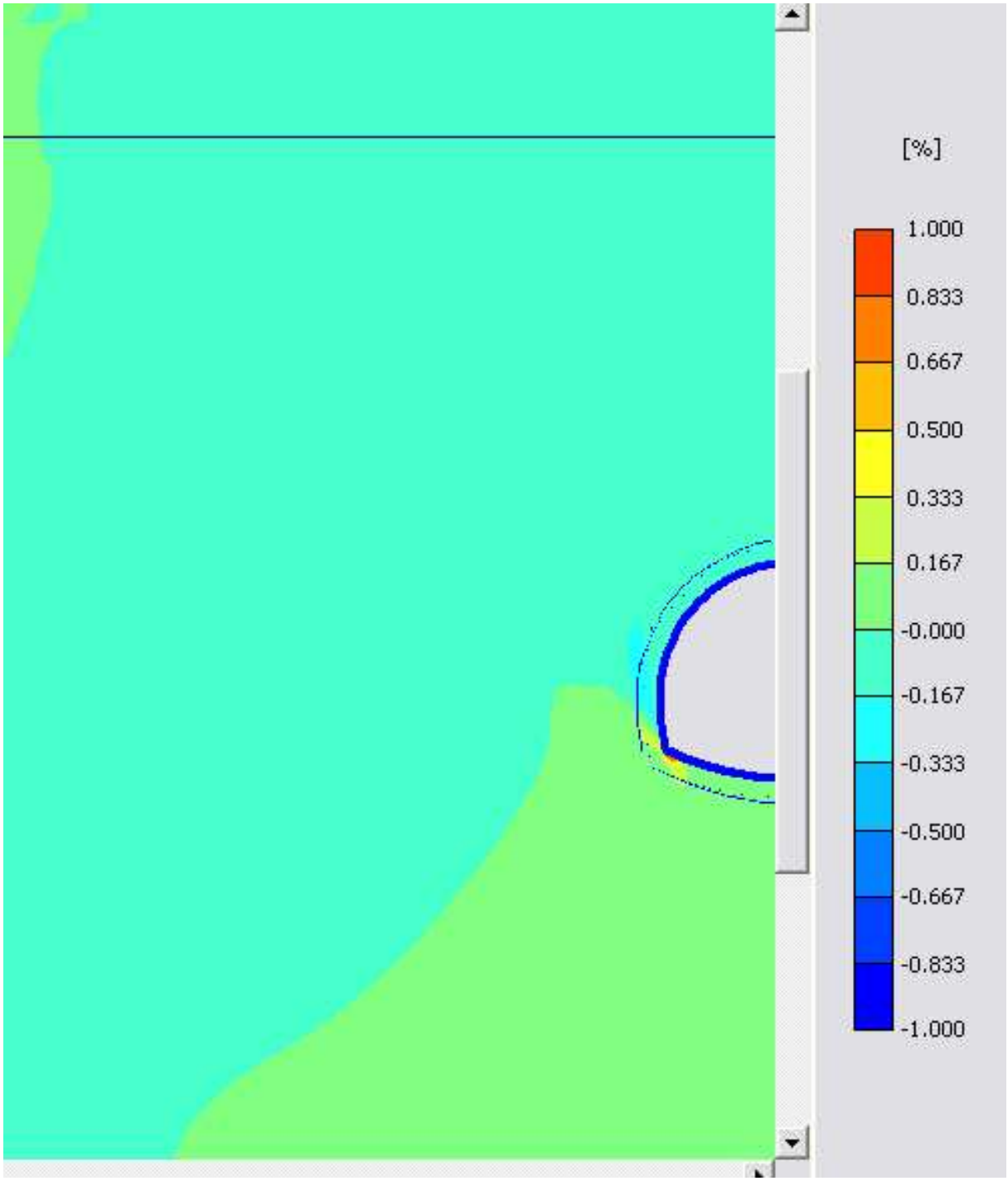


Figura 10.67 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

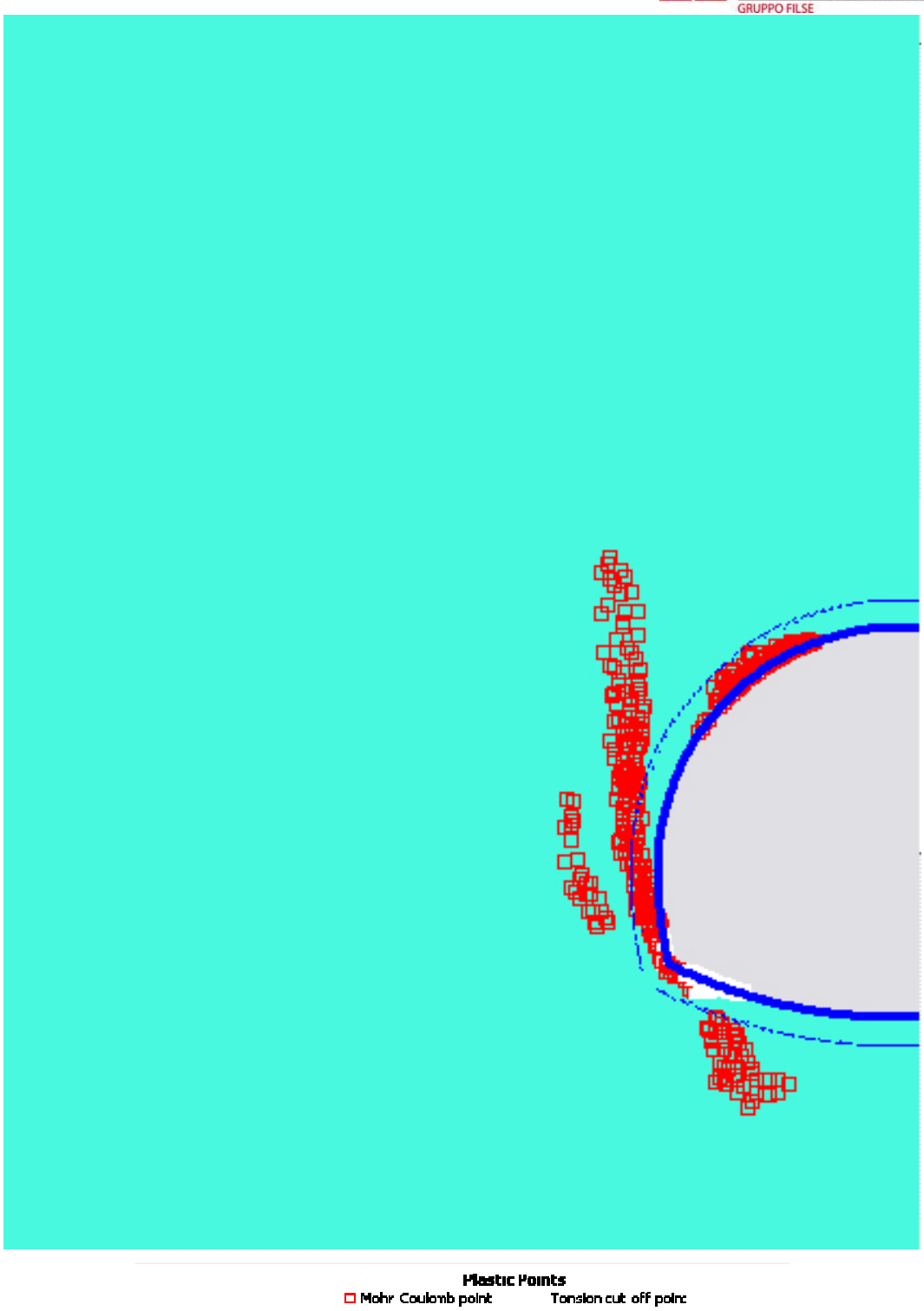


Figura 10.68 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Distribuzione delle zone plasticizzate

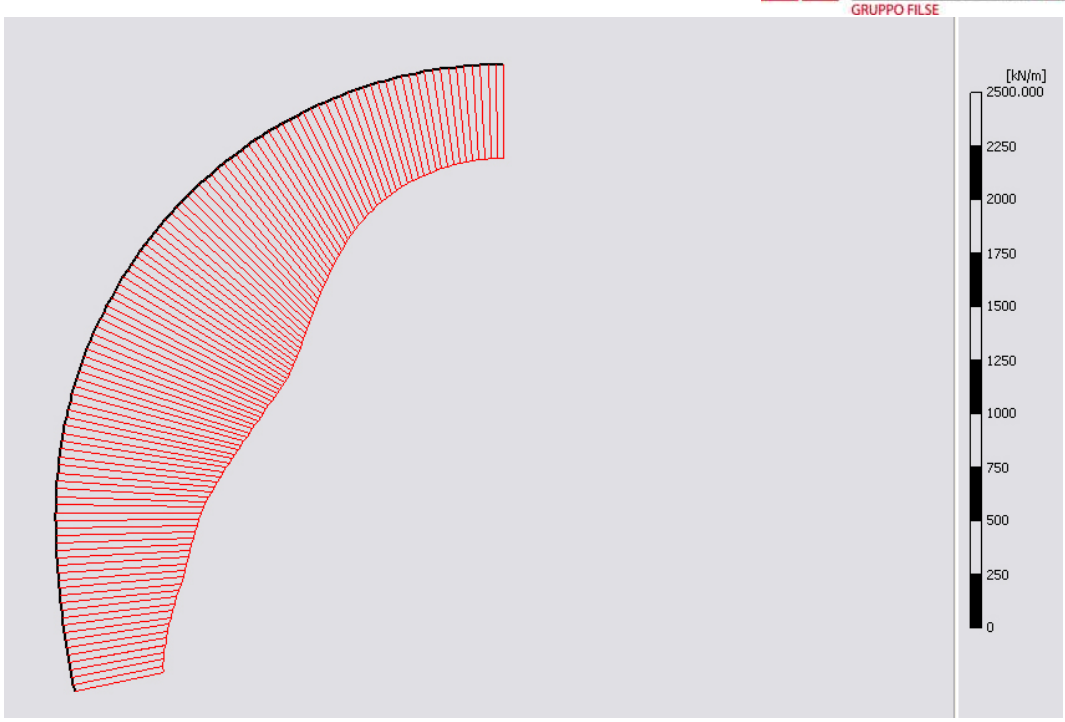


Figura 10.69 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Distribuzione dello sforzo normale provvisorio, N_{max}= -898 kN/m

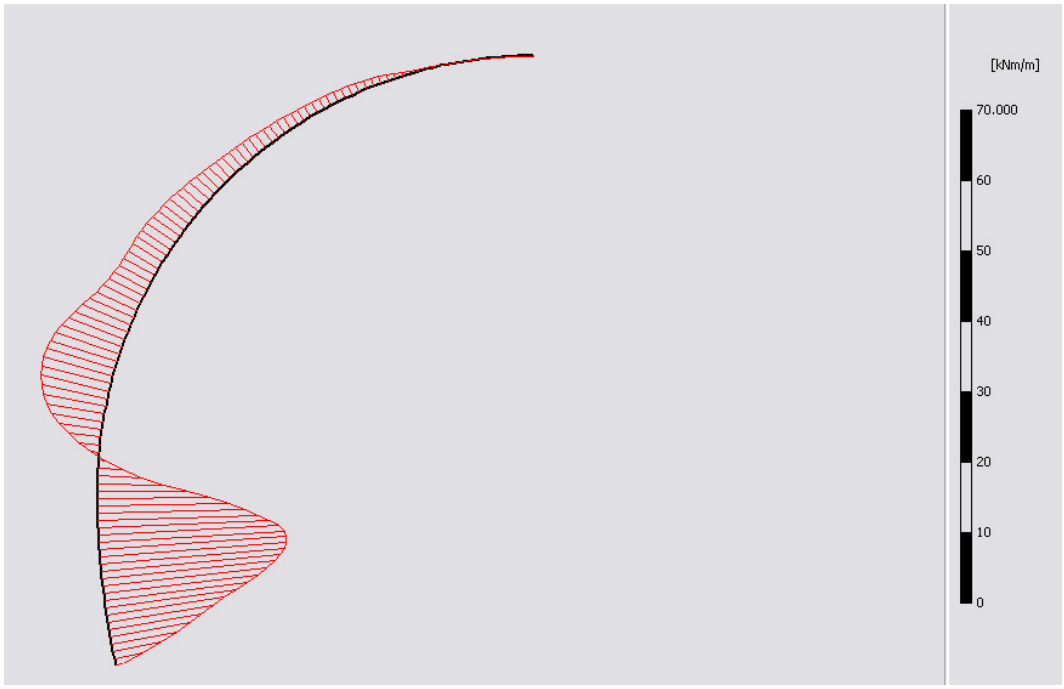


Figura 10.70 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Distribuzione del momento flettente provvisorio, M_{max}= 26.5 kNm/m

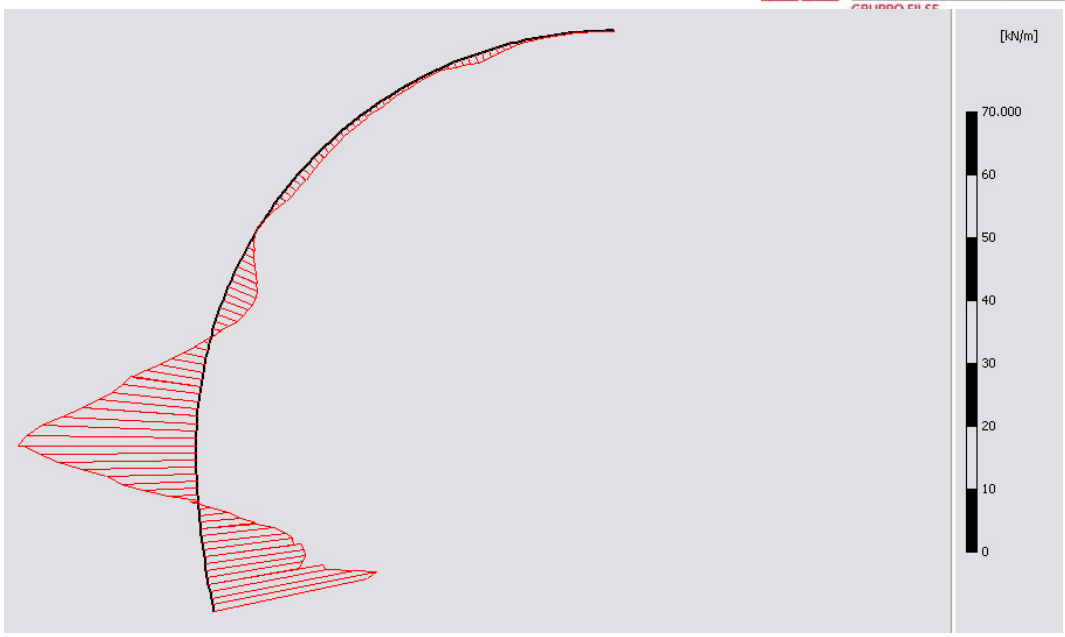


Figura 10.71 : Analisi B1_VTR_H30_T01 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, T_{max}= 28.3 kN/m

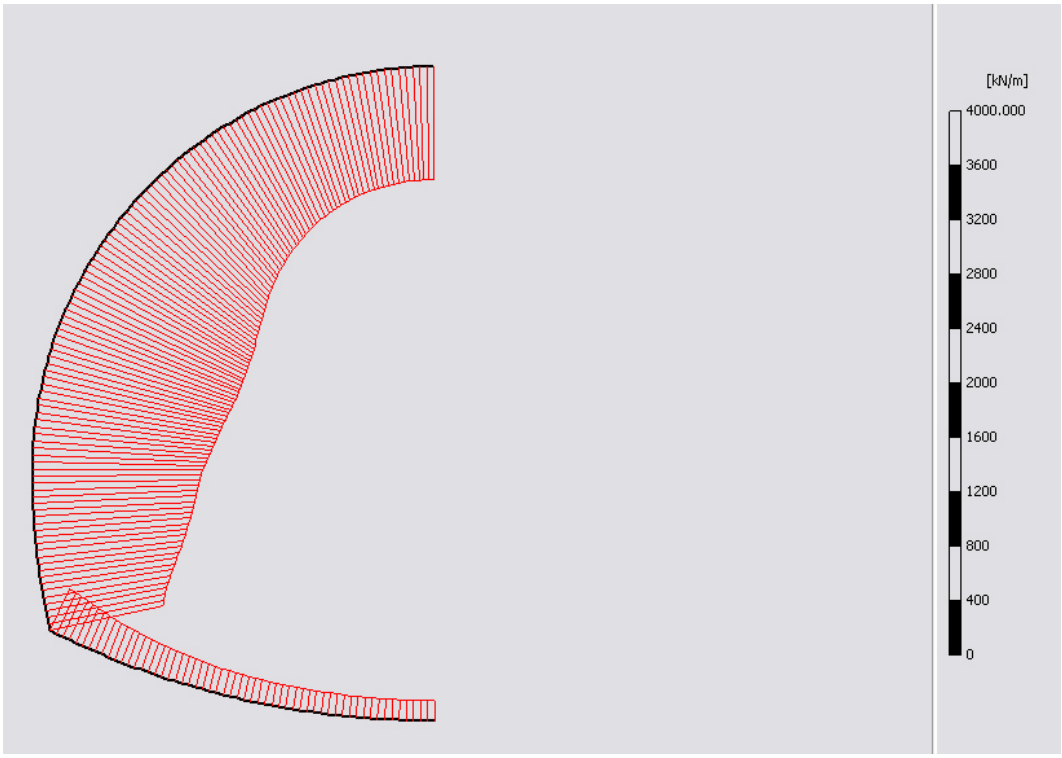


Figura 10.72 : Analisi B1_VTR_RD_H30_T01 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, N_{max}=- 1400 kN/m²

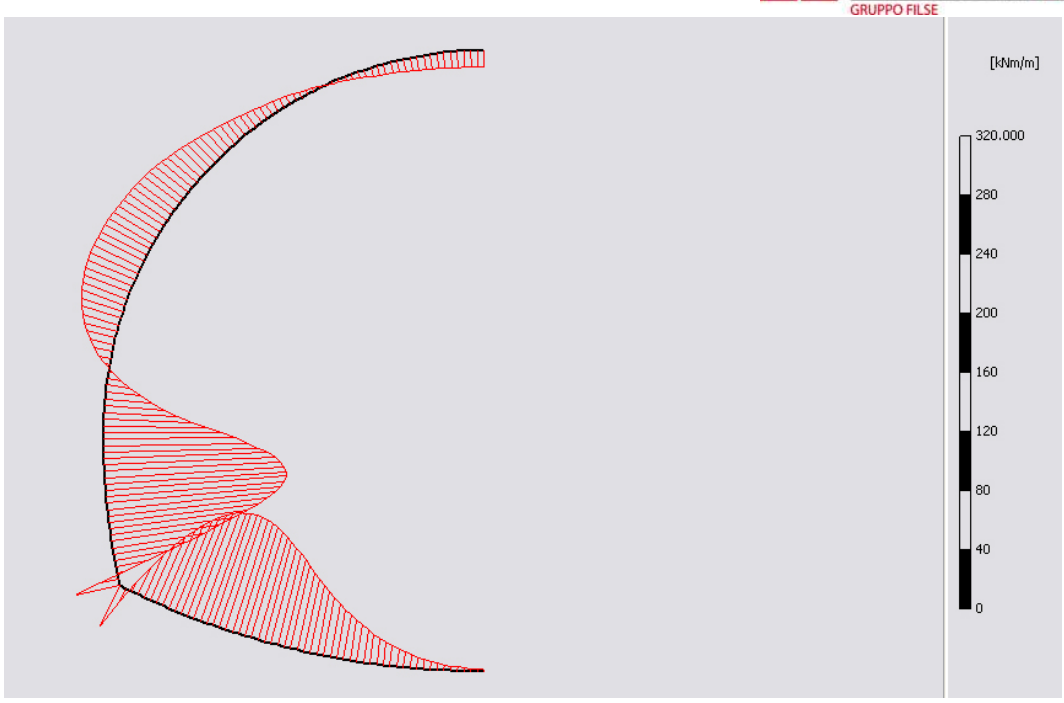


Figura 10.73 : Analisi B1_VTR_RD_H30_T01 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, M_{max}= 122 kNm/m



Figura 10.74 : Analisi B1_VTR_RD_H30_T01 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, T_{max}= 199kN/m

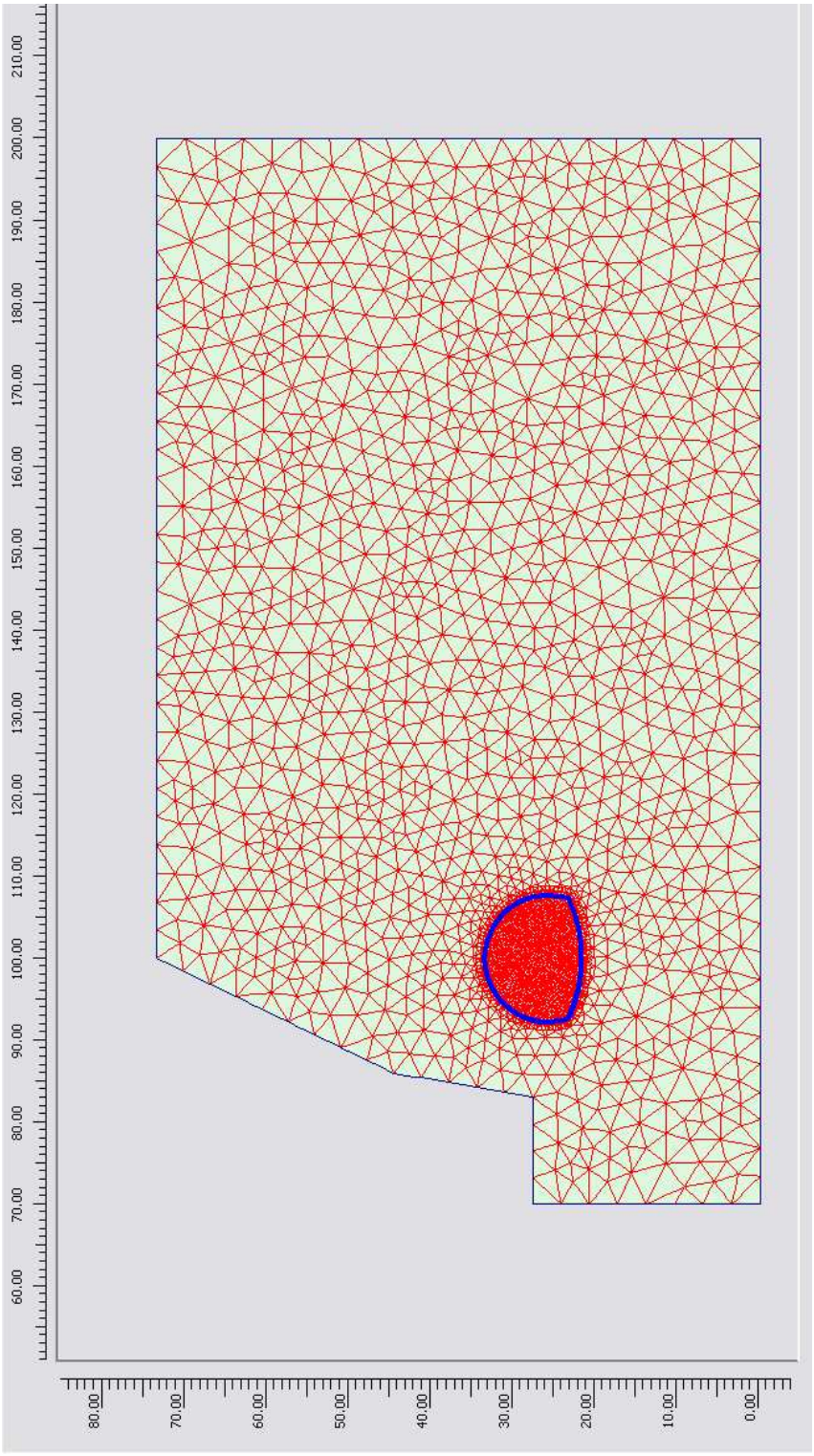


Figura 10.75 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Modello agli elementi finiti

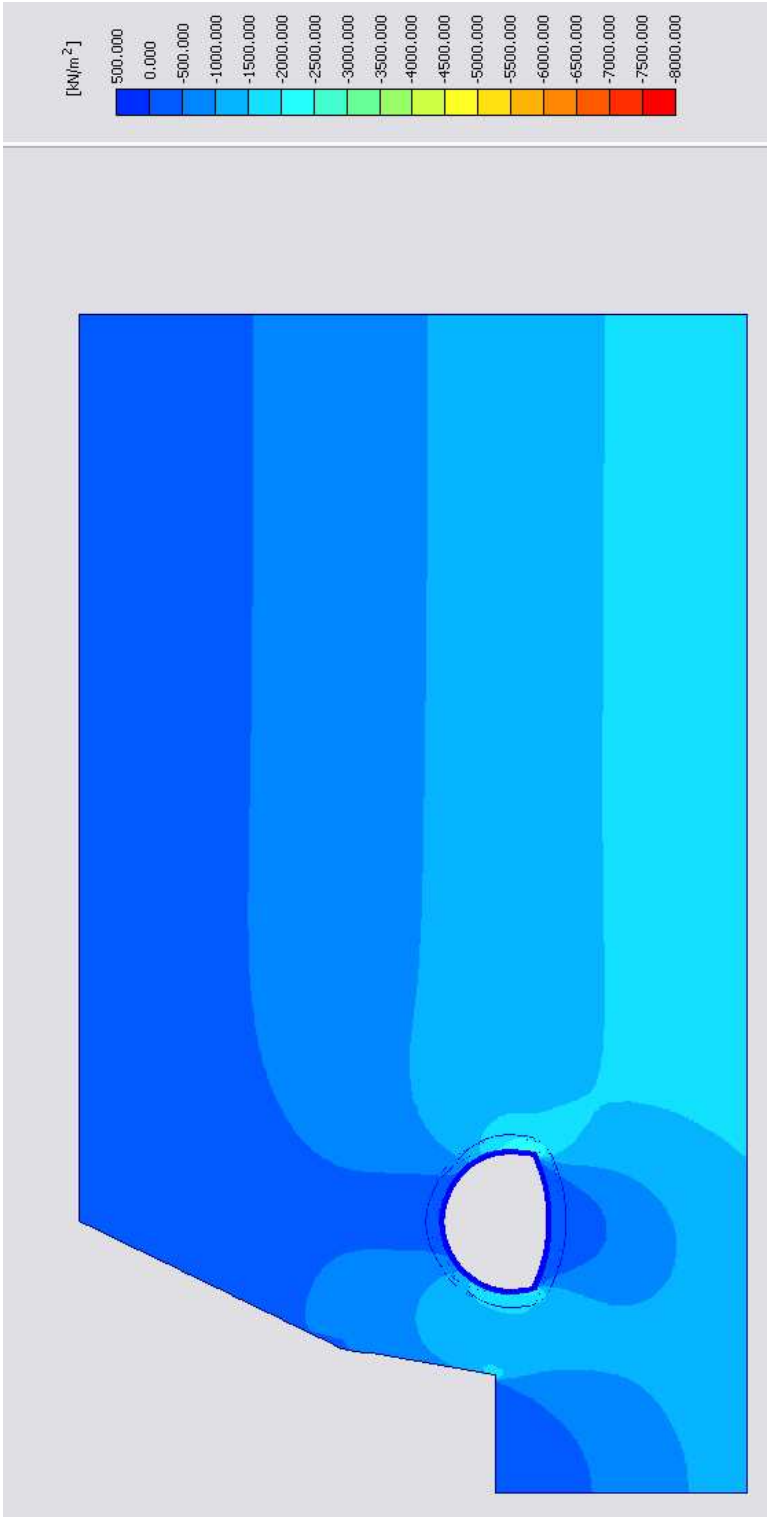


Figura 10.76 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 - Curve di livello delle tensioni verticali.

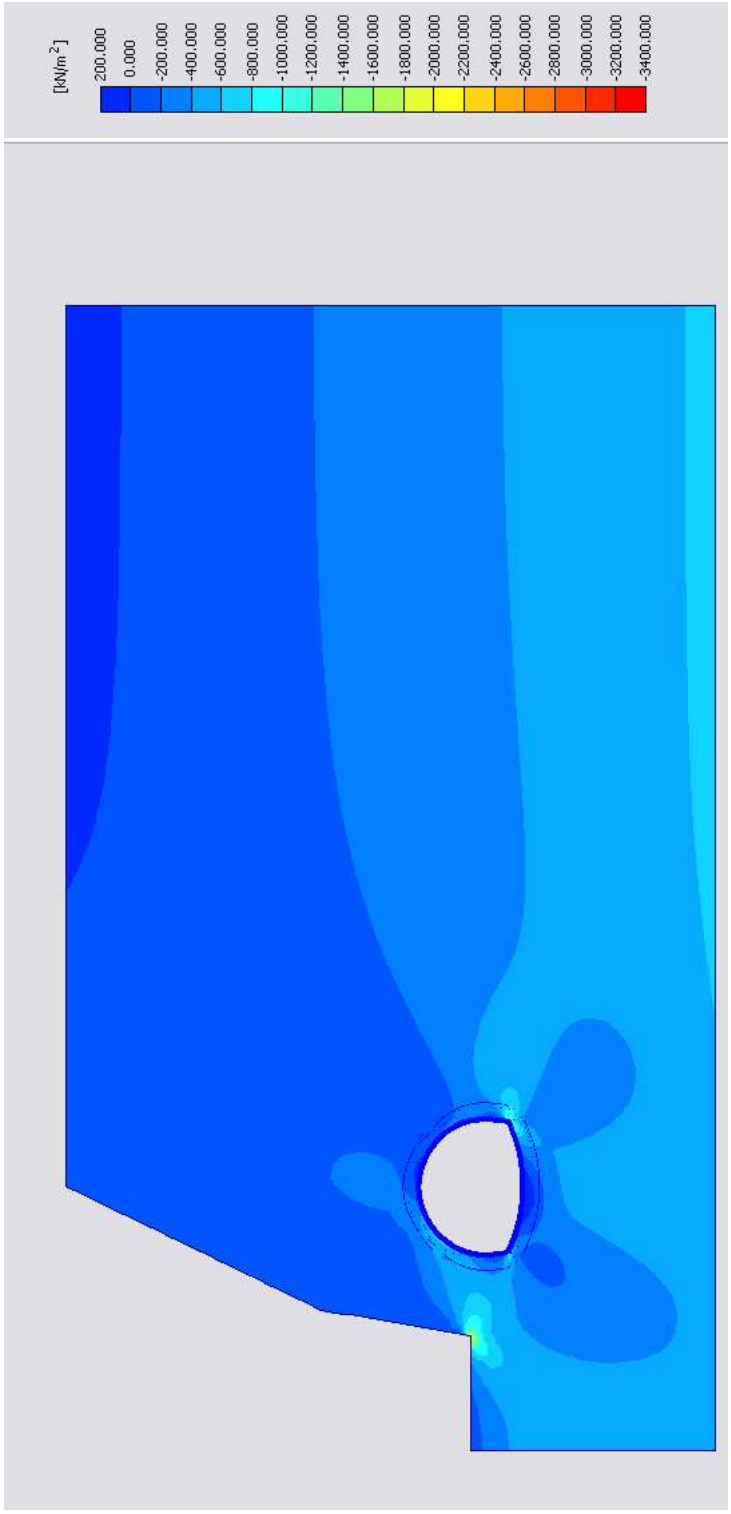


Figura 10.77: Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Curve di livello delle tensioni orizzontali

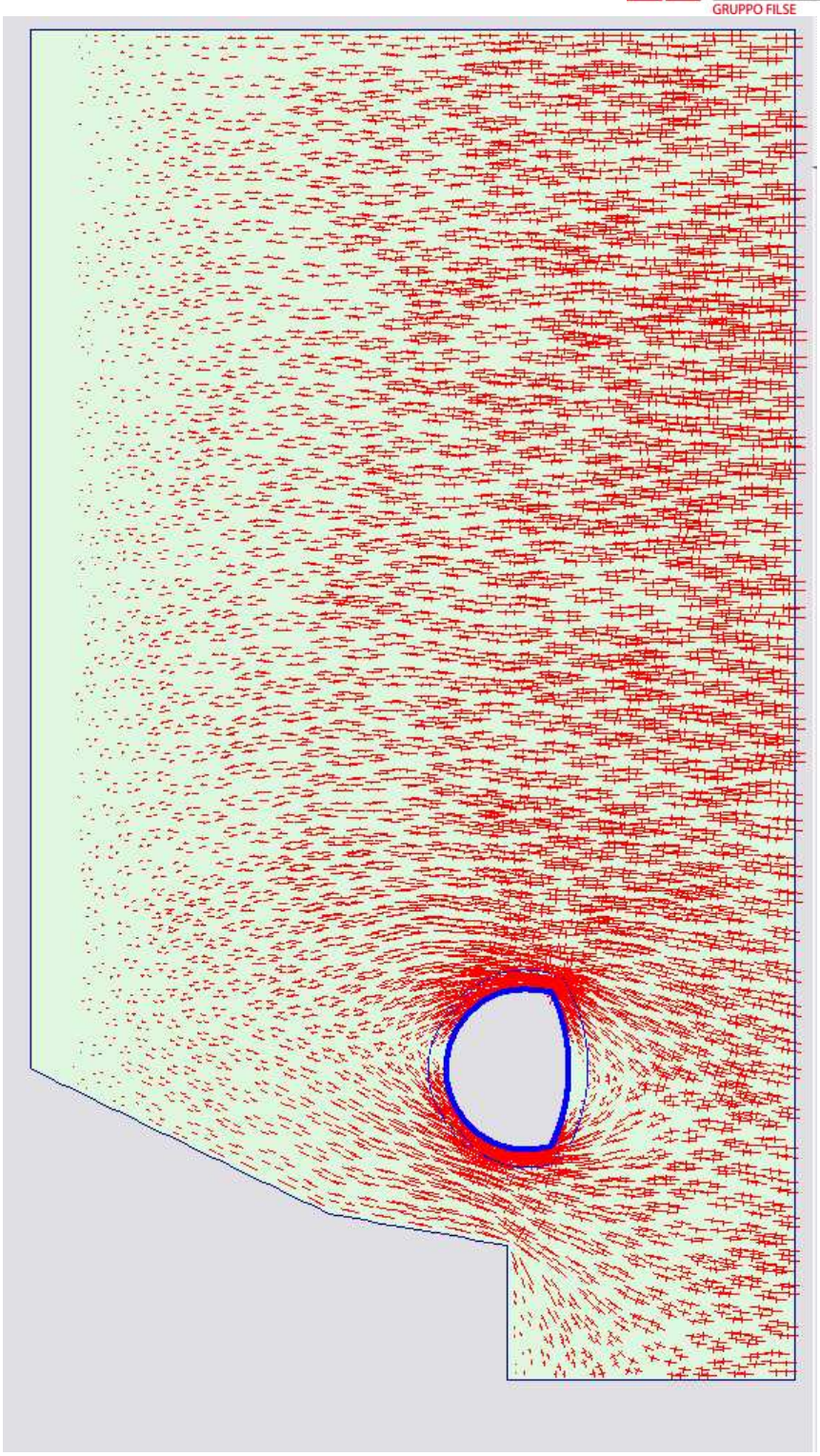


Figura 10.78: Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Andamento delle tensioni principali

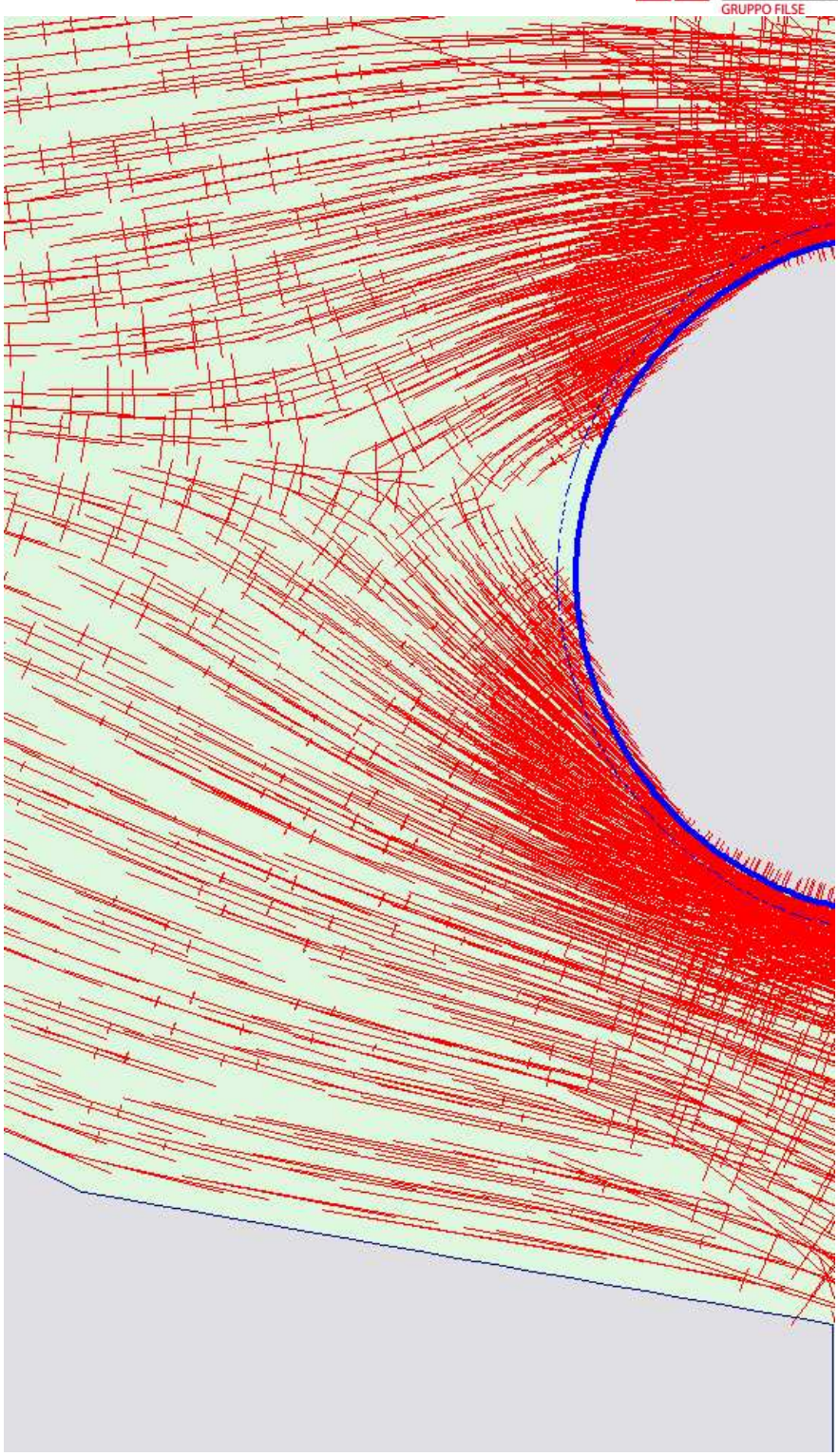


Figura 10.79 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Andamento delle tensioni principali - ingrandimento

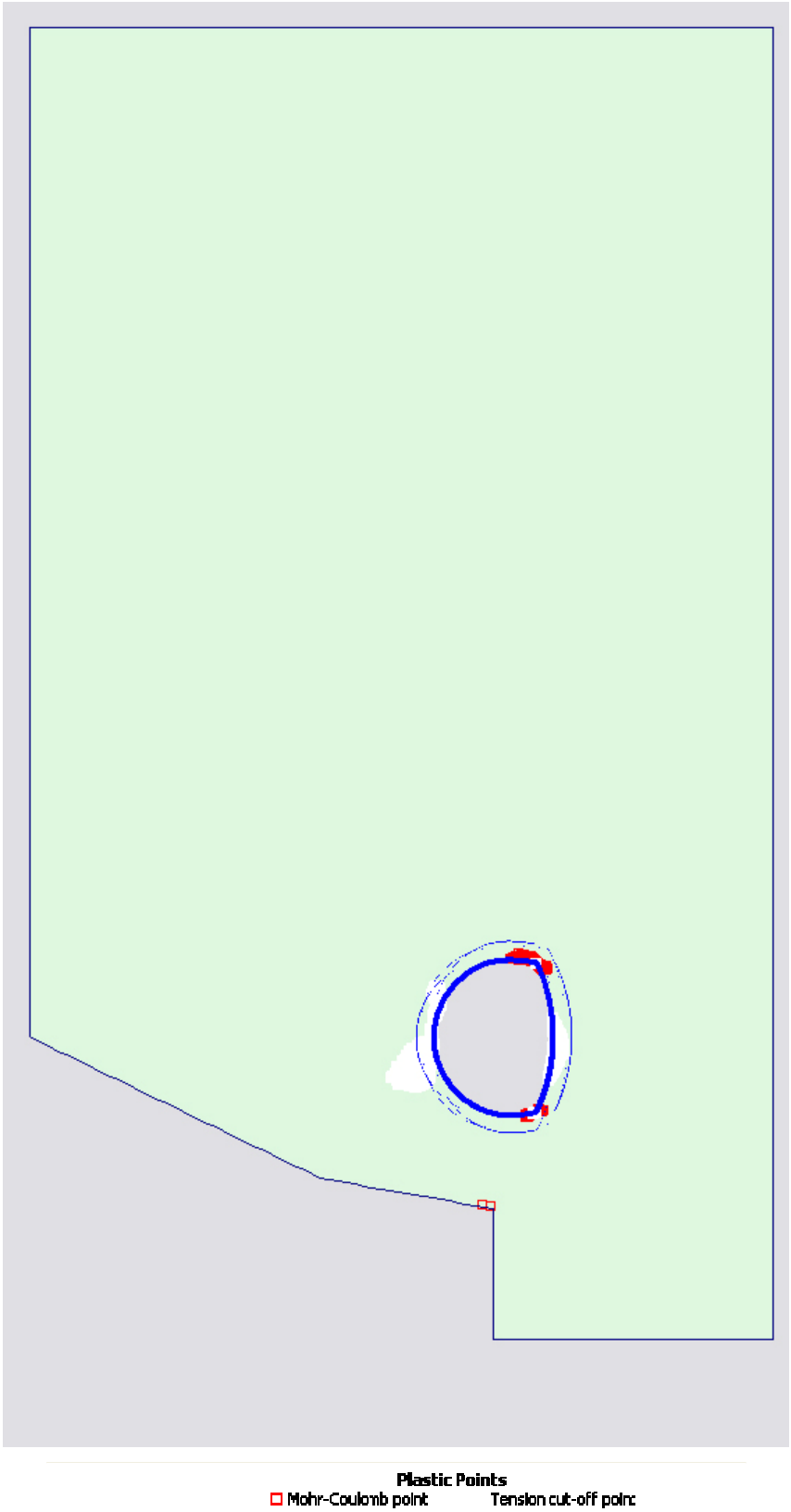


Figura 10.80 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione delle zone plasticizzate

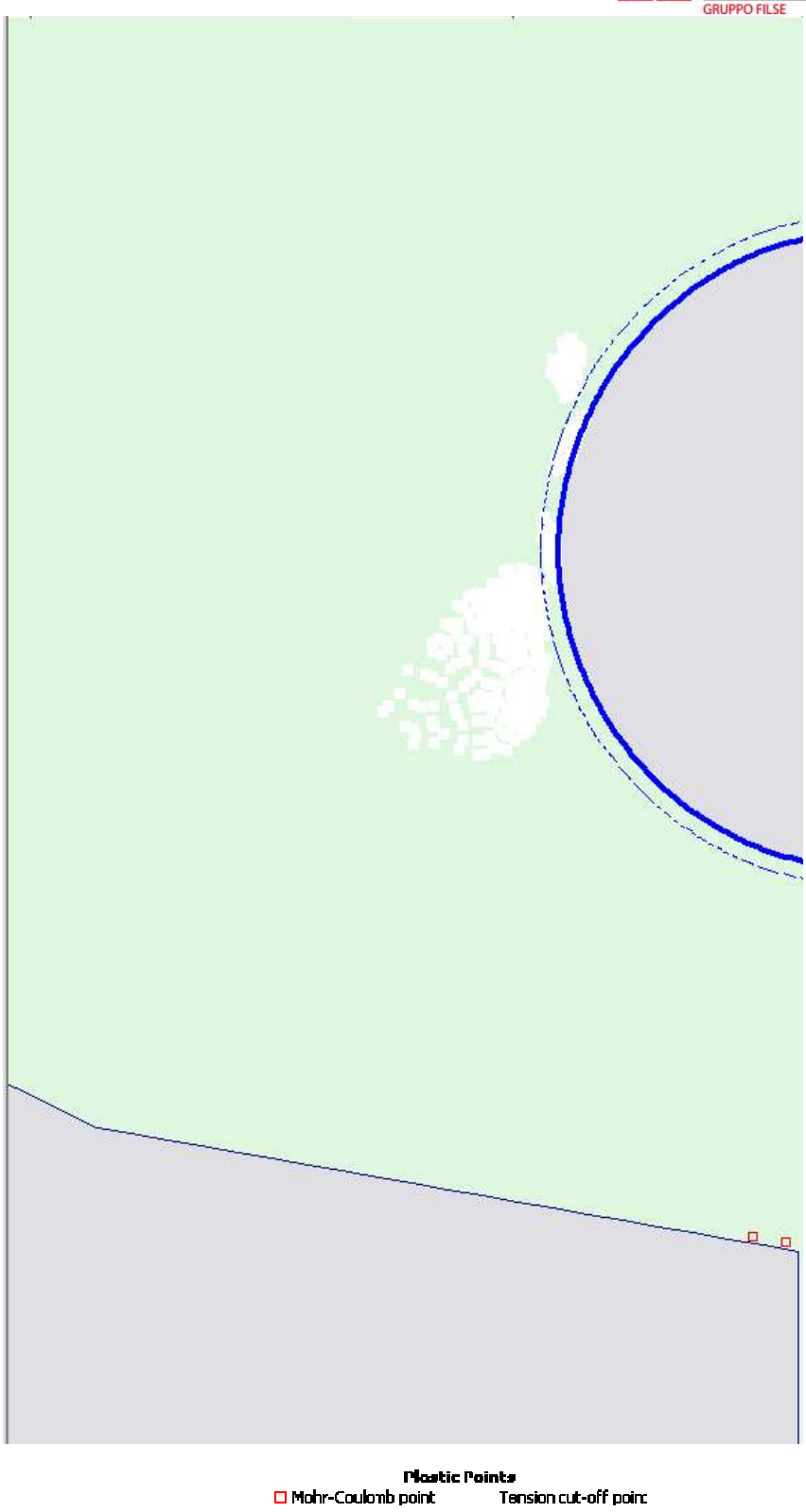


Figura 10.81 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione delle zone plasticizzate - ingrandimento

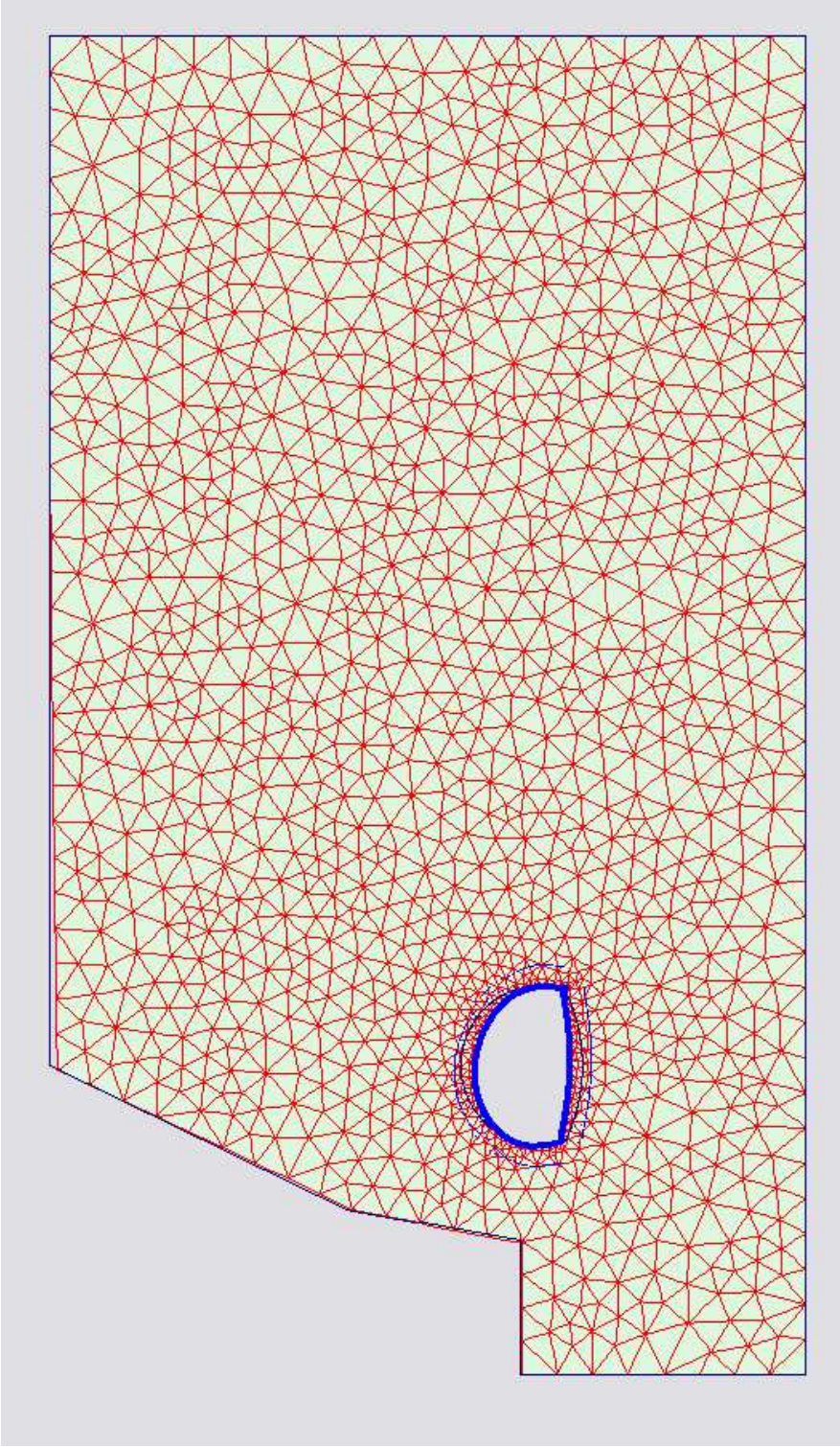


Figura 10.82 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Mesh deformata

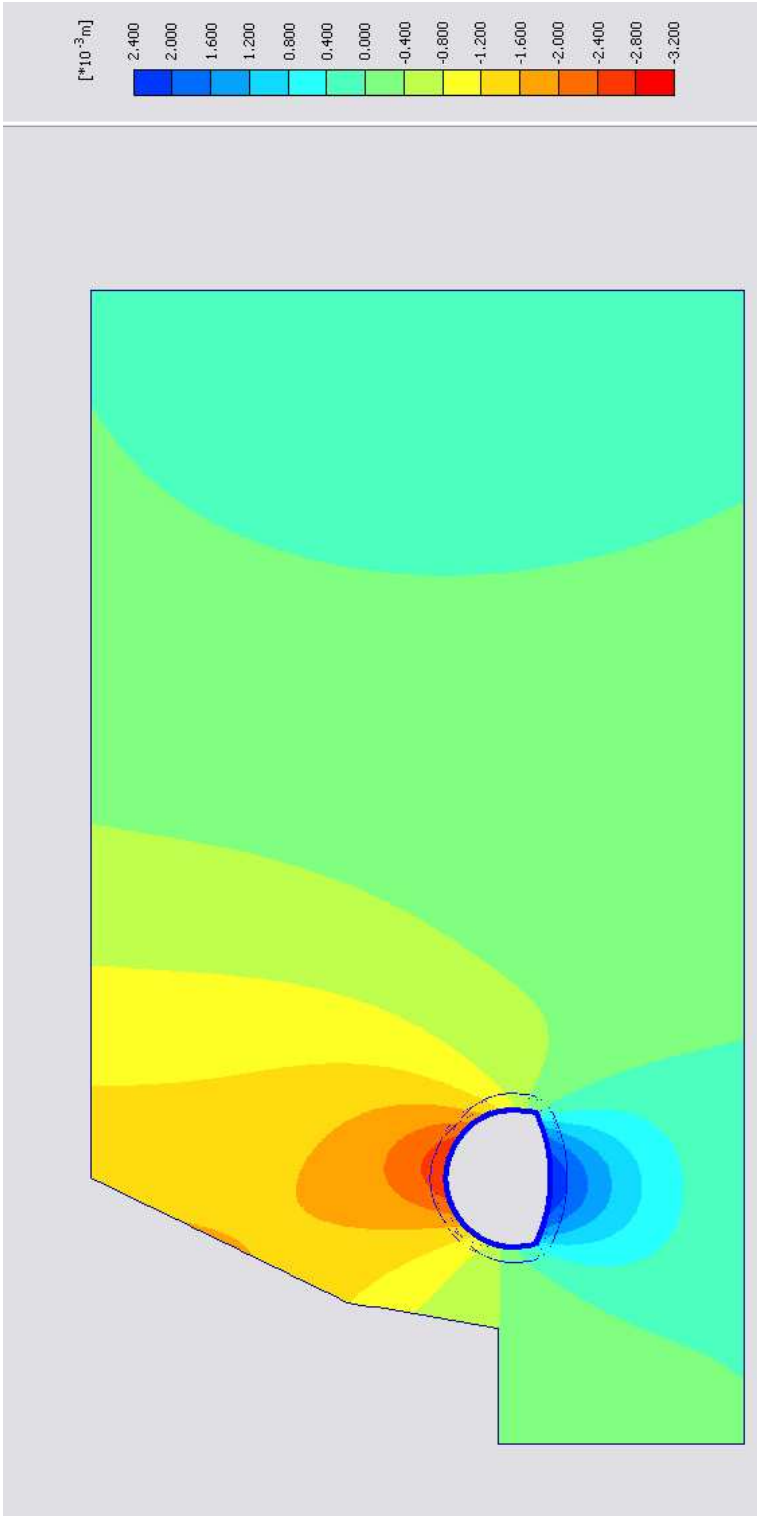


Figura 10.83: Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Curve di livello degli spostamenti verticali

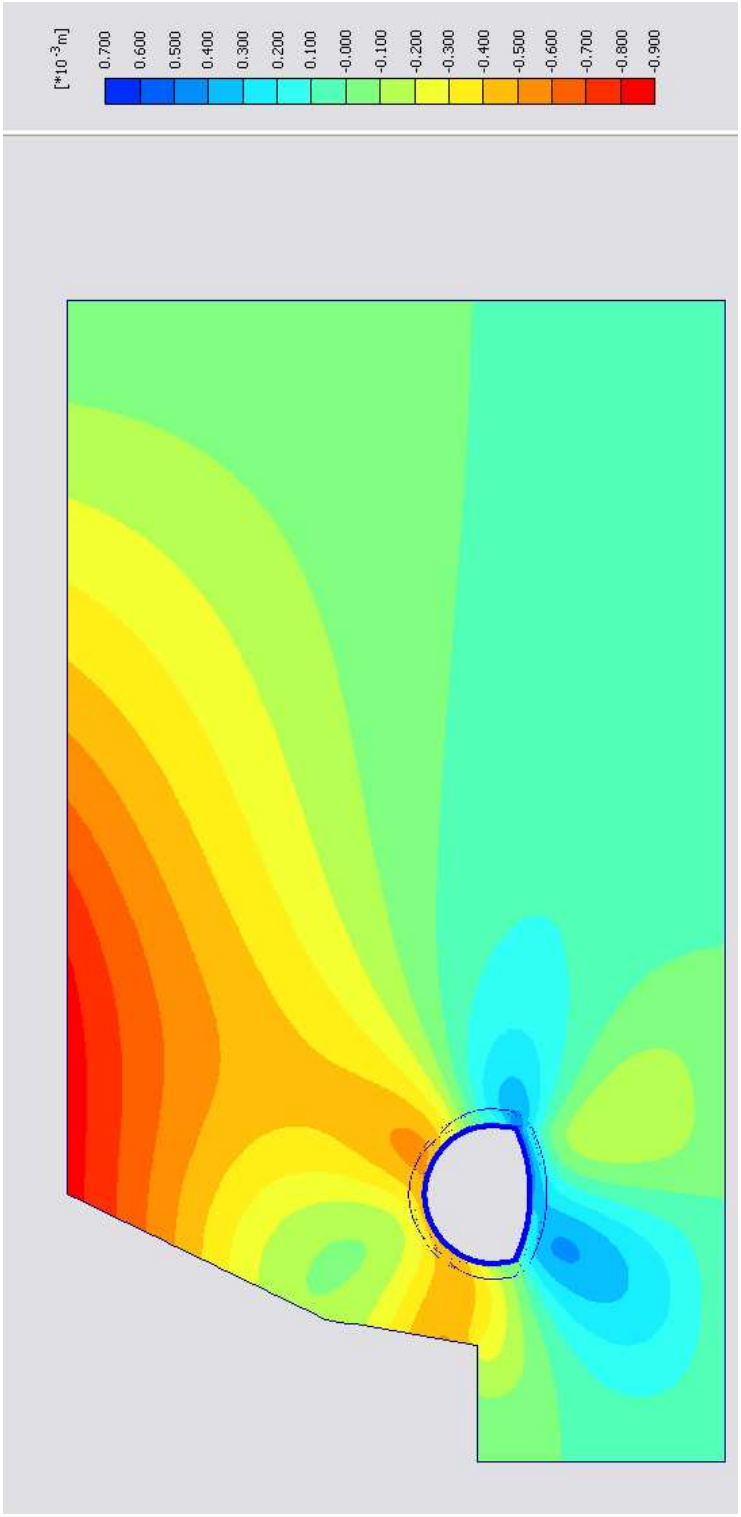


Figura 10.84 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

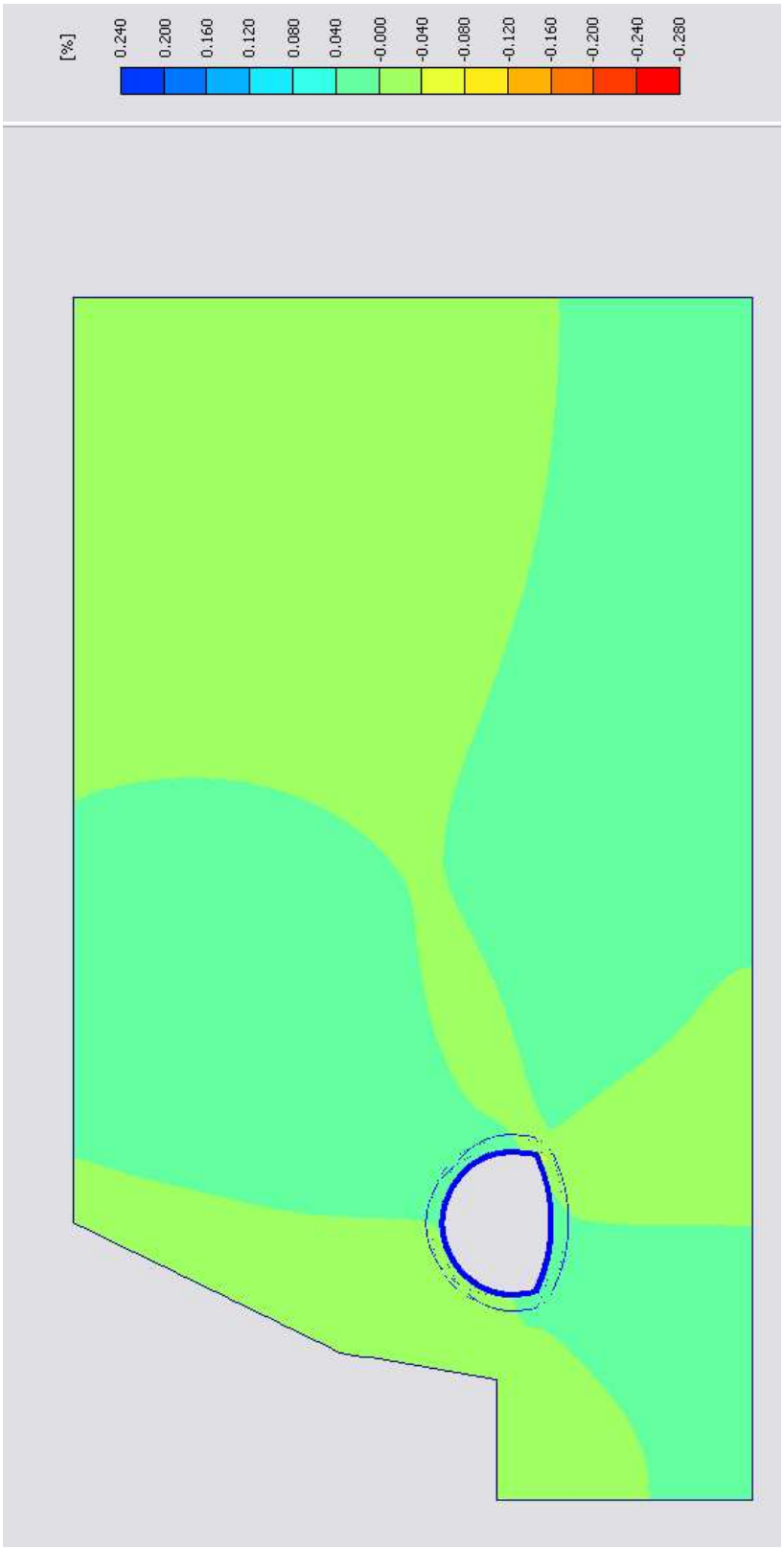


Figura 10.85 : Analisi Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

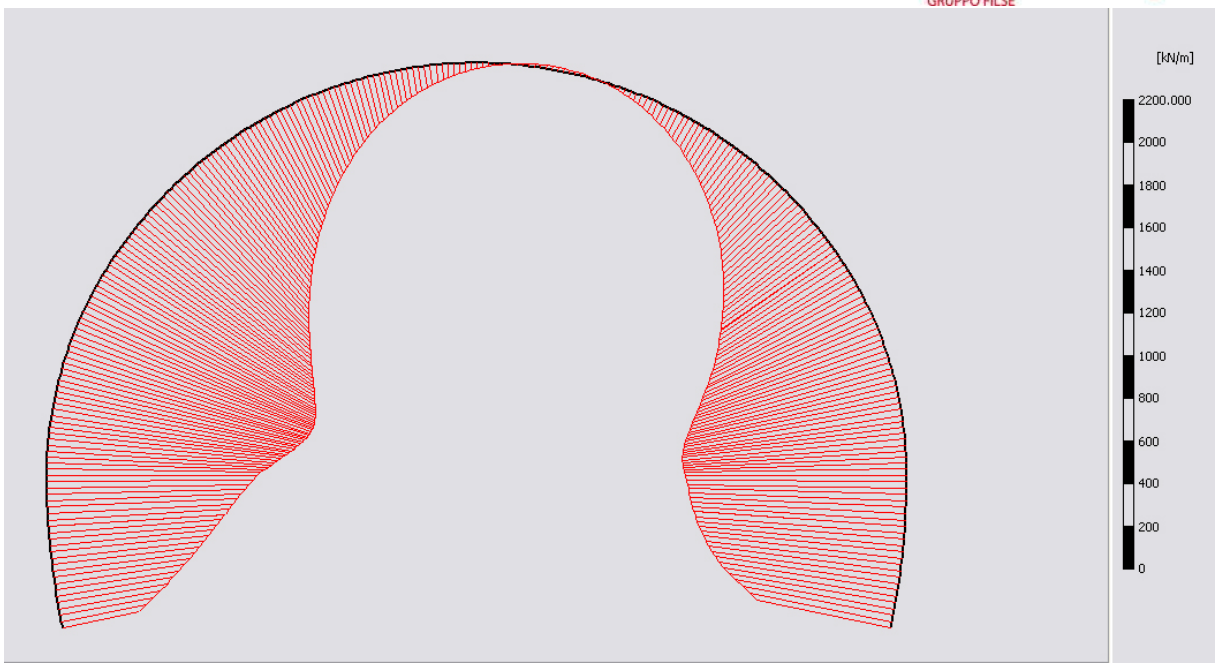


Figura 10.86 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione dello sforzo normale provvisorio, N_{max}= -1201 kN/m

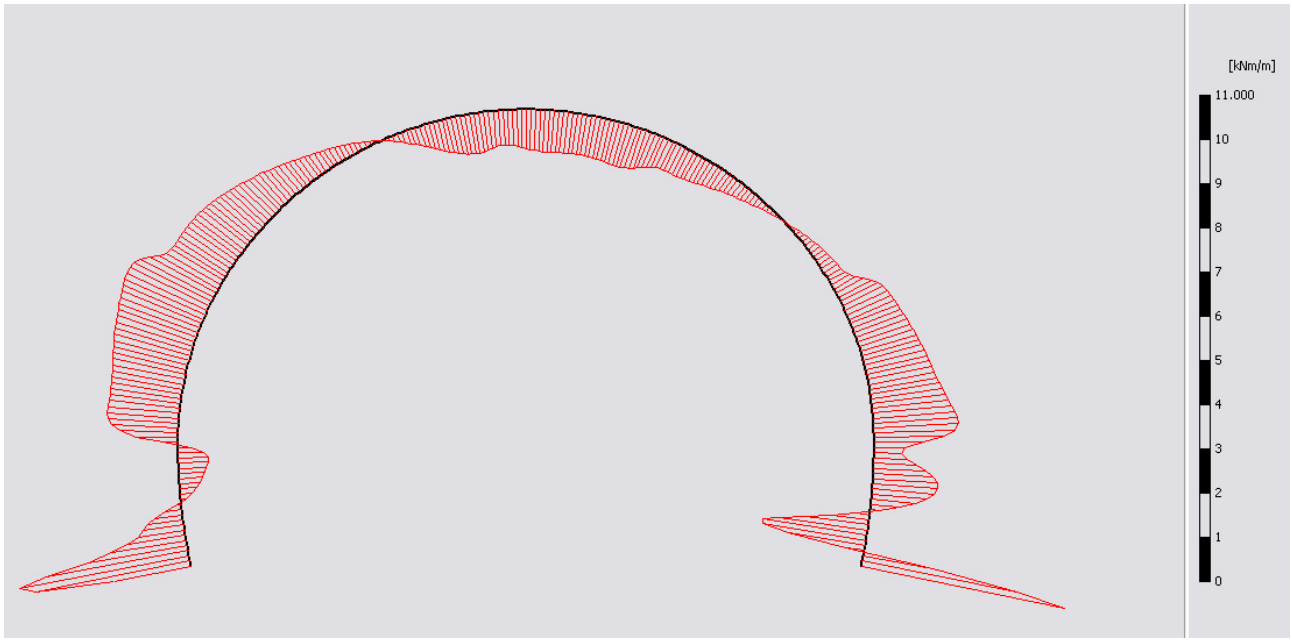


Figura 10.87 : Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione del momento flettente provvisorio, M_{max}= 4.7 kNm/m

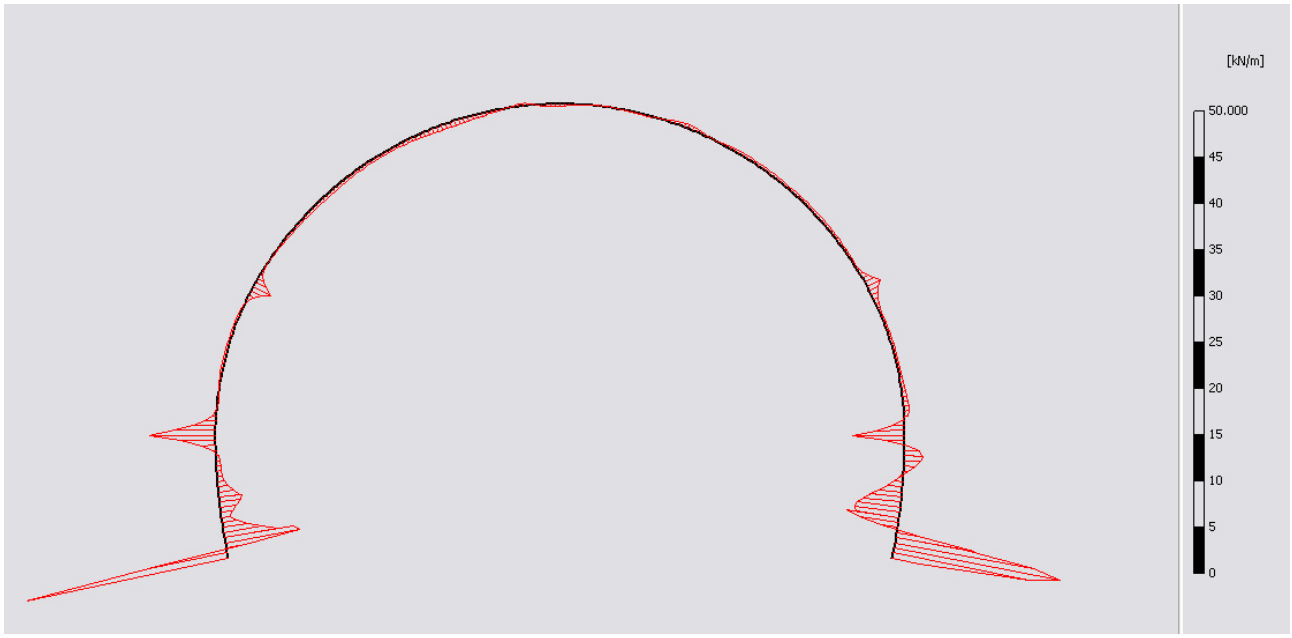


Figura 10.88: Analisi B1a_VTR_H40_T18 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, T_{max}= 22.4 kN/m

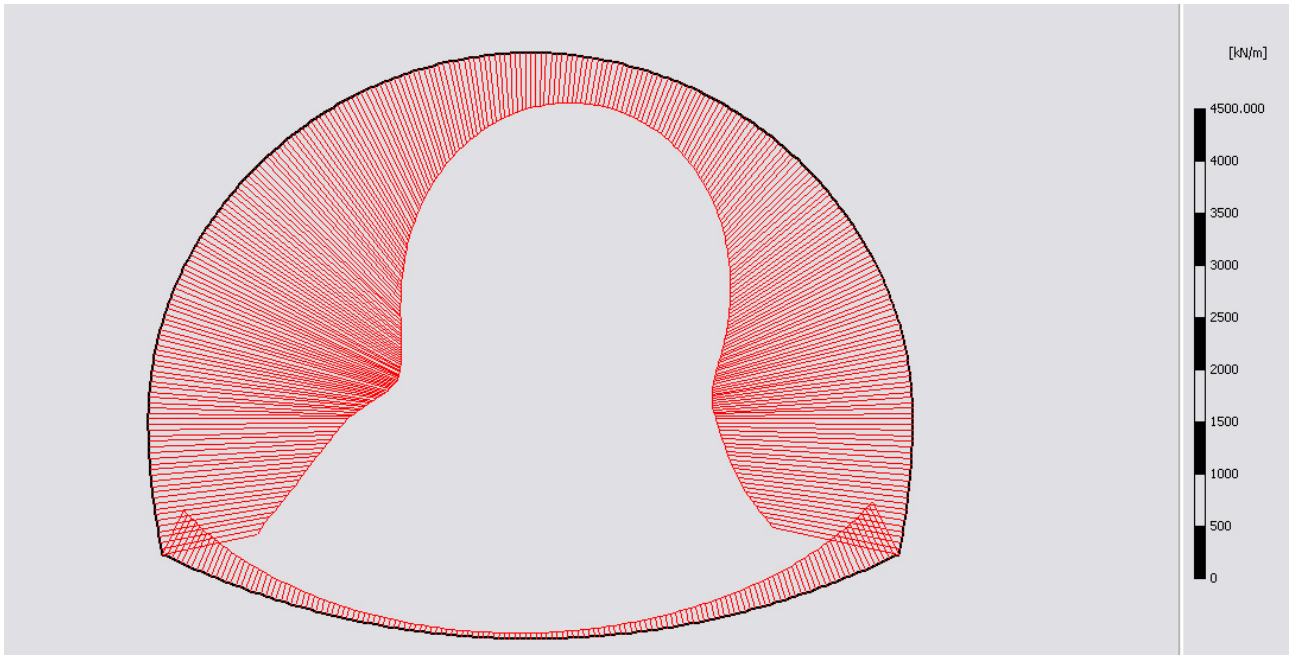


Figura 10.89: Analisi B1a_VTR_RD_H40_T18 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, N_{max}= -2320 kN/m²

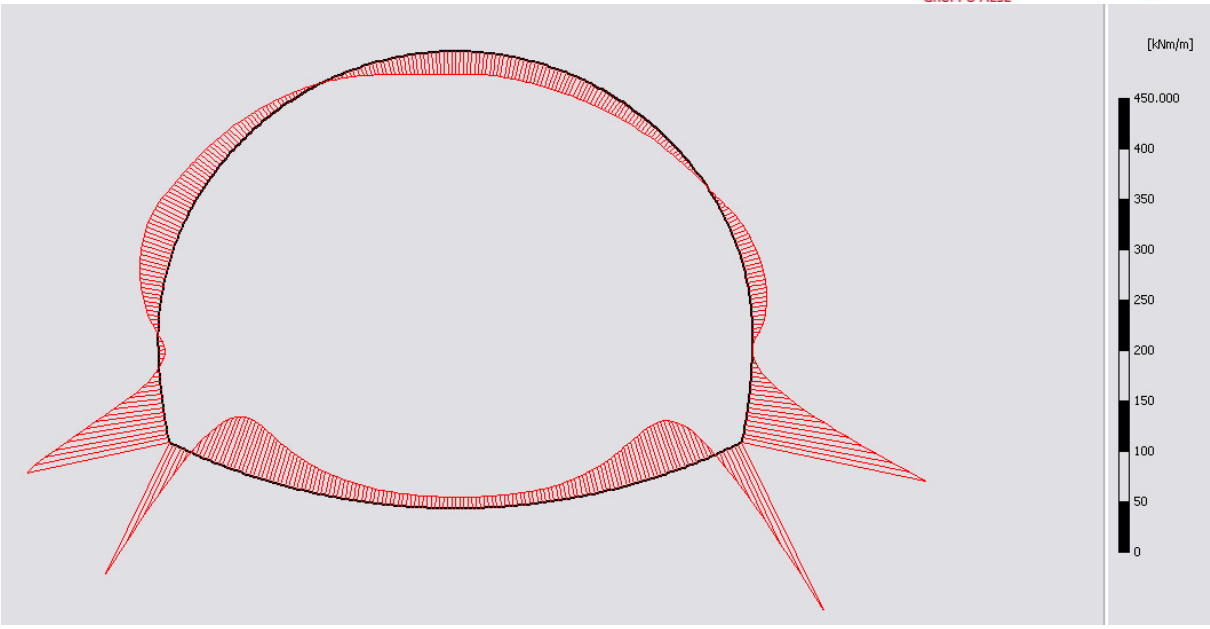


Figura 10.90 : Analisi B1a_VTR_RD_H40_T18 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, M_{max}= 187 kNm/m

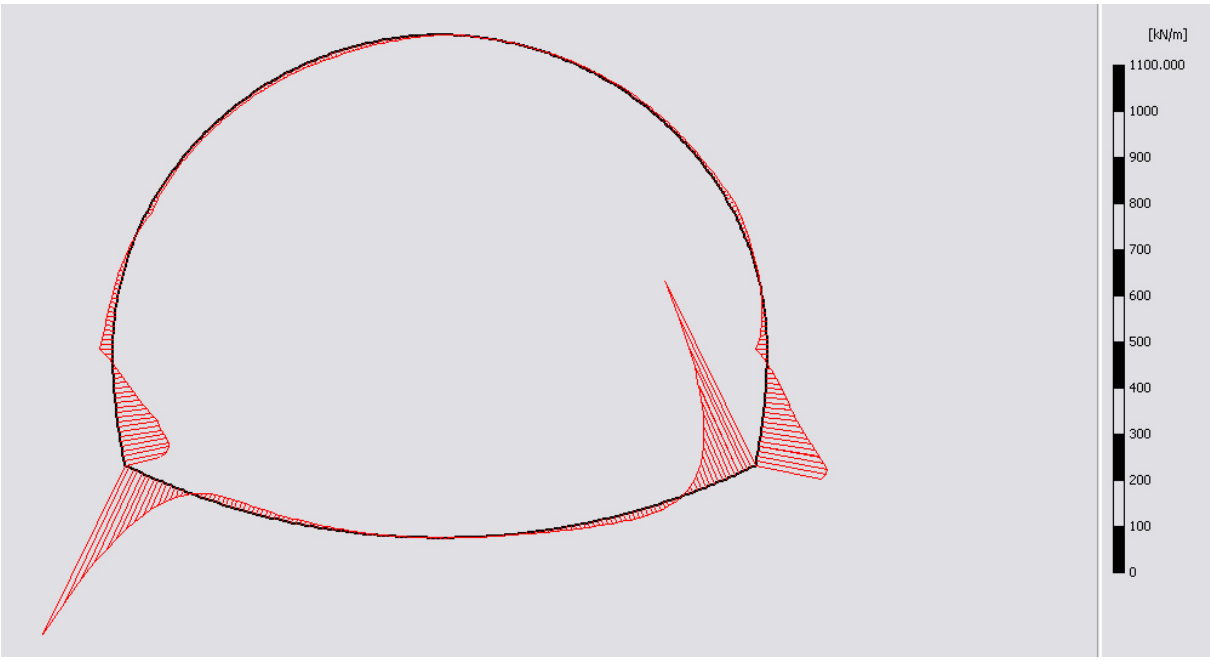
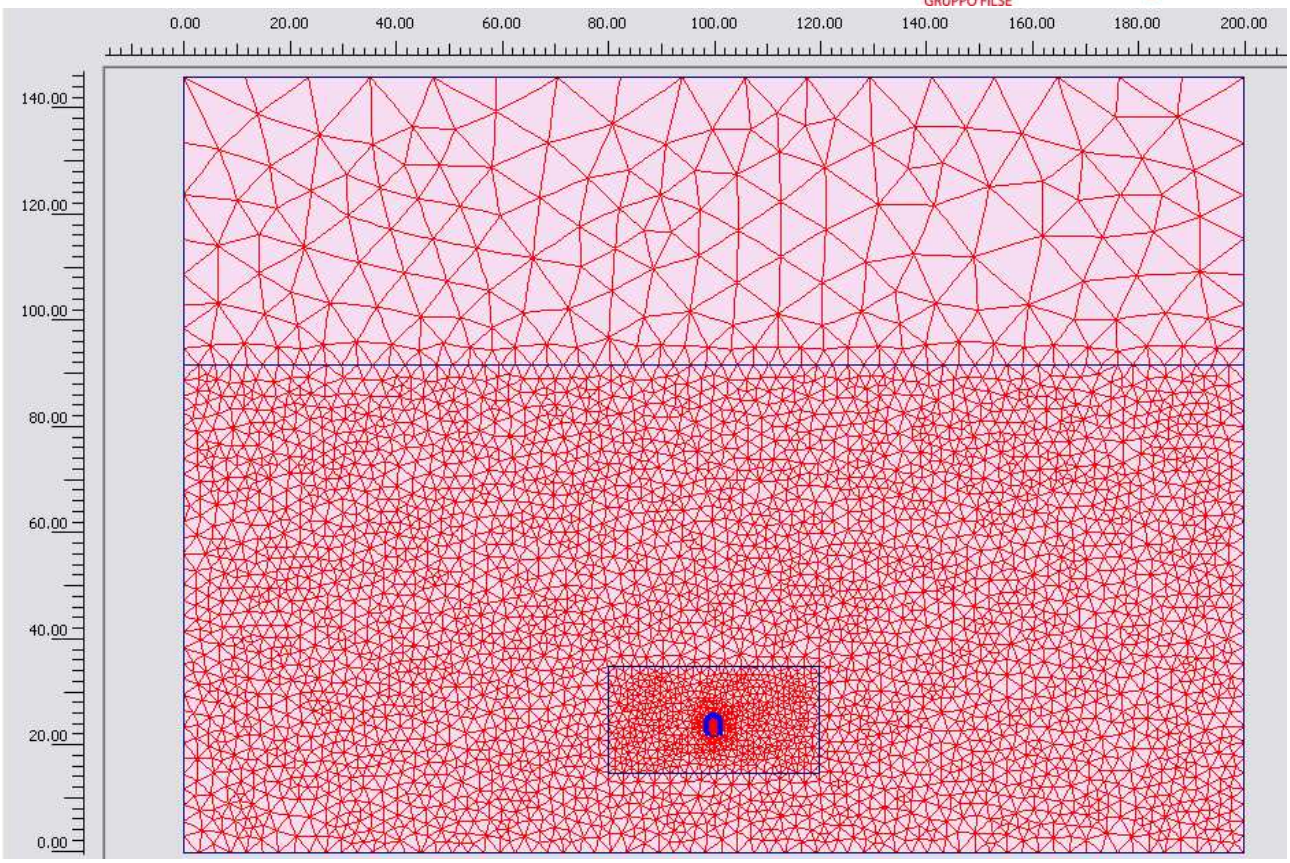
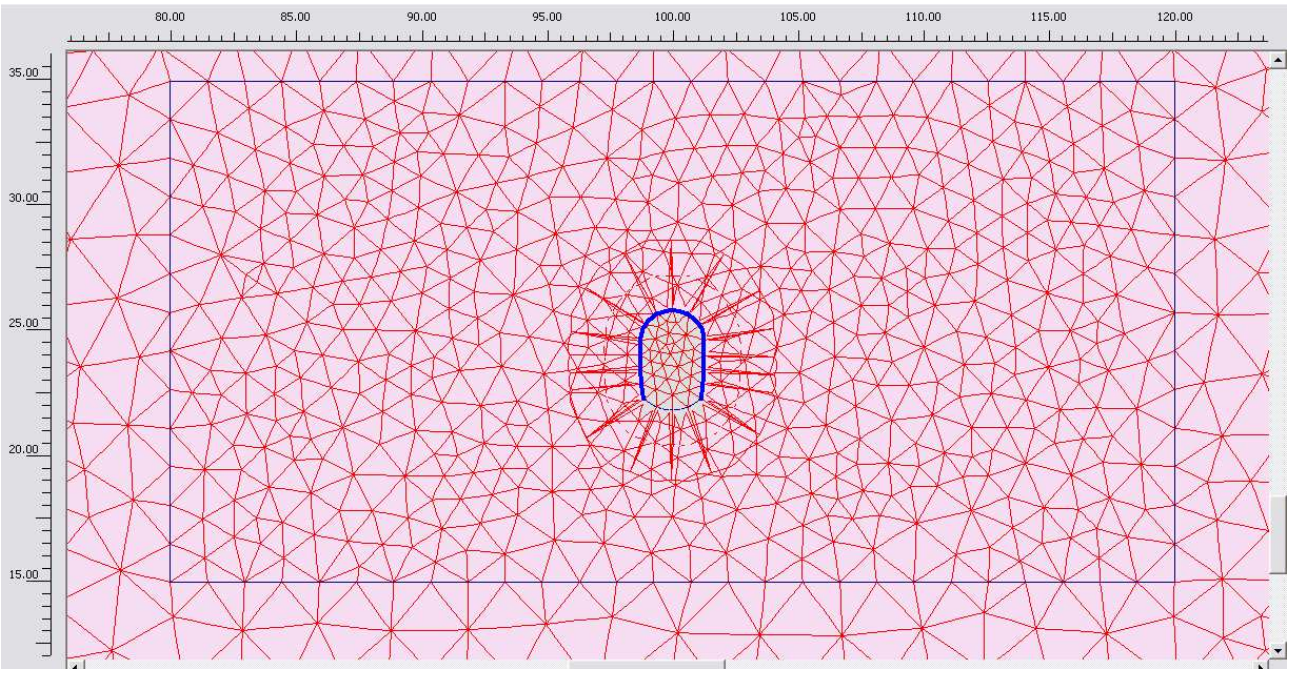


Figura 10.91 : Analisi B1a_VTR_RD_H40_T18 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, T_{max}= 450 kN/m



a)



b)

Figura 12.1 : Cunicolo_H120 - Geometria e discretizzazione agli elementi finiti del cunicolo di esodo

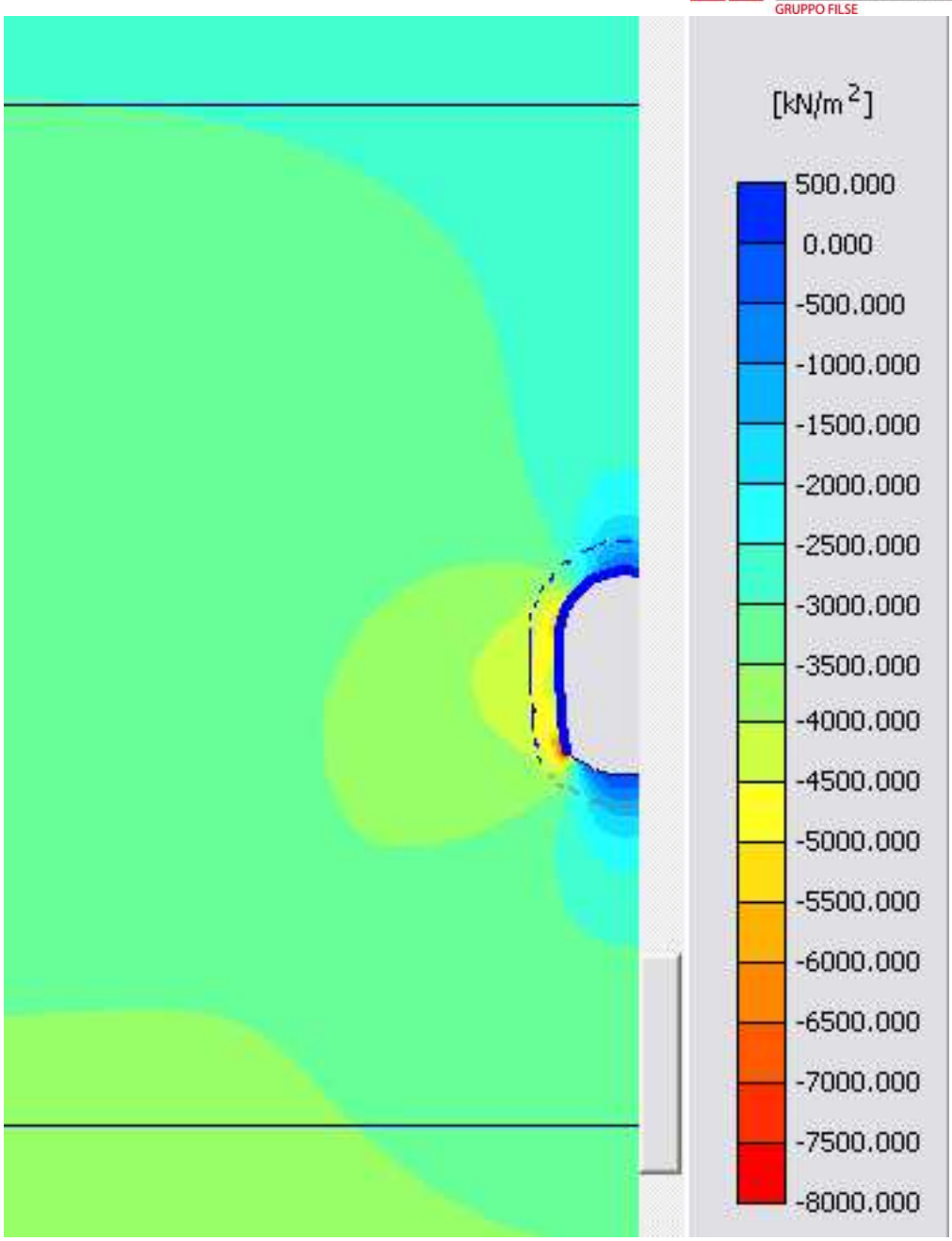


Figura 12.2 : Analisi Cunicolo_H120 - Curve di livello delle tensioni verticali.

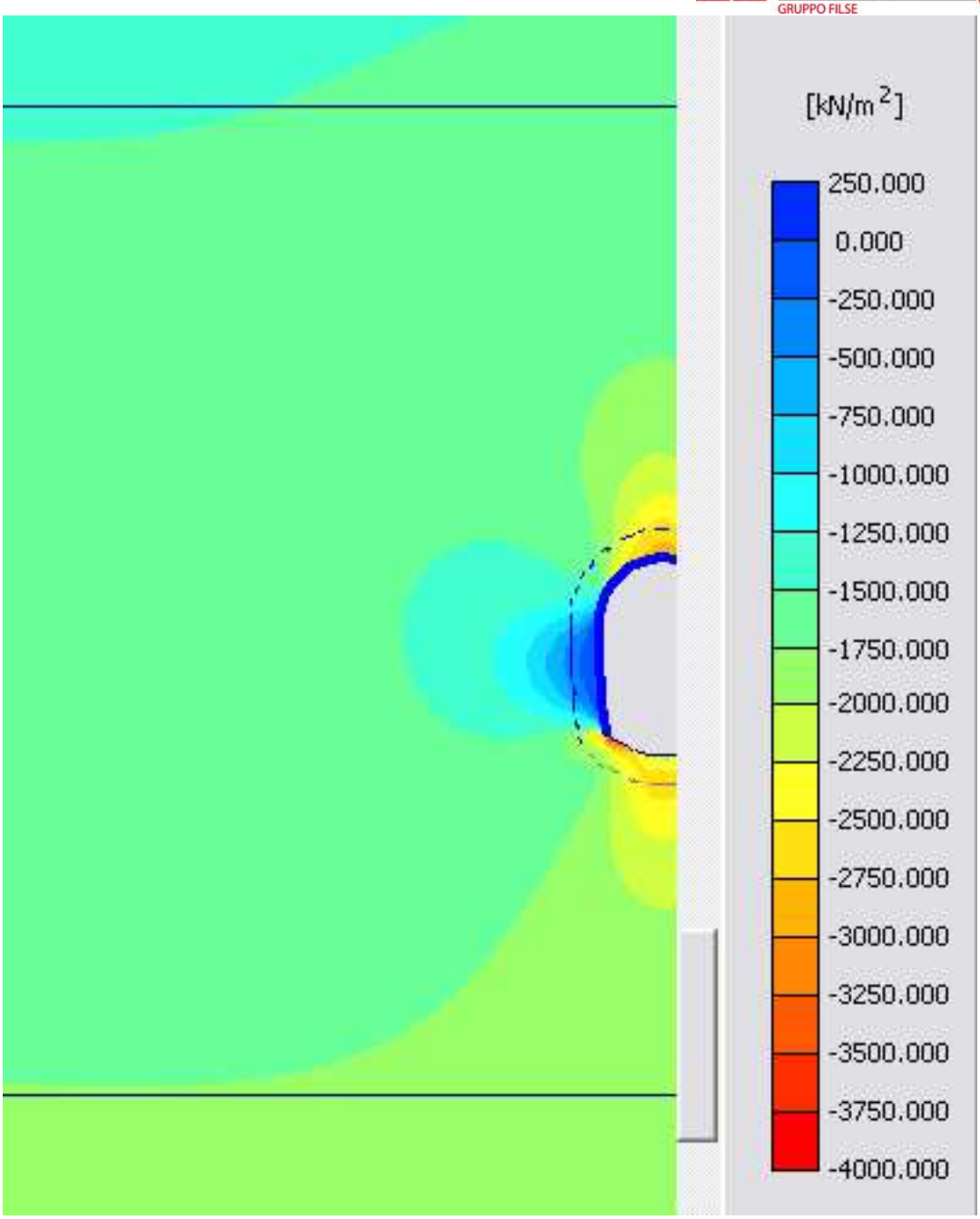


Figura 12.3 : Analisi Cunicolo_H120 - Curve di livello delle tensioni orizzontali

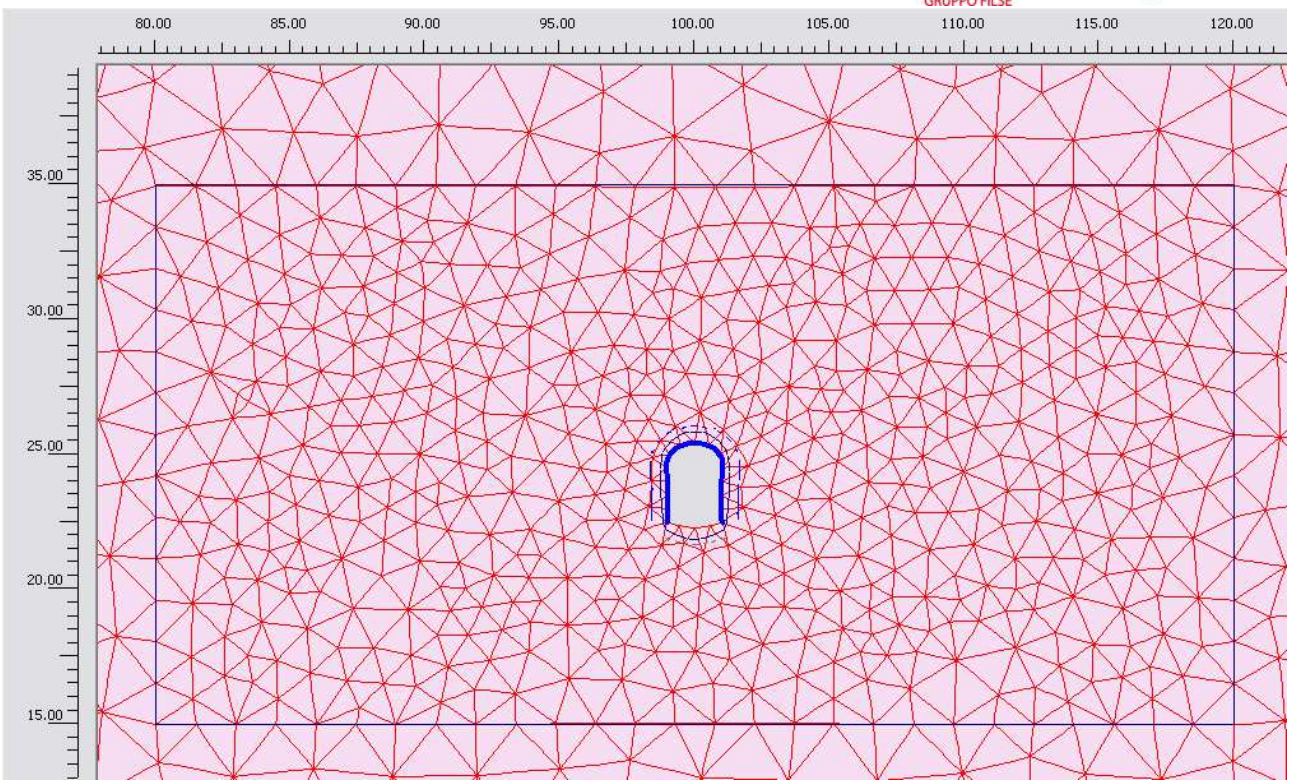


Figura 12.4 Analisi Cunicolo_H120 – Mesh deformata

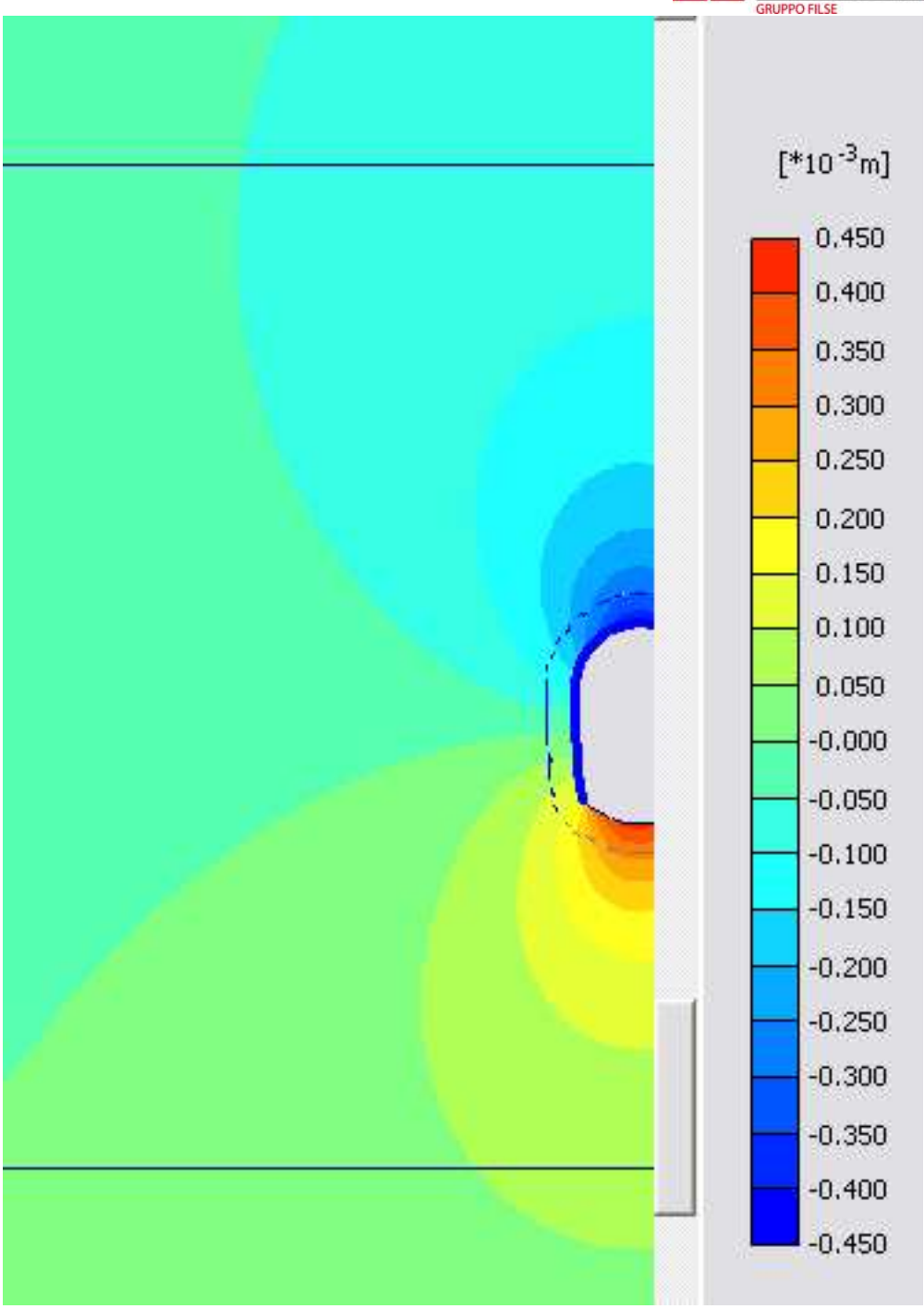


Figura 12.5: Analisi Cunicolo_H120 – Curve di livello degli spostamenti verticali

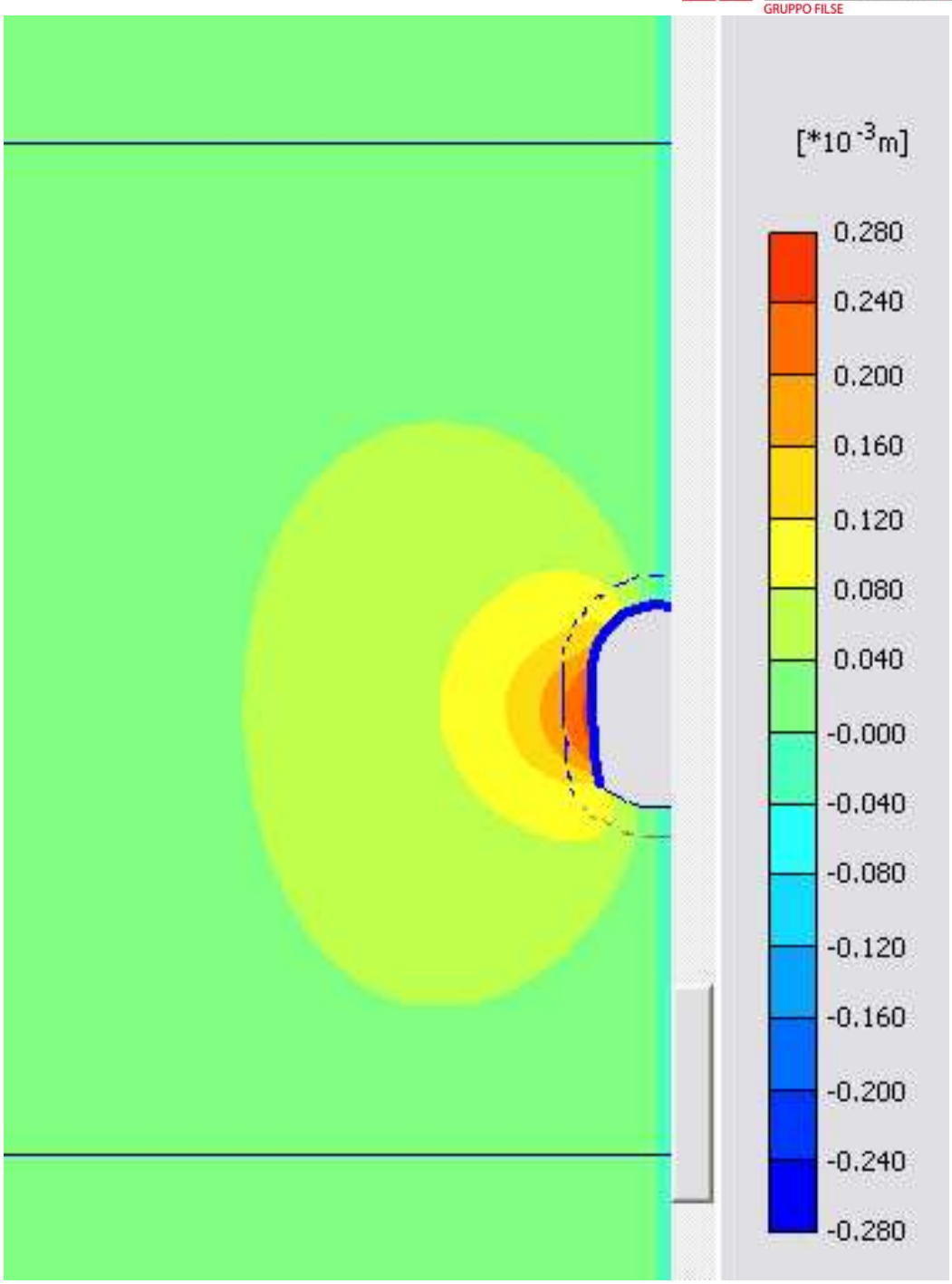


Figura 12.6 : Analisi Cunicolo_H120 – Curve di livello degli spostamenti orizzontali

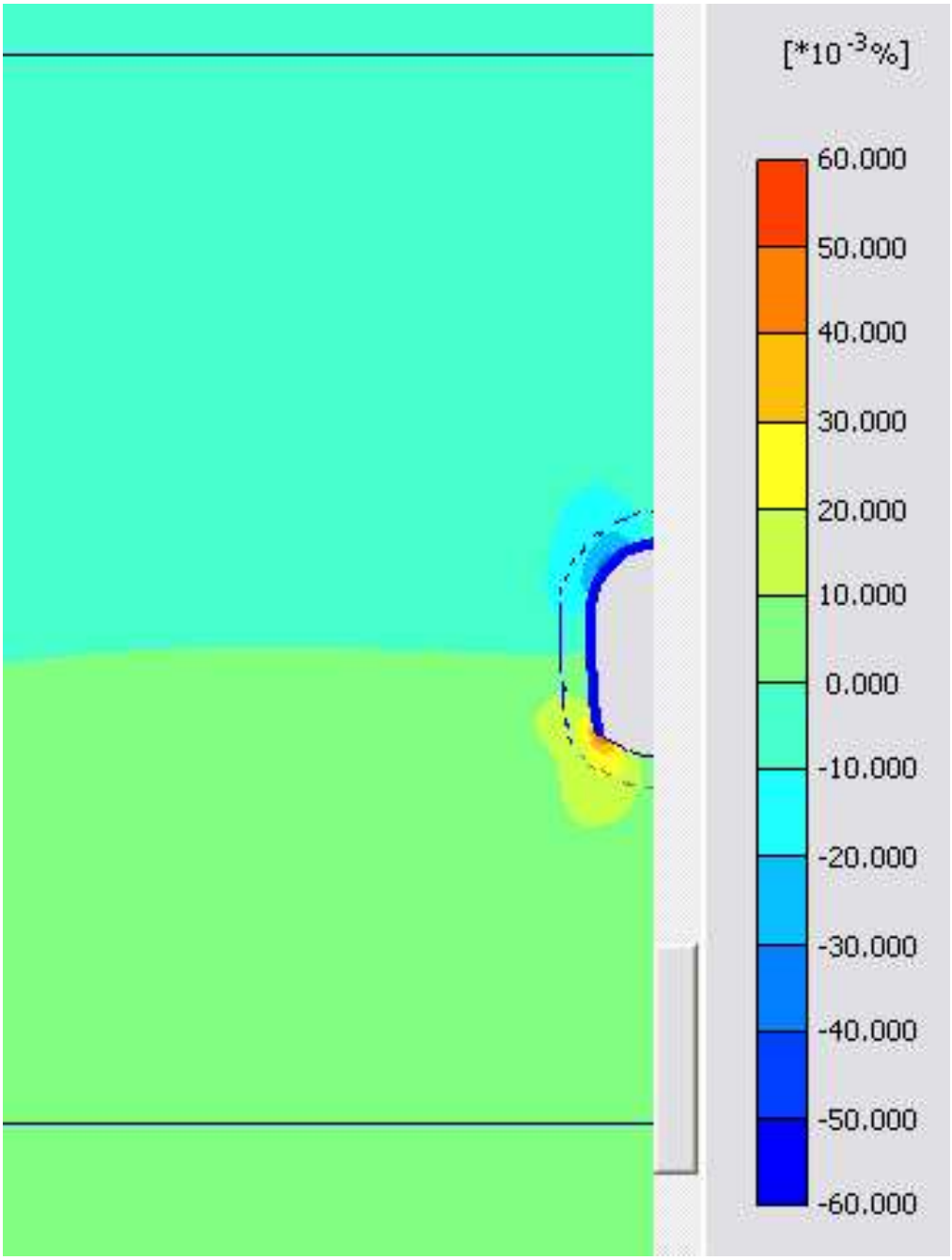


Figura 12.7 : Analisi Cunicolo_H120 – Curve di livello delle deformazioni di taglio

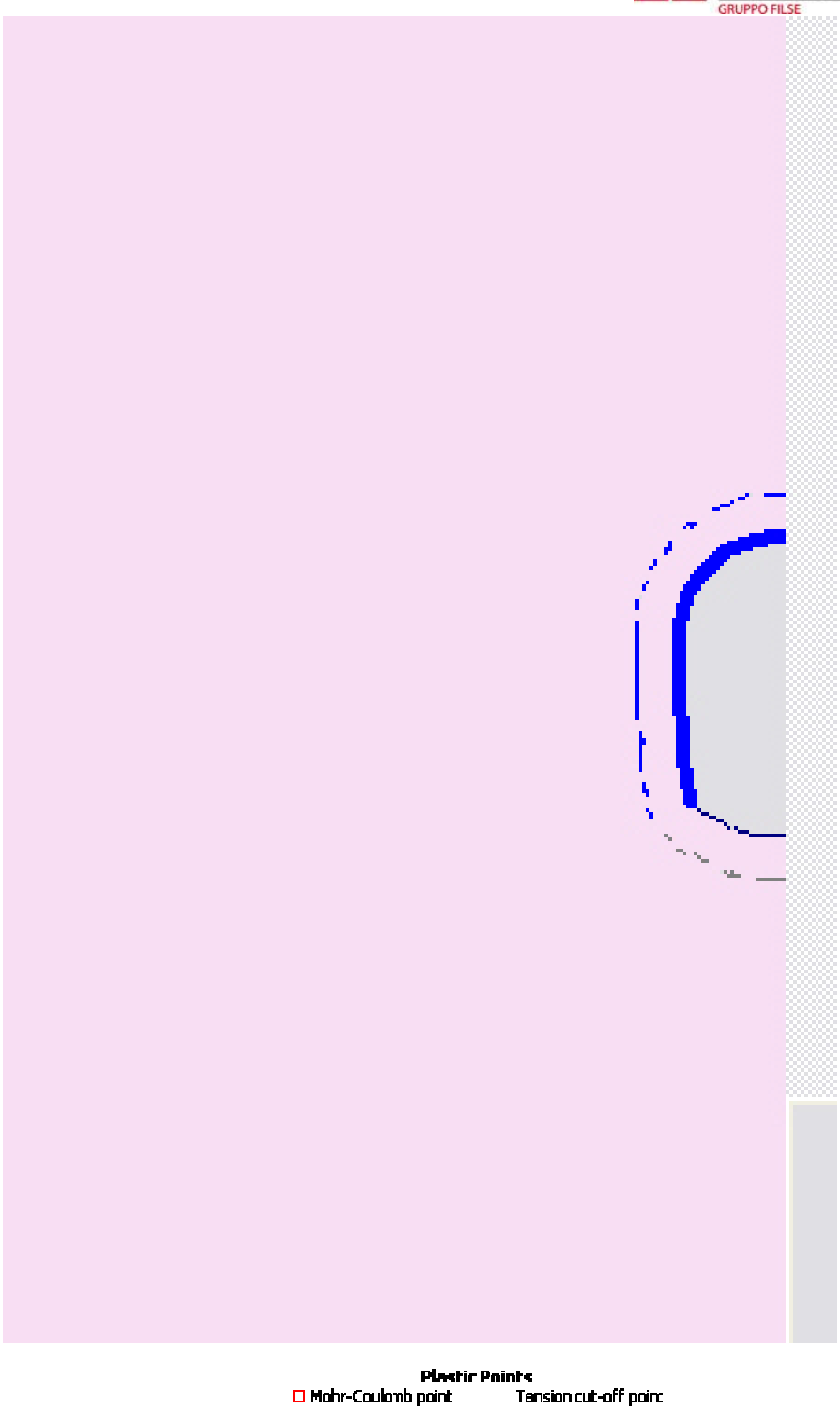


Figura 1208 : Analisi Cunicolo_H120 – Distribuzione delle zone plasticizzate

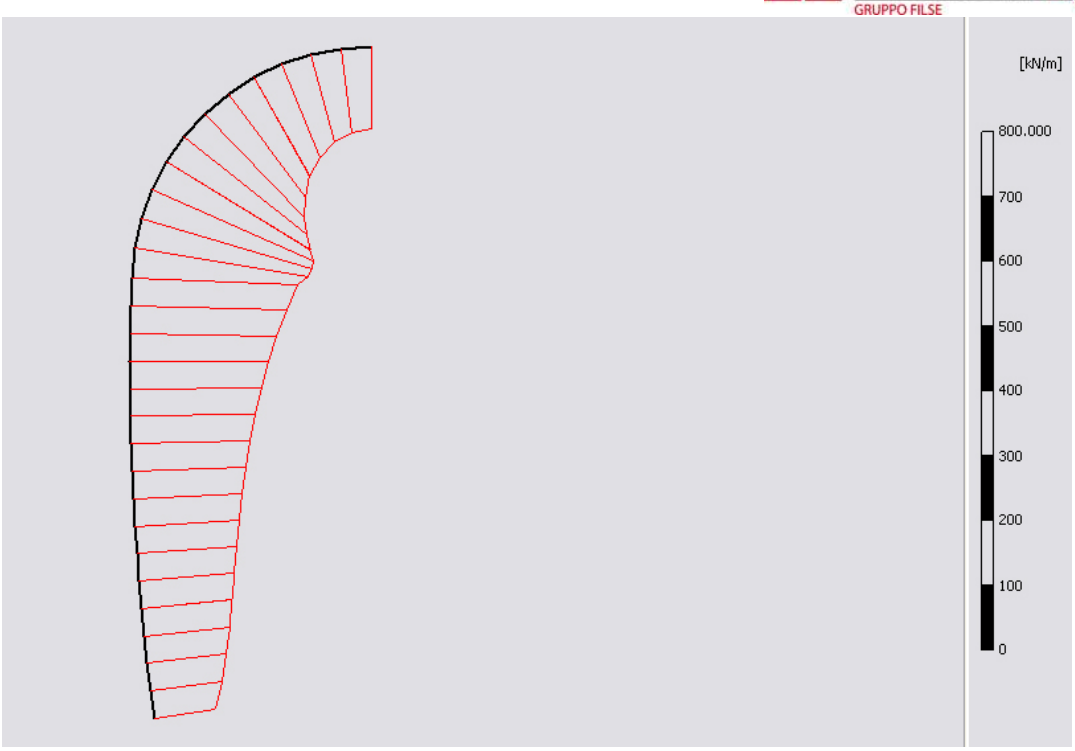


Figura 12.9 : Analisi Cunicolo_H120 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento provvisorio, N_{max}= -274.2 kN/m

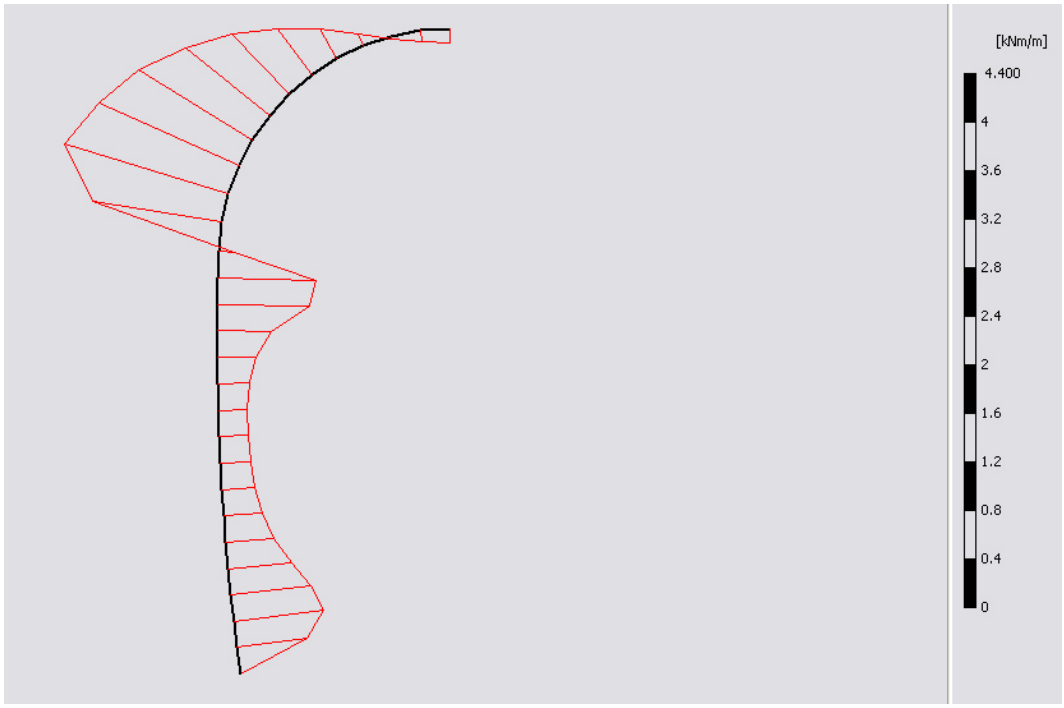


Figura 12.10 : Analisi Cunicolo_H120 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento provvisorio, M_{max}= 1.4 kNm/m



Figura 12.11 : Analisi Cunicolo_H120 – Distribuzione del taglio nel rivestimento provvisorio, T_{max}=10.5 kN/m

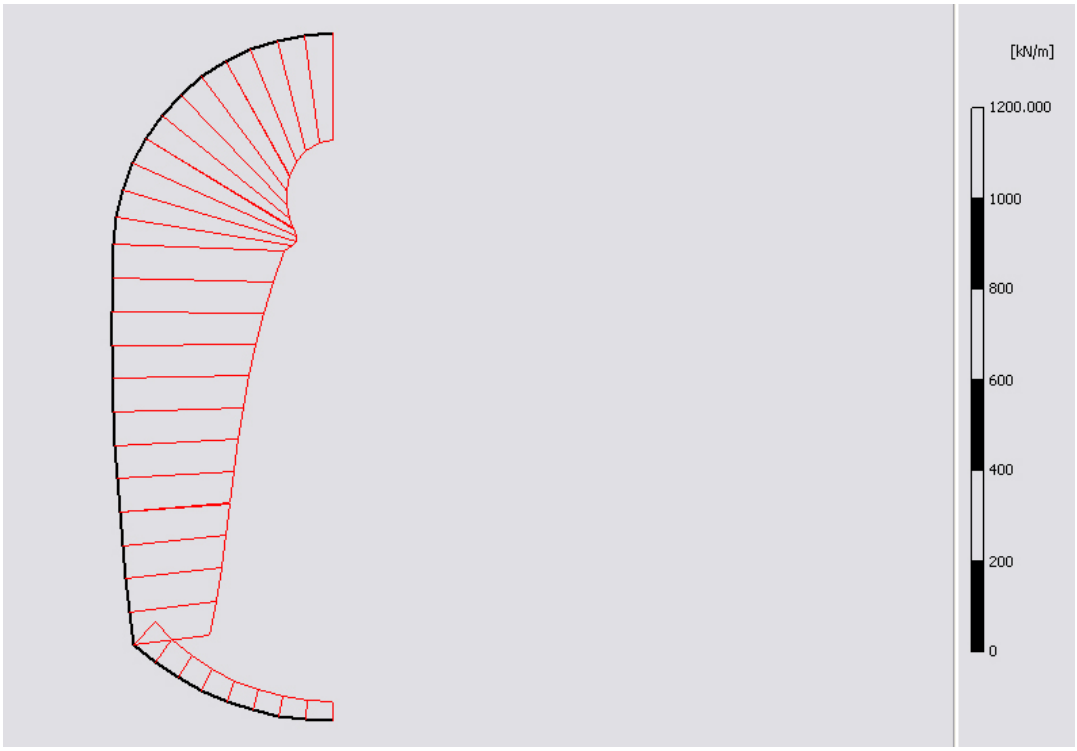


Figura 12.12 : Analisi Cunicolo_RD_H120 – Distribuzione dello sforzo normale nel rivestimento definitivo, N_{max}= --401.5 kN/m²

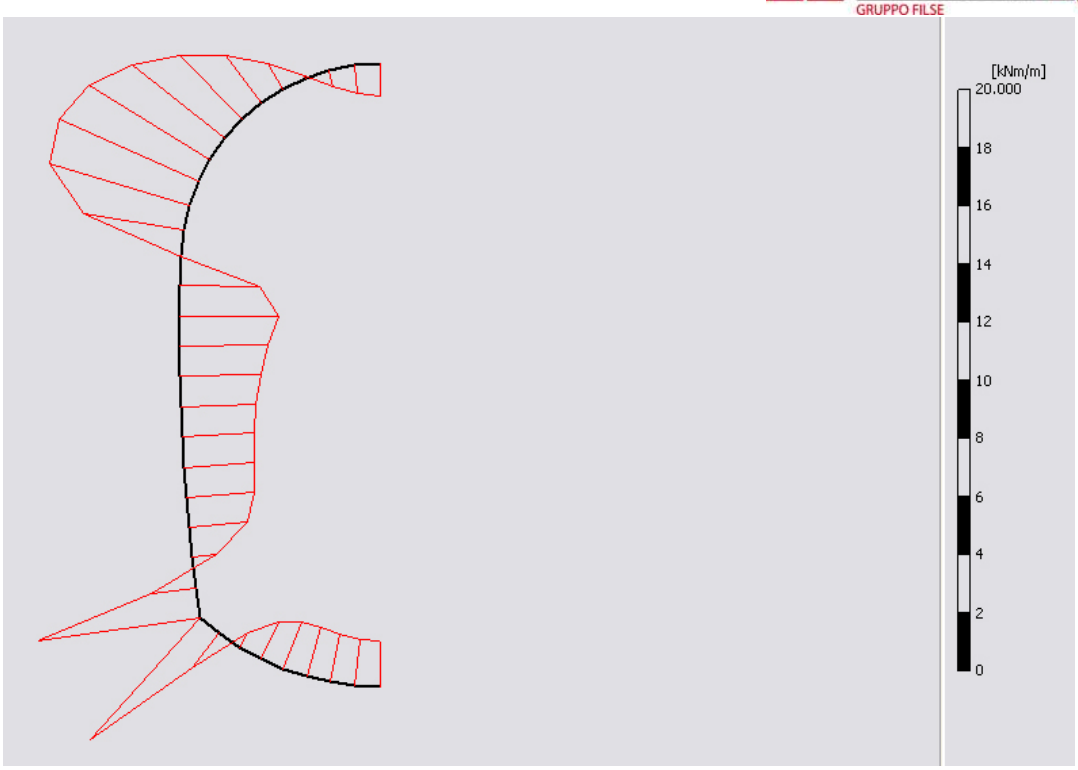


Figura 12.13 : Analisi Cunicolo_RD_H120 – Distribuzione del momento flettente nel rivestimento definitivo, M_{max}= 5.6 kNm/m

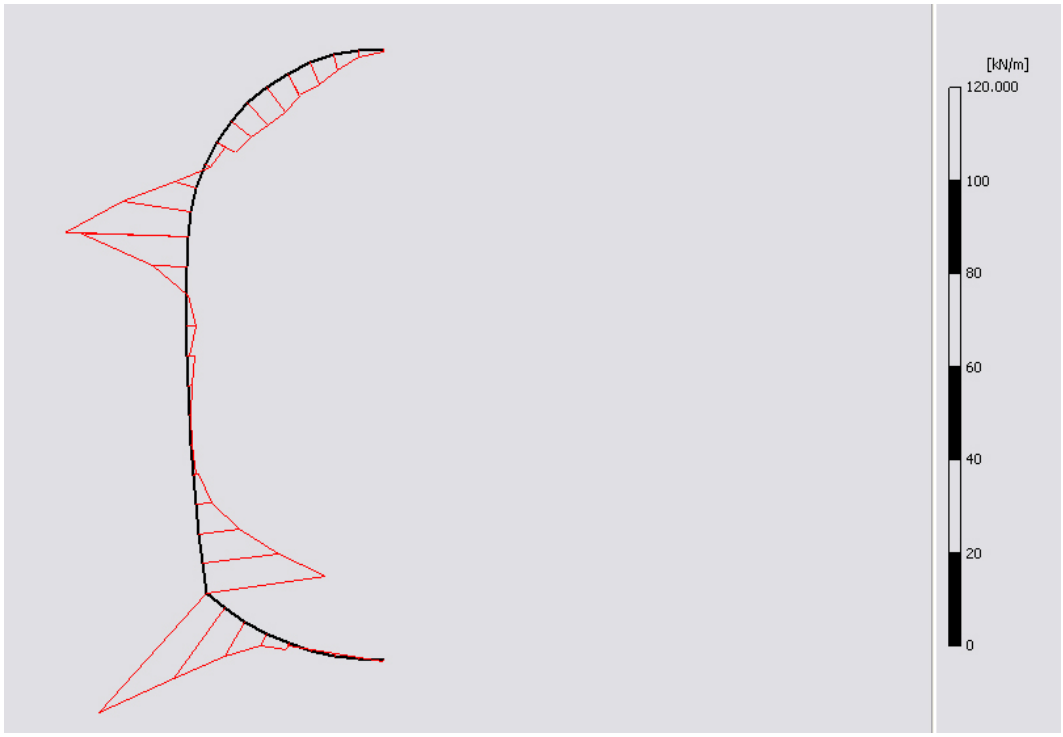


Figura 12.14 : Analisi Cunicolo_RD_H120 – Distribuzione del taglio nel rivestimento definitivo, T_{max}= 34.6kN/m

TABELLE

Tabella 4.1 : Parametri fisici e meccanici adottati per il dimensionamento delle gallerie naturali

Tratto	Litotipo	Parametri geomeccanici di calcolo				
		γ	c_k	ϕ_k	E	ν
		(Kn/m^3)	(kPa)	(°)	(kPa)	
1	D (Imbocco lato Noli)	27	80	38	2.0E6	0.25
2	D	27	910	59.4	1.6E7	0.25
3	Faglia D	27	180	48	8.0E5	0.3
5	Faglia D	27	200	46.5	8.0E5	0.3
7	Faglia D	27	200	46.5	8.0E5	0.3
9	Faglia D	27	300	44	8.0E5	0.3
10	D	27	1320	51.6	1.6E7	0.25
15	Contatto D/C	27	220	44	6.3E5	0.3
16	C	27	760	55.9	1.6E7	0.25
17	C	26	430	57.3	1.5E7	0.25
18	C (Imbocco lato Finale)	26	400	40	5.0E6	0.25

Legenda: D= Dolomie di San Pietro ai Monti. Nella presente relazione saranno indicate per brevità con D
C= Calcare Val Tanarello. Nella presente relazione saranno indicate per brevità con C
γ =Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
c_k =Coesione dell'ammasso roccioso
ϕ_k =Peso dell'unità dell'ammasso roccioso
E = Modulo di Young medio dell'ammasso roccioso

Tabella 5.1 : Fase diagnosi : valori di convergenza del cavo e dei raggi plastici stimati con il metodo delle linee caratteristiche *nel caso di scavo libero*

Tratto	Litotipo	H	Analisi	Parametri geomeccanici di calcolo					Fase diagnosi				Categoria
				γ	c_k	ϕ_k	E	ν	C_f	$(Rp/R)_f$	C_∞	$(R_p/R)_\infty$	
		(m)		(Kn/m^3)	(kPa)	(°)	(kPa)		(cm)		(cm)		
1	D (Imbocco lato Noli)	30	**B/C_0_H30_T01**	27	80	38	2.0E6	0.25	0.4	1.03	1.5	1.51	**B/C**
2	D	50	**A_0_H50_T02**	27	910	59.4	1.6E7	0.25	0.0	1.00	0.2	1.00	**A**
3	Faglia D	60	**B_0_H60_T03**	27	180	48	8.0E5	0.3	1.4	1.00	4.9	1.21	**B**
5	Faglia D	80	**B_0_H80_T05**	27	200	46.5	8.0E5	0.3	2.0	1.00	7.0	1.27	**B**
7	Faglia D	110	**B_0_H110_T07**	27	200	46.5	8.0E5	0.3	2.9	1.00	10.6	1.34	**B**
9	Faglia D	140	**B/C_0_H140_T09**	27	300	44	8.0E5	0.3	3.6	1.00	13.6	1.36	**B/C**
10	D	150	**A_0_H150_T10**	27	1320	51.6	1.6E7	0.25	0.0	1.00	0.4	1.01	**A-A/B**
15	Contatto D/C	90	**B_0_H90_T15**	27	220	44	6.3E5	0.3	2.9	1.00	10.7	1.33	**B**
16	C	90	**A_0_H90_T16**	27	760	55.9	1.6E7	0.25	0.0	1.00	0.3	1.00	**A**
17	C	60	**A_0_H60_T17**	26	430	57.3	1.5E7	0.25	0.0	1.00	0.2	1.01	**A**
18	C (Imbocco lato Finale)	40	**A/B_0_H40_T18**	26	400	40	5.0E6	0.25	0.1	1.00	0.4	1.05	**A/B**

Legenda:
H= Copertura
γ =Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
c_k =Coesione dell'ammasso roccioso
ϕ_k =Peso dell'unità dell'ammasso roccioso
E = Modulo di Young medio dell'ammasso roccioso
$C_{,f}$= Convergenza al fronte
C_∞ = Convergenza lontano dal fronte
$R_{p,f}$ =Raggio plastico al fronte
$R_{p,\infty}$ =Raggio plastico lontano dal fronte

ν=Coefficiente di Poisson R =Raggio della galleria

Tabella 5.2 : Fase diagnosi : valori del fattore di sicurezza FS del fronte di scavo in funzione della lunghezza di scavo non rivestita stimati con il metodo dell'equilibrio limite (Tamez, 1985) *nel caso di scavo libero*

Tratto	Litotipo	H	Analisi	Parametri geomeccanici				Fase diagnosi		Categoria
				γ	c_k	ϕ_k	Ko	a	FS	
		(m)		(Kn/m³)	(kPa)	(°)		(m)		
1	D (Imbocco lato Noli)	8	**B_0_H8_T01_ eq_lim**	27	80	38	0.5	0.5	2.27	**B/C**
								1.0	2.14	
								1.5	1.80	
								2.0	1.41	
								2.5	1.17	
								3.0	1.01	
1	D (Imbocco lato N oli)	15	**B_0_H15_T01_ eq_lim**	27	80	38	0.5	0.5	2.14	**B/C**
								1.0	2.00	
								1.5	1.80	
								2.0	1.41	
								2.5	1.17	
								3.0	1.01	

Legenda: H= Copertura
γ =Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
ϕ_k =Peso dell'unità dell'ammasso roccioso
c_k =Coesione dell'ammasso roccioso
Ko = Coefficiente di spinta in quiete
a = sfondo della galleria (tratto non rivestito)

FS = Fattore di sicurezza nei confronti della stabilità al fronte = min (FSF, FS3)

Tabella 6.1 : Sezioni tipo

Sezione tipo	Tratte di applicazione			sfondo	Interventi di preconsolidamento/ presostegno			Rivestimento provvisorio	Rivestimento definitivo	
	Sezione tipo prevista	LIT.	H (m)	(m)	Chiodi(*)	Infilaggi			spessore, s (cm)	a una distanza massima dal fronte
						Contorno(**)	Fronte(***)			
A1, A1a	in corrispondenza delle formazioni delle dolomie, e del calcare con assetto stratigrafico a basso grado di fratturazione e per le coperture intermedie	D C	30-90	3	Presenti	Assenti	Assenti	(10)+15cm spritz	Arco rovescio s=50cm Calotta s=50cm	Arco rovescio: <3ϕ Calotta: variabile
A2	in corrispondenza delle formazioni delle dolomie con assetto stratigrafico a basso grado di fatturazione e per le copertura massime	D	90-150	3	Assenti	Assenti	Assenti	1HEB140/150+ (10)+15cm spritz	Arco rovescio s=50cm Calotta s=50cm	Arco rovescio<3 ϕ Calotta: variabile
B1	in corrispondenza di zone di faglia, e di contatti tettonici tra le diverse formazioni, per coperture intermede H<110m	FAGLIA H<110	60-110	2	Assenti	Presenti	Assenti	2IPN180/100+ (10)+20cm spritz	Arco rovescio s=90cm Calotta s=60-130cm	Arco rovescio <2 ϕ Calotta a 4ϕ
B2_VTR	in corrispondenza di zone di faglia, e di contatti tettonici tra le diverse formazioni, per coperture elevate H>110m	FAGLIA H>110	110-140	2	Assenti	Presenti	Presenti	2IPN240/100+ (10)+30cm spritz	Arco rovescio s=90cm Calotta s=60-130cm	Arco rovescio <2 ϕ Calotta a 4ϕ
B1_VTR B1_VTR_a	nelle tratte di imbocco sia in dolomia (B1_VTR) che in calcare (B1a_VTR)	imbocco	8-30;20-50	2	Assenti	Presenti	Presenti	2IPN180/100+ (10)+20cm spritz	Arco rovescio s=90cm Calotta s=60-130cm	Arco rovescio <2 ϕ Calotta a 4ϕ

Legenda: H= Copertura ; ϕ= diametro della galleria
(*) Se presenti 6/7 chiodi radiali tipo Swelleex o ct Bolt L=4 m, maglia 2.25 m (trasv) x 1.25 m (long)
(**) Se presenti, N. 37 tubi metallici ϕ 88.9 mm, sp. 10mm L=18 m, sovrapposizione 6.0 m
(***)Se presenti, N. 40 tubi in VTR ϕ 60/40 mm, sp. 10mm L=18 m, sovrapposizione 6.0 m

Tabella 6.2 : Fase di terapia valori di convergenza del cavo e dei raggi plastici stimati con analisi numeriche

Tratto	Lit.	H	Analisi	Mod. costitutivo	Parametri geomeccanici di calcolo							Cat	Fase terapia		
					γ	c_k	ϕ_k	E	ν	ψ	Ko		Sez. Tipo	C max	Rp/R
		(m)			(Kn/m^3)	(kPa)	(°)	KPa		(°)				(cm)	mm
1	Imbocco D	30	**B1_VTR_H30_T01**	**MC**	27	80	38	2.0E6	0.25	ϕ/2	0.5	**B/C**	**B1_VTR**	1.3	1.40
2	D	50	**A1_H50_T02**	**MC**	27	910	59.4	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5	**A**	**A1**	0.2	1.00
3	Faglia D	60	**B1_H60_T03**	**MC**	27	180	48.0	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5	**B**	**B1**	4.8	1.20
5	Faglia D	80	**B1_H80_T05**	**MC**	27	200	46.5	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5	**B**	**B1**	6.3	1.20
7	Faglia D	110	**B1_H110_T07**	**MC**	27	200	46.5	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5	**B**	**B1**	8.9	1.30
9	Faglia D	140	**B2_VTR_H140_T09**	**MC**	27	300	44	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5	**B/C**	**B2_VTR**	10.9	1.30
10	D	150	**A2_H150_T10**	**MC**	27	1320	51.6	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5	**A-A/B**	**A2**	0.5	1.01
15	Contatto D/C	90	**B1_H90_T15**	**MC**	27	220	44	6.3e5	0.3	ϕ/2	0.5	**B**	**B1**	9.0	1.30
16	C	90	**A1_H90_T16**	**MC**	27	760	55.9	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5	**A**	**A1**	0.3	1.00
17	C	60	**A1a_H60_T17**	**MC**	26	430	57.3	1.5E7	0.25	ϕ/2	0.5	**A**	**A1a**	0.3	1.01
18	Imbocco C	40	**B1a_VTR_H40_T18**	**MC**	26	400	40	5.0E6	0.25	ϕ/2	0.5	**A/B**	**B1a_VTR**	0.5	1.02

Legenda: H= Copertura
Ko = Coefficiente di spinta in quiete MC = Modello costitutivo di Mohr-Coulomb

γ = Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
c_k = Coesione dell'ammasso roccioso
ϕ_k = Peso dell'unità dell'ammasso roccioso
E = Modulo di Young medio dell'ammasso roccioso
ν= Coefficiente di Poisson
Ψ = Dilatanza

$C_{,f}$ = Convergenza al fronte
C_∞ = Convergenza lontano dal fronte
$R_{p,f}$ = Raggio plastico al fronte
$R_{p,\infty}$ = Raggio plastico lontano dal fronte
R = Raggio della galleria

Tabella 6.3: Convergenze ed estrusioni attese per le sezioni tipo previste in progetto

Sez. Tipo	Convergenza attesa C max	Estrusione attesa
	(cm)	(cm)
A1 A1a	<0.5-1.0	TIPO A: nucleo – fronte stabile
A2	<1.5	TIPO A: nucleo – fronte stabile
B1	4.0-9.0	<3.0
B2_VTR	7.0-11.0	<5.0
B1_VTR B1a_VTR	1.0-4.0	<3.0

Tabella 9.1 : Metodo dell'equilibrio limite(Tamez, 1985): correlazione tra coesione c, valore del coefficiente di sicurezza e comportamento dell'ammasso interessato (Cornejo, 1989)

	Elastico	Elasto-plastico	Rottura	Rottura Fragile
c	**c>0.3γH**	**0.3γH >c>0.15γH**	**c<0.15γH**	**C<0.3γH**
FS	>=2	Per 1.5 cedimento normalmente ammissibile	<1	Per FS>3.14c/γ/Z non si hanno rotture a lungo termine
		Per 1.3<FS<1.5 cedimenti significativi		Per FS>2 non si rendono necessari dei sostegni
				Per FS=1.25 non si ha rottura a breve termine

Legenda: H= Copertura
γ = Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
c= Coesione dell'ammasso roccioso
FS = Fattore di sicurezza nei confronti della stabilità al fronte = min (FSF, FS3)

Tabella 9.2 : Fase diagnosi : valori di convergenza del cavo stimati con il metodo delle linee caratteristiche *nel caso di scavo libero*

Analisi	Interventi di preconsolidamento al fronte (*)	Tratto	Lit.	H	Parametri geomeccanici di calcolo					Fase diagnosi				Categoria
					γ	c_k	ϕ_k	E	ν	u_f	$(Rp/R)_f$	u_∞	$(R_p/R)_\infty$	
				(m)	(KN/m^3)	(kPa)	(°)	(kPa)		(cm)		(cm)		
A_0_H50_T02	assenti	2	D	50	27	910	59.4	1.6E7	0.25	0.00	1.00	0.08	1.00	**A**
A_0_H90_T16	assenti	16	C	90	27	760	55.9	1.6E7	0.25	0.00	1.00	0.13	1.00	
A_0_H60_T17	assenti	17	C	60	26	430	57.3	1.5E7	0.25	0.01	1.00	0.11	1.01	
A_0_H150_T10	assenti	10	D	150	27	1320	51.6	1.6E7	0.25	0.01	1.00	0.21	1.01	**A -A/B**
B_0_H60_T03	assenti	3	Faglia D	60	27	180	48	8.0E5	0.3	0.70	1.00	2.44	1.21	**B**
B_0_H80_T05	assenti	5	Faglia D	80	27	200	46.5	8.0E5	0.3	0.99	1.00	3.50	1.27	
B_0_H110_T07	assenti	7	Faglia D	110	27	200	46.5	8.0E5	0.3	1.46	1.00	5.32	1.34	
B_0_H90_T15	assenti	15	Contatto D/C	90	27	220	44	6.3E5	0.3	1.44	1.00	5.36	1.33	
B/C_0_H140_T09	assenti	9	Faglia D	140	27	300	44	8.0E5	0.3	1.80	1.00	6.81	1.36	**B/C**
	presenti				27	300	44	8.0E5	0.3	1.67	1.00	6.81	1.36	
B/C_0_H30_T01	assenti	1	D	30	27	80	38	2.0E6	0.25	0.18	1.03	0.73	1.51	**B/C**
	presenti		(Imbocco)		27	80	38	2.0E6	0.25	0.13	1.00	0.73	1.51	

A/B_0_H40_T18	assenti	1	C	40	26	400	40	5.0E6	0.25	0.03	1.00	0.20	1.05	**A/B**
	presenti		(Imbocco)		26	400	40	5.0E6	0.25	0.02	1.00	0.20	1.05	

Legenda:
H= Copertura
γ =Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
c_k =Coesione dell'ammasso roccioso
ϕ_k =Peso dell'unità dell'ammasso roccioso
E = Modulo di Young medio dell'ammasso roccioso
ν=Coefficiente di Poisson
$C_{,f}$= Convergenza al fronte
C_∞ = Convergenza lontano dal fronte
$R_{p,f}$ =Raggio plastico al fronte
$R_{p,\infty}$ =Raggio plastico lontano dal fronte
R =Raggio della galleria
(*) Se presente N. 40 tubi in VTR ϕ 60/40 mm, sp. 10mm L=18 m, sovrapposizione 6.0 m

Tabella 9.3 : Fase diagnosi : fattore di sicurezza in funzione della lunghezza di scavo non rivestita stimati con il metodo dell'equilibrio limite (Tamez)

Tratto	**Lit.**	**H**	**Analisi**	**Parametri geomeccanici di calcolo**				**Fase diagnosi**			**Categoria**
				γ	c_k	ϕ_k	Ko	a	**FS**		
		(m)		(KN/m^3)	(kPa)	(°)		(m)	Consolidamento al fronte (*)		
									assente	presente	
1	D (Imbocco)	8	**B_0_H8_T01_eq_lim**	27	80	38	0.5	0.5	2.27	3.46	**B/C**
								1.0	2.14	3.27	
								1.5	1.80	2.76	
								2.0	1.41	2.15	
								2.5	1.17	1.78	
								3.0	1.01	1.54	
1	D (Imbocco)	15	**B_0_H15_T01_ eq_lim**	27	80	38	0.5	0.5	2.14	2.62	**B/C**
								1.0	2.00	2.45	
								1.5	1.80	2.21	

								2.0	1.41	1.72	
								2.5	1.17	1.43	
								3.0	1.01	1.24	

Legenda: H= Copertura

γ =Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
c_k =Coesione dell'ammasso roccioso
ϕ_k =Peso dell'unità dell'ammasso roccioso
Ko = Coefficiente di spinta in quiete

a = sfondo della galleria (tratto non rivestito)
FS = Fattore di sicurezza nei confronti della stabilità al fronte
pe= Pressione di confinamento agente al fronte di scavo

(*) Se presente N. 40 tubi in VTR ϕ 60/40 mm, sp. 10mm L=18 m, sovrapposizione 6.0 m

Tabella 10.1 : Programma delle principali analisi numeriche svolte in fase di terapia

Fase terapia			Tratto	Lit.	H	Modello costitutivo	Parametri geomeccanici di calcolo						
Sez. Tipo	Analisi	Fasi di calcolo			(m)		γ (Kn/m^3)	c_k (kPa)	ϕ_k (°)	E KPa	ν	ψ (°)	Ko
A1	**A1_H50_T02**	Tab. 10.5	2	D	50	**MC**	27	910	59.4	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5
A1	**A1_H90_T16**	Tab. 10.5	16	C	90	**MC**	27	760	55.9	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5
A1a	**A1a_H60_T17**	Tab. 10.6	17	C	60	**MC**	26	430	57.3	1.5E7	0.25	ϕ/2	0.5
A2	**A2_H150_T10**	Tab. 10.5	10	D	150	**MC**	27	1320	51.6	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5
B1	**B1_H60_T03**	Tab. 10.7	3	Faglia D	60	**MC**	27	180	48.0	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5
B1	**B1_H80_T05**	Tab. 10.7	5	Faglia D	80	**MC**	27	200	46.5	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5
B1	**B1_H110_T07**	Tab. 10.7	7	Faglia D	110	**MC**	27	200	46.5	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5
B1	**B1_H90_T15**	Tab. 10.7	15	Contatto D/C	90	**MC**	27	220	44	6.3e5	0.3	ϕ/2	0.5

B2_VTR	**B2_VTR_H140_T09**	Tab. 10.7	9	Faglia D	140	**MC**	27	300	44	8.0e5	0.3	$\phi/2$	0.5
B1_VTR	**B1_VTR_H30_T01**	Tab. 10.7	1	Imbocco D	30	**MC**	27	80	38	2.0E6	0.25	$\phi/2$	0.5
B1a_VTR	**B1a_VTR_H40_T18**	Tab. 10.8	18	Imbocco C	40	**MC**	26	400	40	5.0E6	0.25	$\phi/2$	/

Legenda:

H= Copertura

Ko = Coefficiente di spinta in quiete

γ =Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso

c_k =Coesione dell'ammasso roccioso

ϕ_k =Peso dell'unità dell'ammasso roccioso

E = Modulo di Young medio dell'ammasso roccioso

ν= coefficiente di Poisson

Ψ =Dilatanza

Tabella 10.2 : Caratteristiche della discretizzazione agli elementi finiti adottata.

	Roccia	Interfacce	Rivestimento provvisorio e definitivo
Tipo di elemento	15 nodi	10 nodi	beam a 5 nodi
Integrazione numerica	12 punti Gauss	5 punti di Newton–Cotes	8 punti Gauss

Tabella 10.3 : Parametri di calcolo del rivestimento di prima fase e definitivo (fasi tab. 10.5 10.8)

			Sezione Tipo			
			A1; A1a	**A2**	**B1; B1_VTR B1a_VTR**	**B2_VTR**
Descrizione	Riv. Provvisorio		15cm spritz	1HEB140/150+ 15cm spritz	2IPN180/100+ 20cm spritz	2IPN240/100+ 30cm spritz
	Arco rovescio		50 cm	50 cm	90 cm	90 cm
	Calotta		50 cm	50 cm	90 cm (*)	90 cm (*)
Tipo di materiale			Elastico	Elastico	Elastico	Elastico
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 2	Centine +spritz	3.98E6 (a 2 gg)	4.58E6 (a 2 gg)	6.48E6(a 2 gg)	9.90E6 (a 2 gg)
		Arco rovescio	/	/	/	/
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine +spritz	7.46E3 (a 2 gg)	9.58E3 (a 2 gg)	2.38E4(a 2 gg)	7.76E4 (a 2 gg)
		Arco rovescio	/	/	/	/
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 3	Centine +spritz	4.54E6 (a 7 gg)	5.14E6 (a 7 gg)	7.22E6(a 7 gg)	1.10E7 (a 7 gg)
		Arco rovescio	/	/	/	/
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine +spritz	8.50E3 (a 7 gg)	1.06E4 (a 7 gg)	2.62E4(a 7 gg)	8.59E4 (a 7 gg)
		Arco rovescio	/	/	/	/
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 4	Centine +spritz	4.82E6(a 14gg)	5.42E6(a 14gg)	7.46E6(a 14 g)	1.14E7(a 14 g)
		Arco rovescio	/	/	/	/
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine +spritz	9.04E3(a 14gg)	1.12E4(a 14gg)	2.71E4(a 14 g)	8.87E4 (a 14 g)
		Arco rovescio	/	/	/	/
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 5	Centine +spritz	4.89E6(a 28gg)	5.49E6(a 28gg)	7.69E6(a 8gg)	1.17E7(a 28gg)
		Arco rovescio	1.51E7 (a 7gg)	1.51E7 (a 7gg)	2.83E7(a 14gg)	2.83E7(a 14gg)
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine +spritz	9.17E3(a 28gg)	1.13E4(a 28gg)	2.78E4(a28gg)	9.12E4 (a28gg)
		Arco rovescio	3.15E5 (a 7gg)	3.15E5 (a 7gg)	1.91E6(a 14 g)	1.91E6 (a 14 g)
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 6	Centine+spritz +Calotta	2.12E7(a28 gg)	2.18E7(a28 gg)	3.7E7 (a 28gg)	4.1E7 (a 28gg)
		Arco rovescio	1.63E7(a 28gg)	1.63E7(a 8gg))	2.93E7(a28gg)	2.93E7(a 28gg)
Rigidezza flessionale		Centine+spritz +Calotta	3.49E5(a28 gg)	3.51E5(a 28gg)	2.01E6(a28gg)	2.07E6(a 28gg)

EI (kNm²/m)		Arco rovescio	3.39E5(a28 gg)	3.39E5(a28 gg)	1.98E6(a28gg)	1.98E6(a 28gg)

Nota (*) Per il calcolo delle rigidezze della calotta si è assunto uno spessore s=90 cm medio tra quelli previsti

Tabella 10.4 : Legge di scarico Hanafy e Emery, 1980.

ξ/R	*λ*	*1-λ*
-5	0.000	1.000
-4	0.007	0.993
-3	0.015	0.985
-2	0.034	0.966
-1	0.093	0.907
0	0.377	0.623
1	0.808	0.192
2	0.938	0.062
3	0.969	0.031
4	0.992	0.008
5	0.995	0.005
6	0.998	0.002
7	1.000	0.000
8	1.000	0.000

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione
R= Raggio della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980

Tabella 10.5 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (fase di terapia) – Sezioni A1 e A2

Sezione tipo	Fase	Descrizione	ξ/ R	λ	Analisi		
					A1_H50_T02 λ_T^0=0.00	A1_H90_T16 λ_T^0=0.00	A2_H150_T10 λ_T^0=0.06
					λ_T	λ_T	λ_T
A1 A2	1	Inizio dello scavo	ξ/R<3m/ R	0.560	0.294	0.294	0.336
	2	Posizionamento del rivestimento provvisionale a una distanza di 3 m dal fronte (sfondo massimo pari a 3m). Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ/2 (caratteristiche medie dello spritz a circa 2g)	3m/ R<ξ/R<1	0.808	0.692	0.692	0.710
	3	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a circa7g)	1<ξ/R <2	0.938	0.900	0.900	0.906
	4	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 3ϕ. Maturazione dello spritz a circa 20g	2<ξ/R <6	0.998	0.997	0.997	0.997
	5	Posa in opera dell'arco rovescio a 3ϕ Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 4ϕ Maturazione dello spritz a 28g. Maturazione dello calcestruzzo a r a circa 7g	6<ξ/R <8	1	1	1	1
	6	Posa in opera della calotta e sua completa maturazione Maturazione del calcestruzzo dell'arco rovescio	8<ξ/R<infinito	1	1	1	1

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione R= Raggio della galleria ϕ =Diametro della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980
λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche

λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Tabella 10.6 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (fase di terapia) – Sezione A1a

Sezione tipo	Fase	Descrizione			Analisi
					A1a_H60_T17
					λ_T^0=0.06
			ξ/ R	λ	λ_T
A1a	1	Inizio dello scavo	ξ/R<3m/ R	0.540	0.306
	2	Posizionamento del rivestimento provvisionale a una distanza di 3m dal fronte (sfondo massimo pari a 3m). Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ/2 (caratteristiche medie dello spritz a circa 2g)	3m/ RZξ/R<1	0.808	0.710
	3	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ Maturazione dello spritz(caratteristiche medie dello spritz a circa 7g)	1<ξ/R <2	0.938	0.906
	4	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 3ϕ Maturazione dello spritz a circa 20g	2<ξ/R <6	0.998	0.997
	5	Posa in opera dell'arco rovescio a 3ϕ Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 4ϕ Maturazione dello spritz a 28g Maturazione dello calcestruzzo a r a circa 7g	6<ξ/R <8	1	1
	6	Posa in opera della calotta e sua completa maturazione Maturazione del calcestruzzo dell'arco rovescio	8<ξ/R<infinito	1	1

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione R= Raggio della galleria ϕ =Diametro della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980

λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Tabella 10.7 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (fase di terapia) – Sezioni B1, B2_VTR, B1_VTR

Sezione tipo	Fase	Descrizione	ξ/ R	λ	Analisi					
					B1_H60_T03 λ_T^0=0.71	B1_H80_T05 λ_T^0=0.77	B1_H110_T07 λ_T^0=0.83	B1_H90_T15 λ_T^0=0.79	B2_VTR_H140_T09 λ_T^0=0.76	B1_VTR_H30_T01 λ_T^0=0.6
					λ_T	λ_T	λ_T	λ_T	λ_T	λ_T
B1 B2_VTR B1_VTR	1	Inizio dello scavo	ξ/R<2m/ R	0.52	0.777	0.823	0.869	0.838	0.815	0.692
	2	Posizionamento del rivestimento provvisionale a una distanza di 2 m dal fronte (sfondo massimo pari a 2m). Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ/2(caratteristiche medie dello spritz a circa 2g)	2m/ R<ξ/R<1	0.808	0.911	0.929	0.948	0.935	0.926	0.877
	3	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ. Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a circa 7g)	<ξ/R <2	0.938	0.971	0.977	0.983	0.979	0.976	0.960
	4	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 2ϕ Maturazione dello spritz a circa 14g	2<ξ/R <4	0.992	0.996	0.997	0.998	0.997	0.997	0.995
	5	Posa in opera dell'arco rovescio a 2ϕ. Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 4ϕ Maturazione dello spritz a 28g. Maturazione dello calcestruzzo a r a circa 14g	4<ξ/R <8	1	1	1	1	1	1	1
	6	Posa in opera della calotta e sua completa maturazione. Maturazione del calcestruzzo dell'arco rovescio	8<ξ/R<infinito	1	1	1	1	1	1	1

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione R= Raggio della galleria ϕ =Diametro della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980
λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Tabella 10.8 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (fase di terapia) – Sezione B1a_VTR

Sezione tipo	Fase	Descrizione			Analisi
					B1a_VTR_H40_T18 λ_T^0=0.06
			ξ/ R	λ	λ_T
B1a_VTR	1	Inizio dello scavo	ξ/R<2m/ R	0.51	0.261
	2	Posizionamento del rivestimento provvisionale a una distanza di 2 m dal fronte (sfondo massimo pari a 2m). Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ/2(caratteristiche medie dello spritz a circa 2g)	2m/ R<ξ/R<1	0.808	0.710
	3	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ. Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a circa 7g)	1<ξ/R <2	0.938	0.906
	4	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 2ϕ Maturazione dello spritz a circa 14g	2<ξ/R <4	0.992	0.988
	5	Posa in opera dell'arco rovescio a 2ϕ Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 4ϕ. Maturazione dello spritz a 28g. Maturazione dello calcestruzzo a r a circa 14g	4<ξ/R <8	1	1

	6	Posa in opera della calotta e sua completa maturazione. Maturazione del calcestruzzo dell'arco rovescio	8<ξ/R<infinito	1	1

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione R= Raggio della galleria ϕ =Diametro della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980
λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Tabella 10.9 : Programma delle analisi numeriche impiegate nella verifica del rivestimento definitivo

Fase terapia			Tratto	Lit.	H	Modello costitutivo	Parametri geomeccanici di calcolo						
Analisi	Sez. Tipo	Fasi					γ	c_k	ϕ_k	E	ν	ψ	Ko
					(m)		(Kn/m³)	(kPa)	(°)	KPa		(°)	
A1_RD_H90_T16	A1	Tab. 10.11	16	C	90	**MC**	27	760	55.9	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5
A1a_RD _H60_T17	A1a	Tab. 10.12	17	C	60	**MC**	26	430	57.3	1.5E7	0.25	ϕ/2	0.5
A2_RD _H150_T10	A2	Tab. 10.11	10	D	150	**MC**	27	1320	51.6	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5
B1_RD _H110_T07	B1	Tab. 10.13	7	Faglia D	110	**MC**	27	200	46.5	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5
B2 _VTR_RD_H140_T09	B2_VTR	Tab. 10.13	9	Faglia D	140	**MC**	27	300	44	8.0e5	0.3	ϕ/2	0.5
B1 _VTR_RD_H30_T01	B1_VTR	Tab. 10.13	1	Imbocco D	30	**MC**	27	80	38	2.0e6	0.3	ϕ/2	0.5
B1a _VTR_RD_H40_T18	B1a_VTR	Tab. 10.14	18	Imbocco C	40	**MC**	26	400	40	5.0e6	0.3	ϕ/2	/

Legenda: H= Copertura
Ko = Coefficiente di spinta in quiete
γ =Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
c_k =Coesione dell'ammasso roccioso
ϕ_k =Peso dell'unità dell'ammasso roccioso
E = Modulo di Young medio dell'ammasso roccioso
ν= coefficiente di Poisson
Ψ =Dilatanza

Tabella 10.10: Parametri di calcolo del rivestimento di prima fase (centine e spritz) e definitivo (vedi fasi tab. 10.11 - 10.14)

			Sezione Tipo			
			A1 **A1a**	**A2**	**B1** **B1_VTR** **B1a_VTR**	**B2_VTR**
Descrizione	Riv. Provvisorio		15cm spritz	1HEB140/150+ 15cm spritz	2IPN180/100+ 20cm spritz	2IPN240/100+ 30cm spritz
	Arco rovescio		50 cm	50 cm	90 cm	90 cm
	Calotta		50 cm	50 cm	90 cm (*)	90 cm (*)
Tipo di materiale			Elastico	Elastico	Elastico	Elastico
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 2*	Calotta	4.54E6 (a 7 gg)	5.14E6 (a 7 gg)	7.22E6 (a 7 gg)	1.10E7 (a 7 gg)
		Arco rovescio	/	/	/	/
Rigidezza flessionale EI (kNm^2/m)		Calotta	8.50E3 (a 7 gg)	1.06E4 (a 7 gg)	2.62E4 (a 7 gg)	8.59E4 (a 7 gg)
		Arco rovescio	/	/	/	/
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 3*	Calotta	2.12E7(a 28 gg)	2.18E7(a 28 gg)	3.7E7 (a 28gg)	4.1E7 (a 28gg)
		Arco rovescio	1.63E7(a 28gg)	1.63E7(a 28gg))	2.93E7(a 28gg)	2.93E7(a 28gg)
Rigidezza flessionale EI (kNm^2/m)		Calotta	3.49E5(a 28 gg)	3.51E5(a 28gg)	2.01E6(a 28gg)	2.07E6(a 28gg)
		Arco rovescio	3.39E5(a 28 gg)	3.39E5(a 28 gg)	1.98E6(a 28gg)	1.98E6(a 28gg)

Nota (*) Per il calcolo delle rigidezze della calotta si è assunto uno spessore s=90 cm medio tra quelli previsti

Tabella 10.11 : Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (analisi in fase di terapia per la valutazione delle sollecitazioni sul rivestimento definitivo) – Sezioni A1 e A2

Sezione tipo	Fase	Descrizione	ξ/ R	λ	Analisi	
					A1_RD_H90_T16 λ_T^0=0.00	A2_RD_H150_T10 λ_T^0=0.06
					λ_T	λ_T
A1 A2	1*	Inizio dello scavo	ξ/ R <3m/ R	0.560	0.294	0.336
	2*	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a 7g)	3m/ R <ξ/ R <2	0.938	0.900	0.906
	3*	Maturazione dello spritz Posa in opera dell'arco rovescio e della calotta e loro completa maturazione	2<ξ/ R <infinito	1	1	1

Legenda:
ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione
ϕ =Diametro della galleria
R= Raggio della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980
λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Tabella 10.12: Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (analisi in fase di terapia per la valutazione delle sollecitazioni sul rivestimento definitivo) – Sezione A1a

Sezione tipo	Fase	Descrizione	ξ/ R	λ	Analisi A1a_RD_H60_T17 λ_T^0=0.06 λ_T
A1a	1*	Inizio dello scavo	ξ/ R <3m/ R	0.540	0.306
	2*	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a 7g)	3m/ R <ξ/ R <2	0.938	0.906
	3*	Maturazione dello spritz Posa in opera dell'arco rovescio e della calotta e loro completa maturazione	2<ξ/ R <infinito	1	1

Legenda:
ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione
ϕ =Diametro della galleria
R= Raggio della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980
λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Tabella 10.13: Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (analisi in fase di terapia per la valutazione delle sollecitazioni sul rivestimento definitivo) – Sezioni B1, B2_VTR, B1_VTR

Sezione tipo	Fase	Descrizione	ξ/ R	λ	Analisi			
					B1_RD_H110_T07 λ_T^0=0.83	B1_RD_H90_T15 λ_T^0=0.79	B2_VTR_RD_H140_T09 λ_T^0=0.76	B1_VTR_RD_H30_T01 λ_T^0=0.6
					λ_T	λ_T	λ_T	λ_T
B1 B1_VTR B2_VTR	1*	Inizio dello scavo	ξ/ R <2m/ R	0.52	0.869	0.838	0.815	0.692
	2*	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a 7g)	2m/ R <ξ/ R <2	0.938	0.983	0.979	0.976	0.960
	3*	Maturazione dello spritz Posa in opera dell'arco rovescio e della calotta e loro completa maturazione	2<ξ/ R <infinito	1	1	1	1.00	1.00

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione
ϕ =Diametro della galleria
R= Raggio della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980

λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Tabella 10.14: Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive (analisi in fase di terapia per la valutazione delle sollecitazioni sul rivestimento definitivo) – Sezione B1a_VTR

					Analisi
					B1a_VTR_RD_H40_T18 λ_T^0=0.06
Sezione tipo	**Fase**	**Descrizione**	ξ/ R	λ	λ_T
B1a_VTR	1*	Inizio dello scavo	ξ/ R <2m/ R	0.51	0.261
	2*	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a ϕ Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a 7g)	2m/ R <ξ/ R <2	0.938	0.906
	3*	Maturazione dello spritz Posa in opera dell'arco rovescio e della calotta e loro completa maturazione	2<ξ/ R <infinito	1	1

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione
ϕ =Diametro della galleria
R= Raggio della galleria

λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980
λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Tabella 10.15: Spostamenti al cavo per i punti indicati in figura 10.8 alla fine della fase 5 (Tabella 10.5-10.8): sezioni tipo A1, A1a, A2

Spostamenti	**Analisi**			
	Sez. Tipo A1, A1a			Sez. Tipo A2
	A1_H50_T02	**A1_H90_T16**	**A1a_H60_T17**	**A2_H150_T10**
Cedimento al p.c in asse alla galleria (punto A) (cm)	-0.03	-0.03	-0.05	-0.04
Cedimento in calotta in asse alla galleria (punto B) (cm)	-0.10	-0.17	-0.15	-0.29
Sollevamento in asse alla galleria (punto C) (cm)	+0.10	+0.16	+0.14	+0.25
Accorciamento relativo tra i punti C e B, **"Convergenza verticale, Cv"** (cm)	**+0.20**	**+0.33**	**+0.29**	**+0.54**
Spostamento orizzontale del punto D (cm)	+0.02	+0.03	+0.02	+0.05
Spostamento orizzontale del punto E (cm)	+0.00	+0.01	+0.00	+0.01
Convergenza orizzontale massima"Ch" (cm)	**+0.04**	**+0.06**	**+0.04**	**+0.10**

Tabella 10.16: Spostamenti al cavo per i punti indicati in figura 10.8 alla fine della fase 5 (Tabella 10.5-10.8): sezioni tipo B1, B2_VTR, , B1_VTR, B1a_VTR

Spostamenti	Analisi						
	Sez. Tipo B1				Sez. Tipo B2_ VTR	Sez. Tipo B1_ VTR B1a_ VTR	
cm	B1_H60_T03	B1_H80_T05	B1_H110_T07	B1_H90_T15	B2_VTR_H140_T09	B1_VTR_H30_T01	B1a_VTR_H40_T018
Cedimento al p.c in asse alla galleria (punto A) (cm)	-0.70	0.79	-0.92	-1.10	-0.98	-0.37	-0.15
Cedimento in calotta in asse alla galleria (punto B) (cm)	-2.50	-3.30	-4.80	-4.80	-5.80	-0.68	-0.28
Sollevamento in asse alla galleria (punto C) (cm)	+2.30	+3.00	+4.10	+4.20	+5.10	+0.60	+0.23
Accorciamento relativo tra i punti C e B, **"Convergenza verticale, Cv"** (cm)	**+4.80**	**+6.30**	**+8.90**	**+9.00**	**+10.90**	**+1.28**	**+0.51**

Spostamento orizzontale del punto D (cm)	+0.85	+1.70	+3.00	+2.70	+3.00	+0.58	-0.00
Spostamento orizzontale del punto E (cm)	+0.47	+0.39	+0.85	+0.90	+1.20	+0.41	+0.01
Convergenza orizzontale massima"Ch" (cm)	**+1.70**	**+3.40**	**+6.00**	**+5.40**	**+6.00**	**+1.16**	**+0.02**

Tabella 10.17: Fase di terapia: valori di convergenza massimi attesi

Fase terapia		Tratto	Lit.	H	Fase terapia		
Sez. Tipo	Analisi				Cv	Ch	Rp/R
				(m)	(cm)	(cm)	mm
A1	**A1_H50_T02**	2	D	50	0.2	0.0	1.00
A1	**A1_H90_T16**	16	C	90	0.3	0.1	1.00
A1a	**A1a_H60_T17**	17	C	60	0.3	0.0	1.01
A2	**A2_H150_T10**	10	D	150	0.5	0.1	1.01
B1	**B1_H60_T03**	3	Faglia D	60	4.8	1.7	1.20
B1	**B1_H80_T05**	5	Faglia D	80	6.3	3.4	1.20
B1	**B1_H110_T07**	7	Faglia D	110	8.9	6.0	1.30
B1	**B1_H90_T15**	15	Contatto D/C	90	9.0	5.4	1.30
B2_VTR	**B2_VTR_H140_T09**	9	Faglia D	140	10.9	6.0	1.30

B1_VTR	**B1_VTR_H30_T01**	1	Imbocco D	30	1.3	1.2	1.40
B1a_VTR	**B1a_VTR_H40_T018**	18	Imbocco C	40	0.5	0.0	1.02

Legenda: H= Copertura R =Raggio della Galleria
Cv = Convergenza verticale Rp =Raggio plastico
Ch = Convergenza orizzontale

Tabella 10.18: Sollecitazioni nel rivestimento provvisorio (fine fase 2)

Sezione	Analisi	Rivestimento Provvisorio	$M_{,k}$ (kNm/m)	$N_{,k}$ (kN/m)	$T_{,k}$ (kN/m)
A1	A1_H50_T02	15 cm spritz +rete	0,45	-205,0	0,25
			0,11	-210,7	0,05
			0,00	-196,7	4,16
	A1_H90_T16	15 cm spritz +rete	0,70	-348,70	0,19
			0,19	-366,0	0,13
			0,00	-328,0	5,98
A1a	A1a_H60_T17	15 cm spritz +rete	0,45	-279,0	0,20
			0,12	-284,0	0,00
			0,00	-266,3	3,66
A2	A2_H150_T10	1HEB140/150+ 15 cm spritz	1,04	-553,5	0,20
			0,30	-642,0	0,12
			0,00	-462,6	16,60
B1	B1_H60_T03	2IPN180/100+ 20 cm spritz	30,1	-656,0	3,1
			13,6	-842,0	9,9
			15,1	-557,0	36
	B1_H80_T05	2IPN180/100+ 20 cm spritz	40,9	-766,0	3,95
			16,8	-1001,0	2,05
			10,7	-580,0	46,7
	B1_H110_T07	2IPN180/100+ 20 cm spritz	45,20	-843,0	1,70
			12,60	-1070,0	2,80
			12,50	-654,0	50,90
	B1_H90_T15	2IPN180/100+ 20 cm spritz	35,80	-795,0	0,70
			14,40	-1051,0	0,36
			11,8	-596,0	46,11
B2_VTR	B2_VTR_H140_T09	2IPN240/100+ 30 cm spritz	74,0	-1350,00	7,10
			33,8	-1749,80	1,35
			21,0	-936,00	73,00
B1_VTR	B1_VTR_H30_T01	2IPN180/100+ 20 cm spritz	15,40	-438,00	0,50
			1,80	-594,5	2,80
			3,70	-345,0	32,9
B1a_VTR	B1a_VTR_H40_T18	2IPN180/100+ 20 cm spritz	3,85	-267,3	3,69
			1,14	-713,0	0,14
			0,0	-207,4	45,95

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
T,k = Valore caratteristico del taglio
M,k = Valore caratteristico del momento flettente

Tabella 10.19 : Sollecitazioni nel rivestimento provvisorio (fine fase 5)

Sezione	Analisi	Rivestimento Provvisorio	$M_{,k}$ (kNm/m)	$N_{,k}$ (kN/m)	$T_{,k}$ (kN/m)
A1	A1_H50_T02	15 cm spritz +rete	0,6	-384,0	2,5
			0,2	-397,0	0,1
			0,2	-344,0	6,9
	A1_H90_T16	15 cm spritz +rete	1,3	-655,0	1,2
			0,4	-689,0	0,3
			0,3	-629,0	6,4
A1a	A1a_H60_T17	15 cm spritz +rete	0,6	-510,0	0,4
			0,2	-516,0	0,0
			0,5	-468,0	2,9
A2	A2_H150_T10	1HEB140/150+ 15 cm spritz	2,2	-1024,0	1,6
			0,6	-1190,0	0,4
			2,0	-822,0	16,7
B1	B1_H60_T03	2IPN180/100+ 20 cm spritz	47	-1061	2,2
			23,8	-1380	5,7
			1,5	-765	64
	B1_H80_T05	2IPN180/100+ 20 cm spritz	61,1	-1226,0	5,70
			24,1	-1622,0	3,50
			7,7	-894,0	76,45
	B1_H110_T07	2IPN180/100+ 20 cm spritz	69,5	-1349,0	6,1
			16,7	-1770,0	0,6
			5,6	-1006,0	82,0
	B1_H90_T15	2IPN180/100+ 20 cm spritz	65,6	-1343,0	0,2
			23,3	-1790,0	1,7
			0,83	-1011,7	96,3
B2_VTR	B2_VTR_H140_T09	2IPN240/100+ 30 cm spritz	168,0	-2348	12,0
			72,0	-3068	15,0
			3,3	-1665	209,0
B1_VTR	B1_VTR_H30_T01	2IPN180/100+ 20 cm spritz	26,5	-598,0	1,3
			5,0	-898,0	0,1
			12,8	- 675,8	28,3
B1a_VTR	B1a_VTR_H40_T18	2IPN180/100+ 20 cm spritz	4,7	-638	3,04
			1,9	-1201	0,20
			1,8	-366,0	22,4

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
T,k = Valore caratteristico del taglio
M,k = Valore caratteristico del momento flettente

Tabella 10.20 : Sollecitazioni nel rivestimento definitivo (fine fase 3*)

Sezione	Analisi	Posizione	s	M,k	N,k	T,k
			(cm)	(kNm/m)	(kN/m)	(kN/m)
A1	A1_ RD_H90_T16	Calotta	50	4,2	-1720,0	1,4
		Murette	50	84,0	-1253,0	164,6
		Murette	50	84,0	-573,7	401,6
		Arco rovescio	50	24,0	-413,0	13,8
A1a	A1a_ RD_H60_T17	Calotta	50	3,4	-1296,0	0,5
		Murette	50	61,8	-975,0	133,0
		Murette	50	61,2	-434,0	288,0
		Arco rovescio	50	17,4	-317,0	15,7
A2	A2_ RD_H150_T10	Calotta	50	7,2	-2753,0	0,9
		Murette	50	136,0	-851,0	673,0
		Murette	50	136,0	-1821,0	193,0
		Arco rovescio	50	35,0	-574,0	10,2
B1	B1_RD_H110_T07	Calotta	90	363,6	-1660,0	15,1
		Calotta	90	124,0	-2148,0	25,8
		Murette	90	135,0	-1286,0	248,0
		Arco rovescio	90	189,3	-279,7	3,9
B2_VTR	B2_VTR_RD_H140_T09	Calotta	90	391,0	-2599	10,33
		Calotta	90	218,0	-3436	76,0
		Murette	90	34,8	-1889	375,0
		Arco rovescio	90	211,3	-363,0	3,3
B1_VTR	B1_VTR_RD_H30_T01	Calotta	90	33,31	-1400	6,97
		Murette	90	122,2	-1152	3,8
		Murette	90	30,1	-355,7	198,5
		Arco rovescio	90	79,04	-221	0,23
B1a_VTR	B1a_VTR_RD_H40_T18	Calotta	90	32,6	-2322	2,0
		Murette	90	187,0	-1239	145,0
		Murette	90	187	-571	450,0
		Arco rovescio	90	52,0	-262,6	15,6

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
T,k = Valore caratteristico del taglio
M,k = Valore caratteristico del momento flettente

Tabella 11.1 : Verifiche del rivestimento provvisorio (fine fase 2, resistenza dello spritz –beton a 2 gg: Rck=13N/mmq, fcm=19 N/mmq)

Sezione	Analisi	Rivestimento Provvisorio	$M_{,k}$ (kNm/m)	$M_{,d}$ **(KNm/m)**	$N_{,k}$ (kN/m)	$N_{,d}$ **(Kn/m)**	$T_{,k}$ (kN/m)	$T_{,d}$ **(kN/m)**
A1	**A1_H50_T02**	15 cm spritz +rete	0,45	**0,59**	-205,0	**-266,5**	0,25	**0,33**
			0,11	**0,14**	-210,7	**-273,9**	0,05	**0,07**
			0,00	**0,00**	-196,7	**-255,7**	4,16	**5,41**
	A1_H90_T16	15 cm spritz +rete	0,70	**0,91**	-348,70	**-453,3**	0,19	**0,25**
			0,19	**0,25**	-366,0	**-475,8**	0,13	**0,17**
			0,00	**0,00**	-328,0	**-426,4**	5,98	**7,77**
A1a	**A1a_H60_T17**	15 cm spritz +rete	0,45	**0,59**	-279,0	**-362,7**	0,20	**0,26**
			0,12	**0,16**	-284,0	**-369,2**	0,00	**0,00**
			0,00	**0,00**	-266,3	**-346,2**	3,66	**4,76**
A2	**A2_H150_T10**	1HEB140/150+ 15 cm spritz	1,04	**1,35**	-553,5	**-719,6**	0,20	**0,26**
			0,30	**0,39**	-642,0	**-834,6**	0,12	**0,16**
			0,00	**0,00**	-462,6	**-601,4**	16,60	**21,58**
B1	**B1_H60_T03**	2IPN180/100+ 20 cm spritz	30,1	**39,1**	-656,0	**-852,8**	3,1	**4,03**
			13,6	**16,7**	-842,0	**-1094,6**	9,9	**12,9**
			15,1	**19,60**	-557,0	**-724,1**	36	**46,8**
	B1_H80_T05	2IPN180/100+ 20 cm spritz	40,9	**53,2**	-766,0	**-995,8**	3,95	**5,1**
			16,8	**21,8**	-1001,0	**-1301,3**	2,05	**2,7**
			10,7	**13,9**	-580,0	**-754,0**	46,7	**60,7**
	B1_H110_T07	2IPN180/100+ 20 cm spritz	45,20	**58,76**	-843,0	**-1095,9**	1,70	**2,21**
			12,60	**16,38**	-1070,0	**-1391,0**	2,80	**3,64**
			12,50	**16,25**	-654,0	**-850,2**	50,90	**66,17**
	B1_H90_T15	2IPN180/100+ 20 cm spritz	35,80	**46,54**	-795,0	**-1033,5**	0,70	**2,21**
			14,40	**18,72**	-1051,0	**-1366,3**	0,36	**0,47**
			11,8	**15,34**	-596,0	**-774,8**	46,11	**59,94**
B2_VTR	**B2_VTR_H140_T09**	2IPN240/100+ 30 cm spritz	74,0	**96,20**	-1350,00	**-1755,0**	7,10	**9,23**
			33,8	**43,94**	-1749,80	**-2274,7**	1,35	**1,78**
			21,0	**27,30**	-936,00	**-1216,8**	73,00	**94,9**
B1_VTR	**B1_VTR_H30_T01**	2IPN180/100+ 20 cm spritz	15,40	**20,0**	-438,00	**-569,4**	0,50	**0,7**
			1,80	**2,3**	-594,5	**-774,0**	2,80	**3,6**
			3,70	**4,8**	-345,0	**-448,5**	32,9	**42,8**
B1a_VTR	**B1a_VTR_H40_T18**	2IPN180/100+ 20 cm spritz	3,85	**5,0**	-267,3	**-347,5**	3,69	**4,8**
			1,14	**1,5**	-713,0	**-926,9**	0,14	**0,2**
			0,0	**0,0**	-207,4	**-269,6**	45,95	**59,7**

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
N,d = Valore di progetto dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
M,k = Valore caratteristico del momento flettente
M,d = Valore di progetto del momento flettente
T,k = Valore caratteristico del taglio
T,d = Valore di progetto del taglio

Tabella 11.2 : Verifiche del rivestimento provvisorio (fine fase 5) (Rck=35 N/mmq, fcm =37 N/mmq)

Sezione	Analisi	Rivestimento Provvisorio	$M_{,k}$ (kNm/m)	$M_{,d}$ **(KNm/m)**	$N_{,k}$ (kN/m)	$N_{,d}$ **(Kn/m)**	$T_{,k}$ (kN/m)	$T_{,d}$ **(kN/m)**
A1	**A1_H50_T02**	15 cm spritz +rete	0,6	**0,8**	-384,0	**-499,2**	2,5	**3,3**
			0,2	**0,3**	-397,0	**-516,1**	0,1	**0,1**
			0,2	**0,2**	-344,0	**-447,2**	6,9	**8,9**
	A1_H90_T16	15 cm spritz +rete	1,3	**1,6**	-655,0	**-851,5**	1,2	**1,6**
			0,4	**0,5**	-689,0	**-895,7**	0,3	**0,3**
			0,3	**0,4**	-629,0	**-817,7**	6,4	**8,3**
A1a	**A1a_H60_T17**	15 cm spritz +rete	0,6	**0,8**	-510,0	**-663,0**	0,4	**0,5**
			0,2	**0,3**	-516,0	**-670,8**	0,0	**0,0**
			0,5	**0,7**	-468,0	**-608,4**	2,9	**3,8**
A2	**A2_H150_T10**	1HEB140/150+ 15 cm spritz	2,2	**2,9**	-1024,0	**-1331,2**	1,6	**2,1**
			0,6	**0,8**	-1190,0	**-1547,0**	0,4	**0,5**
			2,0	**2,6**	-822,0	**-1068,6**	16,7	**21,7**
B1	**B1_H60_T03**	2IPN180/100+ 20 cm spritz	47	**61,1**	-1061	**-1379,3**	2,2	**2,9**
			23,8	**30,9**	-1380	**-1794,0**	5,7	**7,4**
			1,5	**2,0**	-765	**-994,5**	64	**83,2**
	B1_H80_T05	2IPN180/100+ 20 cm spritz	61,1	**79,5**	-1226,0	**-1593,8**	5,70	**7,4**
			24,1	**31,3**	-1622,0	**-2108,6**	3,50	**4,6**
			7,7	**10,0**	-894,0	**-1162,2**	76,45	**99,4**
	B1_H110_T07	2IPN180/100+ 20 cm spritz	69,5	**90,4**	-1349,0	**-1753,7**	6,1	**8,0**
			16,7	**21,7**	-1770,0	**-2301,0**	0,6	**0,8**
			5,6	**7,3**	-1006,0	**-1307,8**	82,0	**106,6**
	B1_H90_T15	2IPN180/100+ 20 cm spritz	65,6	**85,3**	-1343,0	**-745,9**	0,2	**0,9**
			23,3	**30,3**	-1790,0	**-2327,0**	1,7	**2,2**
			0,83	**1,1**	-1011,7	**-1763,7**	96,3	**125,2**
B2_VTR	**B2_VTR_H140_T09**	2IPN240/100+ 30 cm spritz	168,0	**218,4**	-2348	**-3052,4**	12,0	**15,6**
			72,0	**93,6**	-3068	**-3988,4**	15,0	**19,5**
			3,3	**4,29**	-1665	**-2164,5**	209,0	**271,7**
B1_VTR	**B1_VTR_H30_T01**	2IPN180/100+ 20 cm spritz	26,5	**34,5**	-598,0	**-777,4**	1,3	**1,7**
			5,0	**6,5**	-898,0	**-1167,4**	0,1	**0,1**
			12,8	**16,6**	- 675,8	**-879,0**	28,3	**36,7**
B1a_VTR	**B1a_VTR_H40_T18**	2IPN180/100+ 20 cm spritz	4,7	**6,1**	-638	**-829,0**	3,04	**4,0**
			1,9	**2,5**	-1201	**-1561,0**	0,20	**0,3**
			1,8	**2,3**	-366,0	**-475,8**	22,4	**29,12**

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
N,d = Valore di progetto dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
M,k = Valore caratteristico del momento flettente
M,d = Valore di progetto del momento flettente
T,k = Valore caratteristico del taglio
T,d = Valore di progetto del taglio

Tabella 11.3 : Verifiche del rivestimento definitivo (fine fase 3*)

Sezione	Analisi	Posizione	s	M,k	M,d	N,k	N,d	T,k	T,d
			(cm)	(kNm/m)	**(KNm/m)**	(kN/m)	**(Kn/m)**	(kN/m)	**(kN/m)**
A1	**A1_ RD_H90_T16**	Calotta	50	4,2	**5,5**	-1720,0	**-2236,0**	1,4	**1,8**
		Murette	50	84,0	**109,2**	-1253,0	**-1628,9**	164,6	**213,9**
		Murette	50	84,0	**109,2**	-573,7	**-745,8**	401,6	**522,1**
		Arco rovescio	50	24,0	**31,2**	-413,0	**-536,9**	13,8	**17,9**
A1a	**A1a_ RD_H60_T17**	Calotta	50	3,4	**4,4**	-1296,0	**-1684,8**	0,5	**0,6**
		Murette	50	61,8	**80,3**	-975,0	**-1267,5**	133,0	**172,9**
		Murette	50	61,2	**79,6**	-434,0	**-564,2**	288,0	**374,4**
		Arco rovescio	50	17,4	**22,6**	-317,0	**-412,1**	15,7	**20,4**
A2	**A2_ RD_H150_T10**	Calotta	50	7,2	**9,4**	-2753,0	**-3578,9**	0,9	**1,2**
		Murette	50	136,0	**176,8**	-851,0	**-1106,3**	673,0	**874,9**
		Murette	50	136,0	**176,8**	-1821,0	**-2367,3**	193,0	**250,9**
		Arco rovescio	50	35,0	**45,5**	-574,0	**-746,2**	10,2	**13,2**
B1	**B1_RD_H110_T07**	Calotta	90	363,6	**472,7**	-1660,0	**-2158,0**	15,1	**19,7**
		Calotta	90	124,0	**161,2**	-2148,0	**-2792,4**	25,8	**33,5**
		Murette	90	135,0	**175,5**	-1286,0	**-1671,8**	248,0	**322,4**
		Arco rovescio	90	189,3	**246,1**	-279,7	**-363,6**	3,9	**5,1**
B2_VTR	**B2_VTR_RD_H140_T09**	Calotta	90	391,0	**508,3**	-2599	**-3378,7**	10,33	**13,39**
		Calotta	90	218,0	**283,4**	-3436	**-4466,8**	76,0	**98,8**
		Murette	90	34,8	**45,24**	-1889	**-2455,7**	375,0	**487,5**
		Arco rovescio	90	211,3	**274,3**	-363,0	**-471,9**	3,3	**4,29**
B1_VTR	**B1_VTR_RD_H30_T01**	Calotta	90	33,31	**43,3**	-1400	**1820,0**	6,97	**9,06**
		Murette	90	122,2	**158,9**	-1152	**1497,6**	3,8	**4,94**
		Murette	90	30,1	**39,1**	-355,7	**462,4**	198,5	**258,0**
		Arco rovescio	90	79,04	**102,8**	-221	**-287,3**	0,23	**0,30**
B1a_VTR	**B1a_VTR_RD_H40_T18**	Calotta	90	32,6	**42,4**	-2322	**-3018,6**	2,0	**2,6**
		Murette	90	187,0	**243,1**	-1239	**-1610,7**	145,0	**188,5**
		Murette	90	187	**243,1**	-571	**-742,3**	450,0	**585,0**
		Arco rovescio	90	52,0	**67,6**	-262,6	**-341,38**	15,6	**32,5**

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
N,d = Valore di progetto dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
M,k = Valore caratteristico del momento flettente
M,d = Valore di progetto del momento flettente
T,k = Valore caratteristico del taglio
T,d = Valore di progetto del taglio

Tabella 12.1 : Programma delle analisi numeriche svolte per il cunicolo di esodo

Fase terapia		Lit.	H	Modello	Parametri geomeccanici di calcolo						
Analisi	Fasi di calcolo		(m)	costitutivo	γ (Kn/m^3)	c_k (kPa)	ϕ_k (°)	E KPa	ν	ψ (°)	Ko
Cunicolo_H120	Tab. 12.2	D	120	**MC**	27	1200	53.2	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5
Cunicolo_RD_H120	Tab. 12.3	D	120	**MC**	27	1200	53.2	1.6E7	0.25	ϕ/2	0.5

Legenda: H= Copertura
Ko = Coefficiente di spinta in quiete
γ =Peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
c_k =Coesione dell'ammasso roccioso
ϕ_k =Peso dell'unità dell'ammasso roccioso
E = Modulo di Young medio dell'ammasso roccioso
ν= coefficiente di Poisson
Ψ =Dilatanza

Tabella 12.2 Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive analisi Cunicolo_H120

Fase	Descrizione	ξ/ R	λ	Analisi Cunicolo_H120 λ_T^0=0.00 λ_T
1	Inizio dello scavo	ξ/ R <3m/ R	0.808	0.692
2	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a 2ϕ Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a 2g)	2m/ R <ξ/ R <4	0.992	0.958
3	Avanzamento degli scavi e completa maturazione dello spritz	4<ξ/ R <infinito	1	1
4	Getto del rivestimento definitivo e sua completa maturazione	/	1	1

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione
ϕ =Diametro della galleria
R= Raggio della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980
λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Nota: Nei calcoli si è assunto, a vantaggio di sicurezza, R pari al massimo delle dimensioni del cunicolo

Tabella 12.3 Sintesi delle fasi della modellazione – simulazione delle reali fasi costruttive analisi Cunicolo_RD_H120

				Analisi
				Cunicolo_RD_H120 λ_T^0=0.00
Fase	**Descrizione**	**ξ/ R**	**λ**	**λ_T**
1	Inizio dello scavo	ξ/ R <3m/ R	0.808	0.692
2	Avanzamento degli scavi fino a una distanza dal fronte pari a pari a 2ϕ Maturazione dello spritz (caratteristiche medie dello spritz a 2g)	2m/ R <ξ/ R <4	0.992	0.958
3	Getto del rivestimento definitivo e sua completa maturazione	4<ξ/ R <infinito	1	1

Legenda: ξ =Distanza dal fronte di scavo e sezione di osservazione
ϕ =Diametro della galleria
R= Raggio della galleria
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione secondo la legge di Hanafy e Emery, 1980
λ_T^0=Valore del rilascio tensionale al fronte valutato con il metodo delle linee caratteristiche
λ =Rilascio tensionale della sezione di osservazione "tarata" sul valore di λ_T^0

Nota: Nei calcoli si è assunto, a vantaggio di sicurezza, R pari al massimo delle dimensioni del cunicolo

Tabella 12.4: Parametri di calcolo del rivestimento di prima fase (centine e spritz) e definitivo adottati nell'analisi Cunicolo_H120 (vedi fasi tab. 12.2)

			Analisi
			Cunicolo_H120
Descrizione	Riv. Provvisorio		1HEB140/150+ 15cm spritz
	Arco rovescio		40 cm
	Calotta		40 cm
Tipo di materiale			Elastico
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 2	Centine+spritz	4.58E6 (a 2 gg)
		Arco rovescio	/
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine+spritz	9.58E3 (a 2 gg)
		Arco rovescio	/
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 3	Centine+spritz	5.49E6(a 28 gg)
		Arco rovescio	/
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine+spritz	1.13E4(a 28 gg)
		Arco rovescio	/
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 4	Centine+spritz +Calotta	1.85E7(a 28 gg)
		Arco rovescio	1.30E7(a 8gg))
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine+spritz +Calotta	1.85E5(a 28gg)
		Arco rovescio	1.74E5(a 28 gg)

Tabella 12.5: Parametri di calcolo del rivestimento di prima fase (centine e spritz) e definitivo adottati nell'analisi Cunicolo_RD_H120 (vedi fasi tab. 12.3)

			Analisi
			Cunicolo_RD_H120
Descrizione	Riv. Provvisorio		1HEB140/150+ 15cm spritz
	Arco rovescio		40 cm
	Calotta		40 cm
Tipo di materiale			Elastico
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 2*	Centine+spritz	4.58E6 (a 2 gg)
		Arco rovescio	/
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine+spritz	9.58E3 (a 2 gg)
		Arco rovescio	/
Rigidezza assiale EA (kN/m)	Fase 3*	Centine+spritz +Calotta	1.85E7(a 28 gg)
		Arco rovescio	1.30E7(a 28gg))
Rigidezza flessionale EI (kNm²/m)		Centine+spritz +Calotta	1.85E5(a 28gg)
		Arco rovescio	1.74E5(a 28 gg)

Tabella 12.6: Spostamenti massimi attesi dovuti allo scavo e costruzione del cunicolo (Analisi Cunicolo_H120, alla fine della fase 3)

Spostamenti	Analisi
cm	Cunicolo_H120
Cedimento al p.c in asse al cunicolo (punto A) (cm)	-0.00
Cedimento in calotta in asse al cunicolo (punto B) (cm)	-0.04
Sollevamento in asse al cunicolo (punto C) (cm)	+0.04
Accorciamento relativo tra i punti C e B, **"Convergenza verticale, Cv"** (cm)	**+0.08**
Spostamento massimo orizzontale (cm)	+0.03
Convergenza orizzontale massima"Ch" (cm)	**+0.06**

Tabella 12.7 : Verifiche del rivestimento provvisorio - Analisi Cunicolo_H120, fine fase 2 (resistenza dello spritz –beton a 2 gg: Rck=13N/mmq, fcm=19 N/mmq)

Analisi	Rivestimento Provvisorio	$M_{,k}$ (kNm/m)	$M_{,d}$ **(KNm/m)**	$N_{,k}$ (kN/m)	$N_{,d}$ **(Kn/m)**	$T_{,k}$ (kN/m)	$T_{,d}$ **(kN/m)**
Cunicolo_H120	1HEB140/150+ 15 cm spritz	1.3	**1.7**	-262.0	**-340.6**	0.1	**0.1**
		1.3	**1.7**	-262.0	**-340.6**	0.1	**0.1**
		0.13	**0.17**	-244.0	**-317.2**	10.1	**13.1**

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
N,d = Valore di progetto dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
M,k = Valore caratteristico del momento flettente
M,d = Valore di progetto del momento flettente
T,k = Valore caratteristico del taglio
T,d = Valore di progetto del taglio

Tabella 12.8 : **Verifiche del rivestimento provvisorio - Analisi Cunicolo_H120, fine fase 3 (Rck=35 N/mmq, fcm =37 N/mmq)**

Analisi	Rivestimento Provvisorio	$M_{,k}$ (kNm/m)	$M_{,d}$ **(KNm/m)**	$N_{,k}$ (kN/m)	$N_{,d}$ **(Kn/m)**	$T_{,k}$ (kN/m)	$T_{,d}$ **(kN/m)**
Cunicolo_H120	1HEB140/150+ 15 cm spritz	1.4	**1.8**	-274.2	**-356.5**	0.0	**0.0**
		1.4	**1.8**	-274.2	**-356.5**	0.1	**0.2**
		0.14	**0.2**	-255.0	**-331.5**	10.5	**13.7**

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
N,d = Valore di progetto dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
M,k = Valore caratteristico del momento flettente
M,d = Valore di progetto del momento flettente
T,k = Valore caratteristico del taglio
T,d = Valore di progetto del taglio

Tabella 12.9 : Verifiche del rivestimento definitivo - Analisi Cunicolo_RD_H120 (fine fase 3*)

Analisi	Posizione	s (cm)	M,k (kNm/m)	M,d **(KNm/m)**	N,k (kN/m)	N,d **(Kn/m)**	T,k (kN/m)	T,d **(kN/m)**
A1_ RD_H90_T16	Calotta	40	5.0	**6.5**	-401.0	**-521**	4.9	**6.4**
	Murette	40	5.6	**7.3**	-169.7	**220.6**	26.0	**33.8**
	Murette	40	5.6	**7.3**	71.7	**93.2**	34.4	**44.7**

Legenda: N,k = Valore caratteristico dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
N,d = Valore di progetto dello sforzo assiale (negativo se di compressione)
M,k = Valore caratteristico del momento flettente
M,d = Valore di progetto del momento flettente
T,k = Valore caratteristico del taglio
T,d = Valore di progetto del taglio

APPENDICE A

Risultati delle analisi in fase di diagnosi condotte con il metodo delle linee caratteristiche

A_0_H50_T02

Dati

Raggio (m)	6.5
Copertura (m)	50.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	91 .00
Angolo di attrito (deg)	59.40
Modulo di rigidezza (t/m²)	1600000.00
Coefficiente di Poisson	0.25
Dilatanza	.00

Consolidamenti

N° VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

Risultati

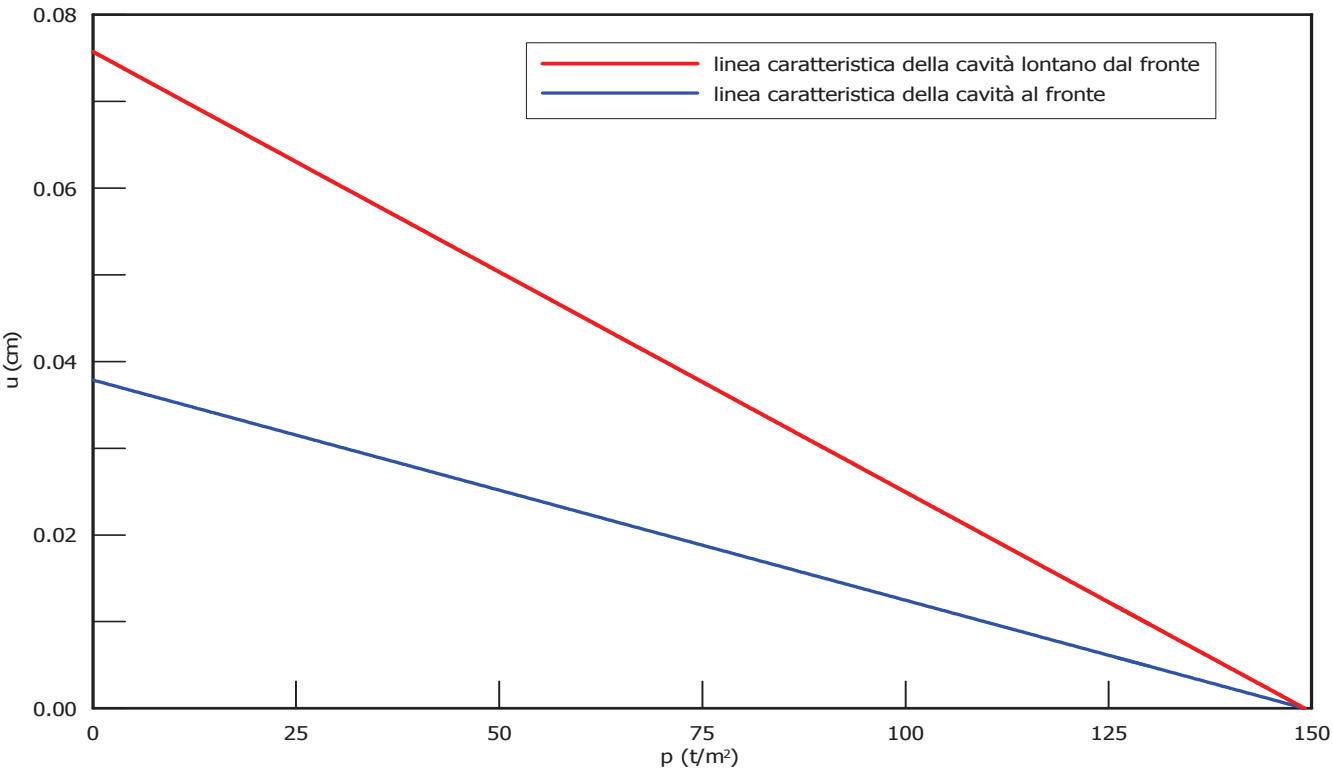
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=333 u (cm)= 0.00

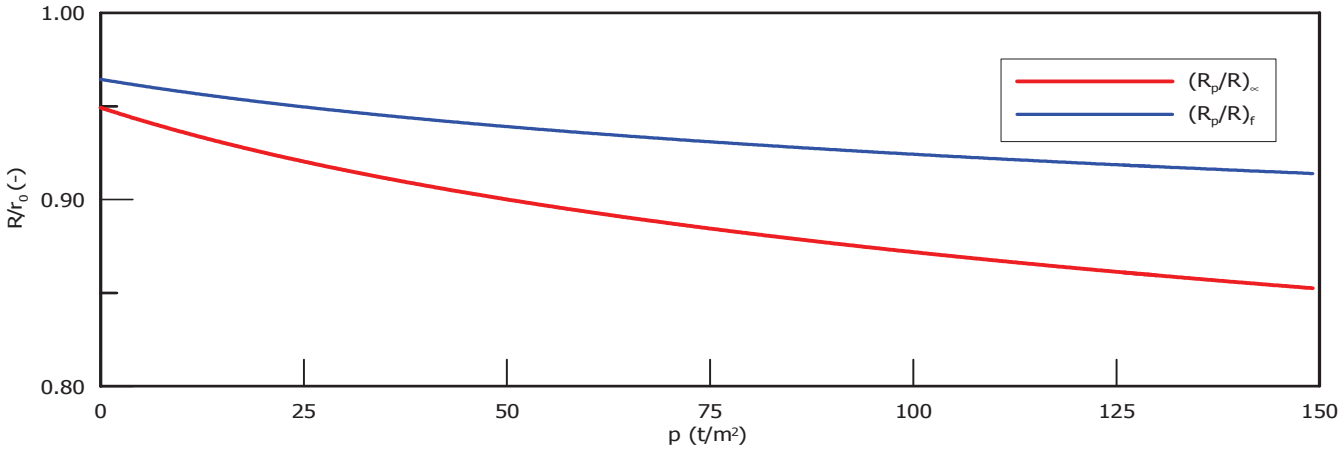
Al fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.04
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.04

Lontano dal fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.08
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.08





A_0_H90_T16

Dati

Raggio (m)	6.5
Copertura (m)	90.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	76.00
Angolo di attrito (deg)	55.90
Modulo di rigidezza (t/m²)	1600000.00
Coefficiente di Poisson	0.25
Dilatanza	0.00

Consolidamenti

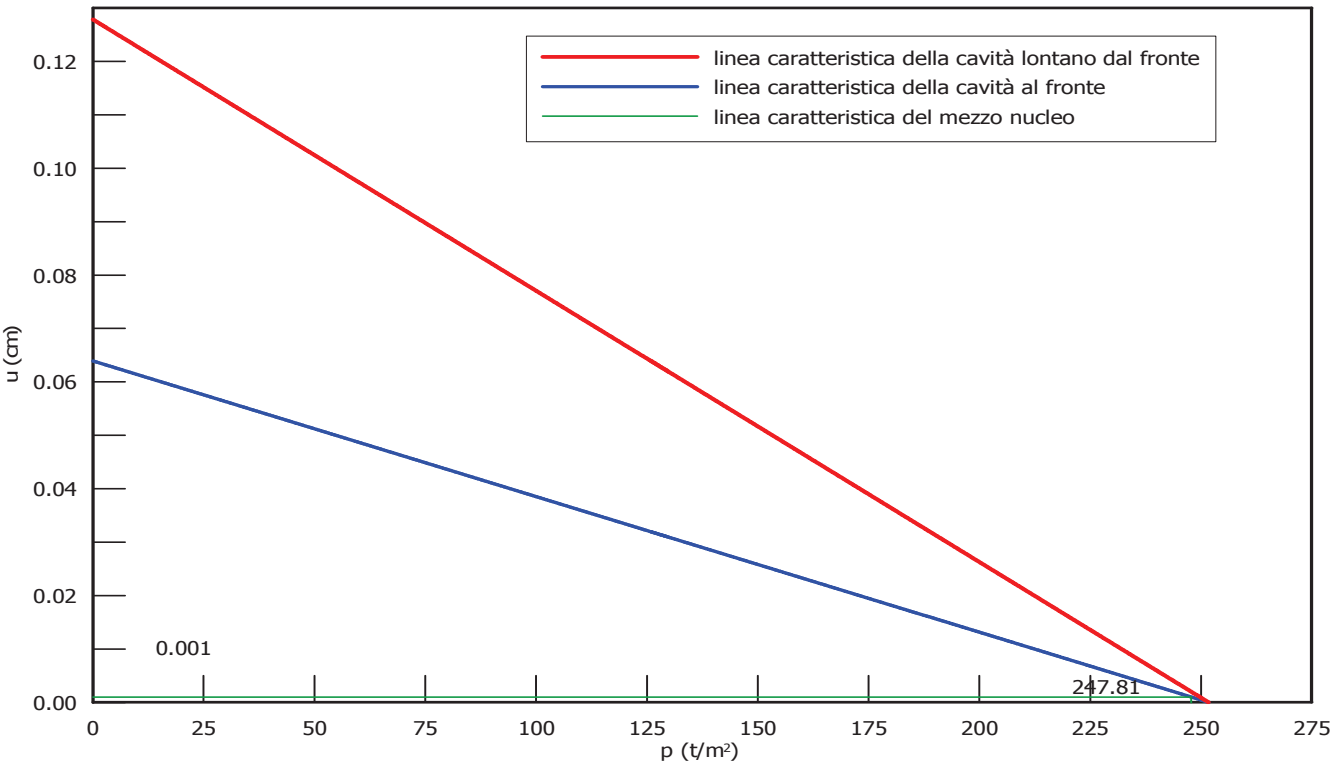
Nº VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

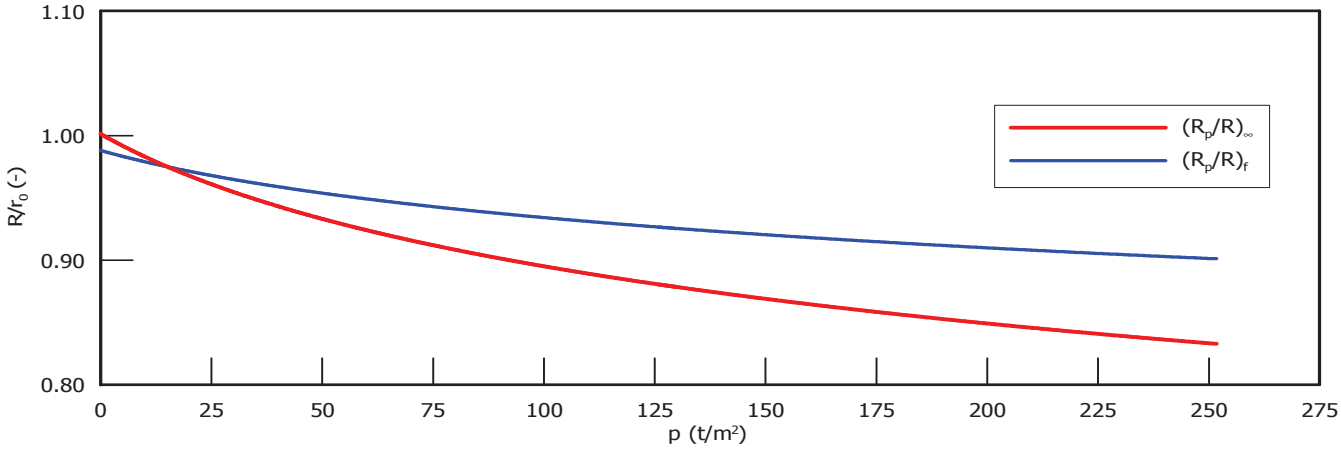
Risultati

RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=247.81 u (cm)= 0.001

Al fronte
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.064
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.064

Lontano dal fronte
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.13
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 0.60 u (cm)= 0.13





A_0_H60_T17

Dati

Raggio (m)	7.3
Copertura (m)	60.00
Peso dii volume (t/m²)	2.60
Coesione (t/m²)	43.00
Angolo di attrito (deg)	57.30
Modulo di rigidezza (t/m²)	1500000.00
Coefficiente di Poisson	0.25
Dilatanza	0.00

Consolidamenti

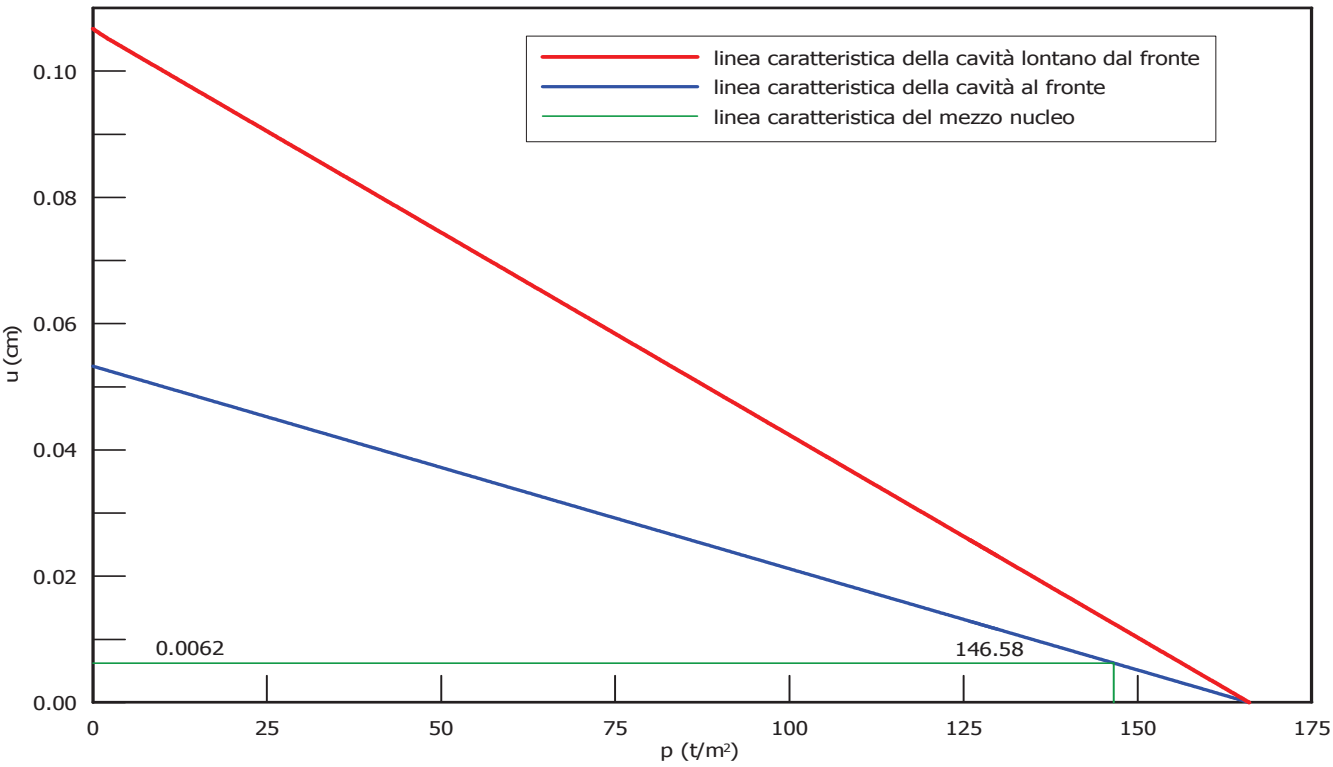
Nº VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

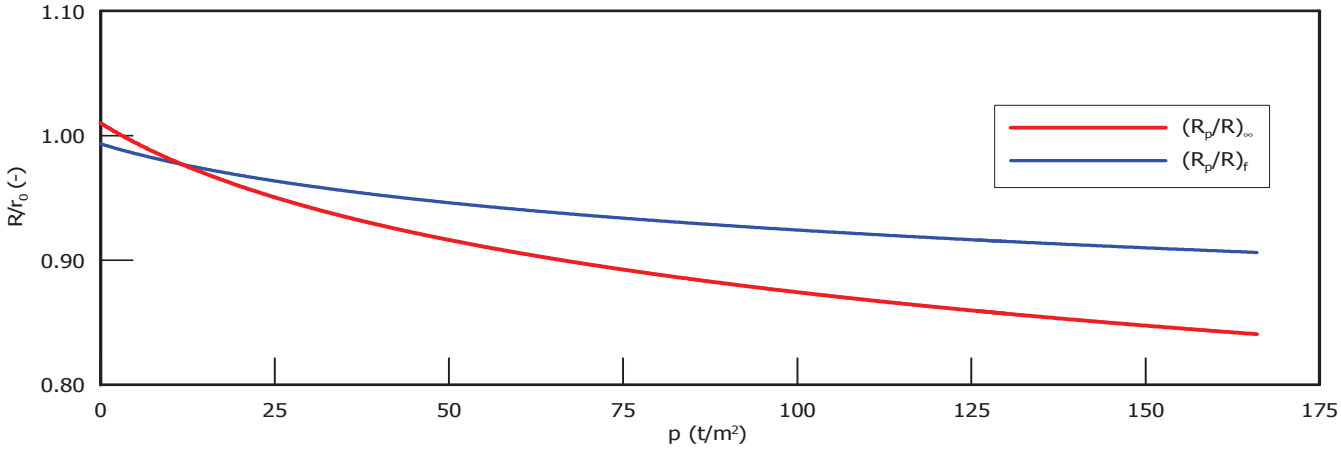
Risultati

RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=146.58 u (cm)= 0.006

Al fronte
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.053
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.053

Lontano dal fronte
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.11
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 3.00 u (cm)= 0.11





A_0_H150_T10

Dati

Raggio (m)	6.5
Copertura (m)	150.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	132.00
Angolo di attrito (deg)	51.60
Modulo di rigidezza (t/m²)	1600000.00
Coefficiente di Poisson	0.25
Dilatanza	.00

Consolidamenti

N° VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

Risultati

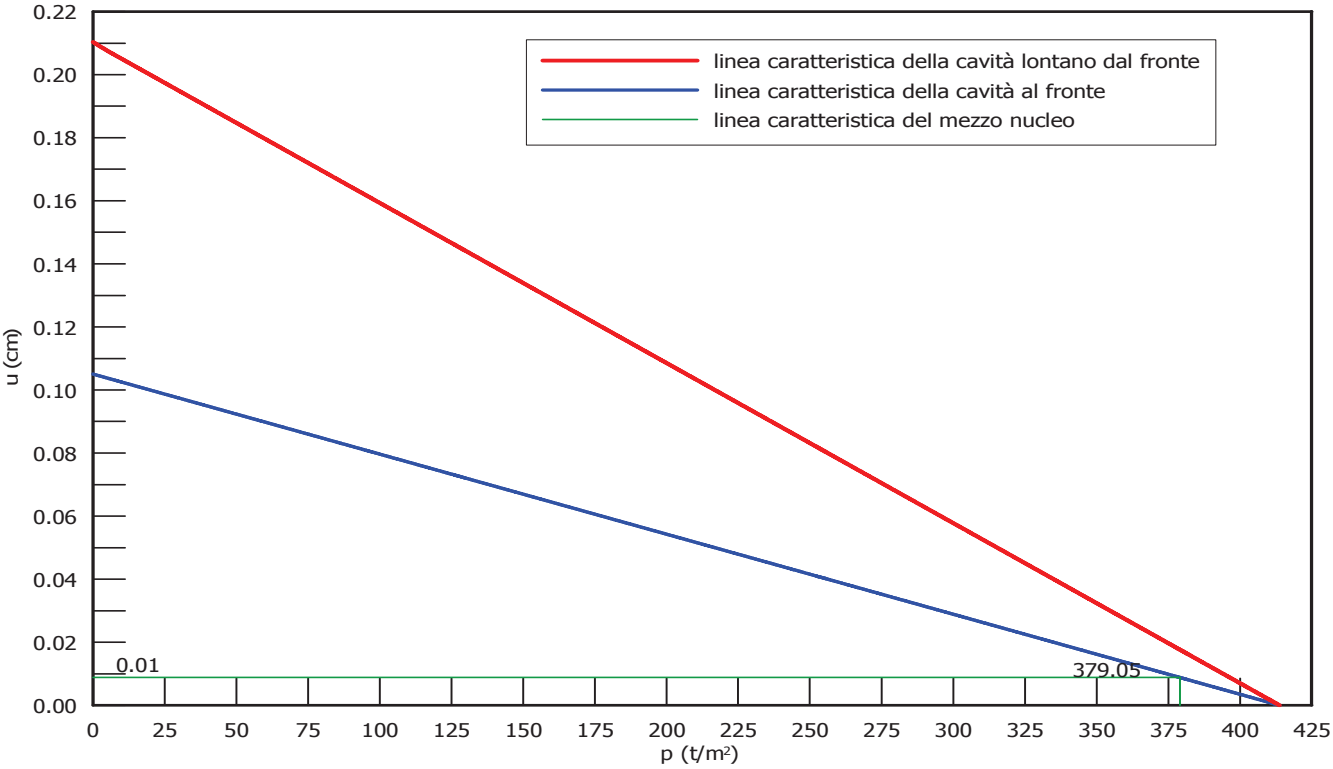
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=379.05 u (cm)= 0.01

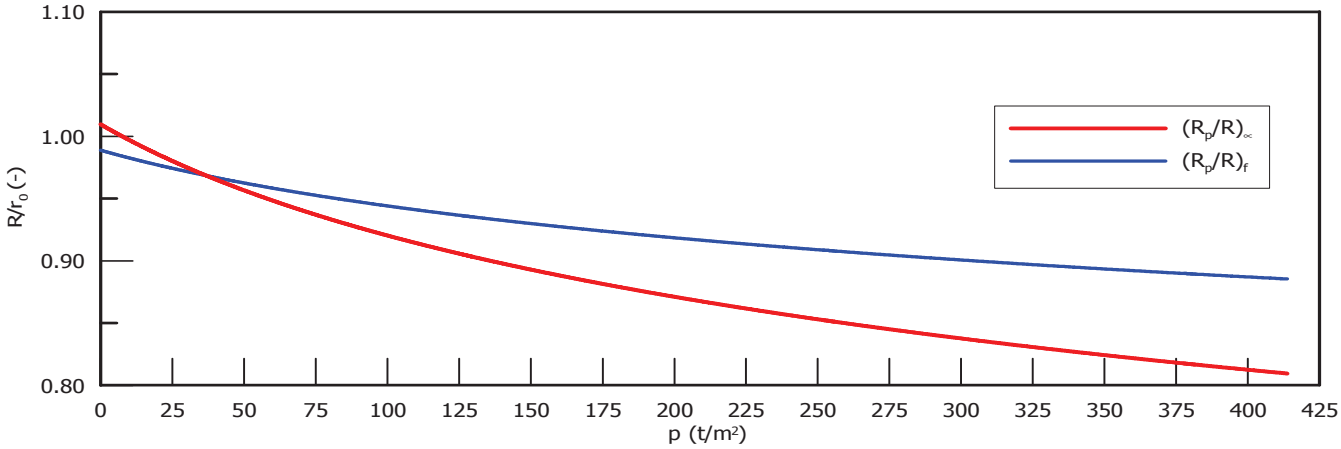
Al fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.11
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.11

Lontano dal fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.21
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 8.00 u (cm)= 0.21





B_0_H60_T03

Dati

Raggio (m)	6.95
Copertura (m)	60.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	18.00
Angolo di attrito (deg)	48.00
Modulo di rigidezza (t/m²)	80000.00
Coefficiente di Poisson	0.30
Dilatanza	.00

Consolidamenti

Nº VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

Risultati

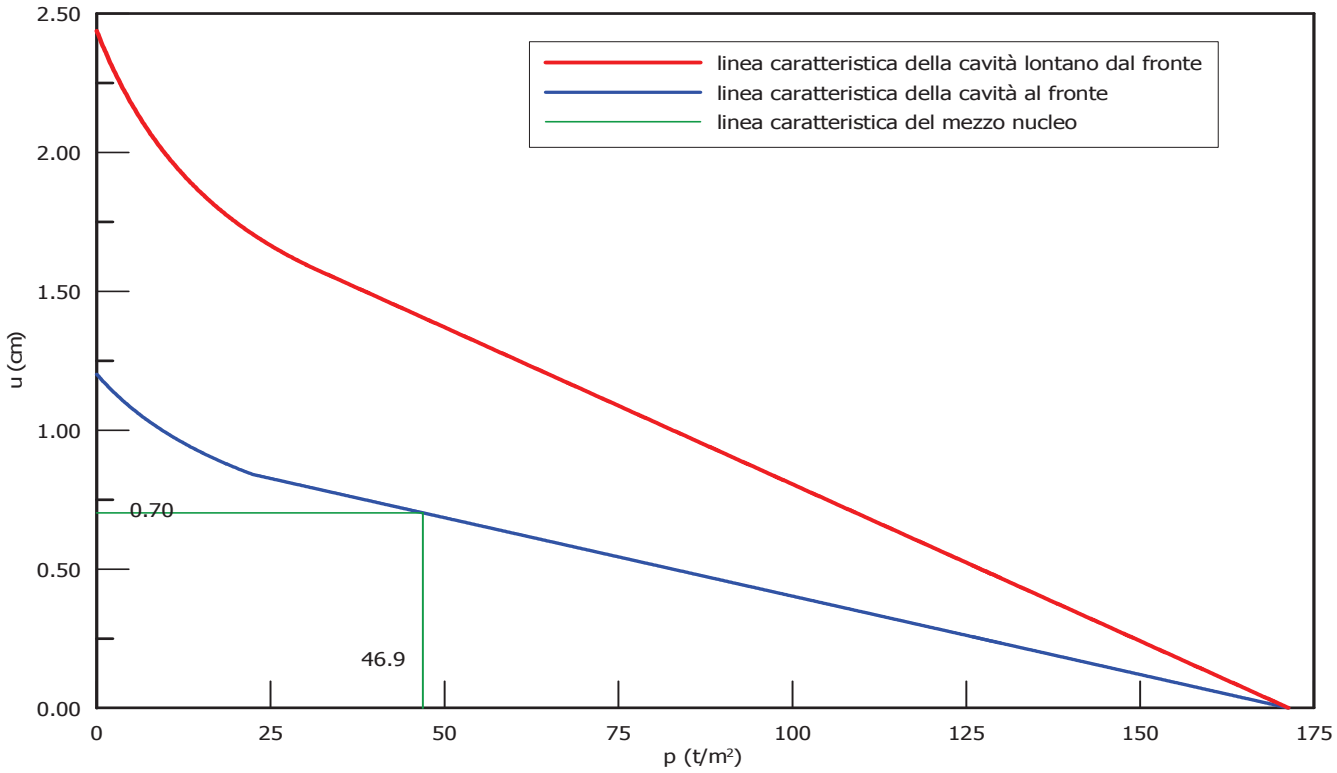
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=46.90 u (cm)= 0.70

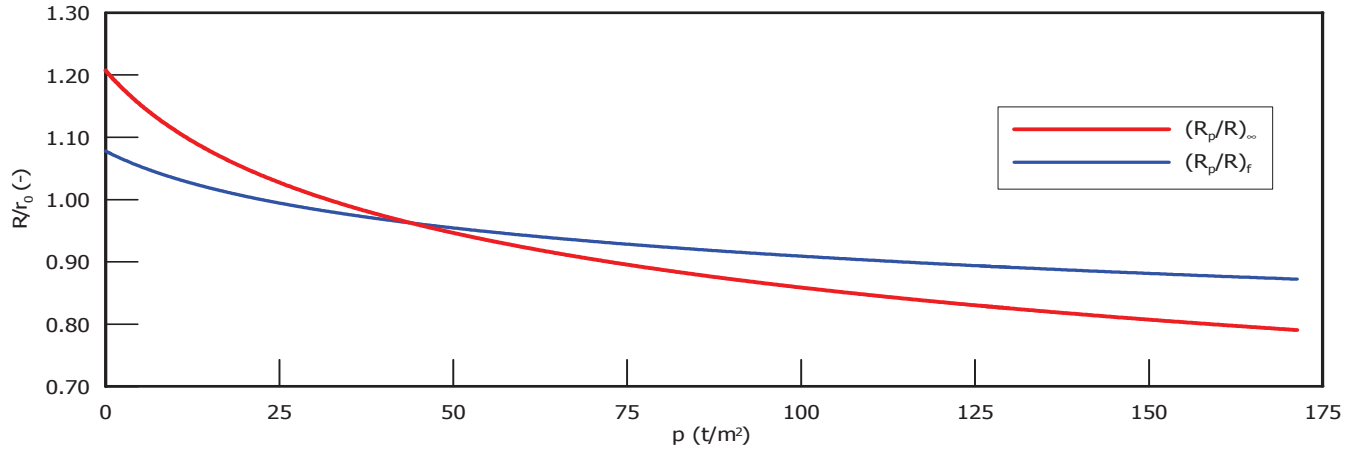
Al fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 1.20
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 22.4 u (cm)= 0.84

Lontano dal fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 2.44
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 31.9 u (cm)= 1.57





B_0_H80_T05

Dati

Raggio (m)	6.95
Copertura (m)	80.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	20.00
Angolo di attrito (deg)	46.50
Modulo di rigidezza (t/m²)	80000.00
Coefficiente di Poisson	0.30
Dilatanza	.00

Consolidamenti

Nº VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

Risultati

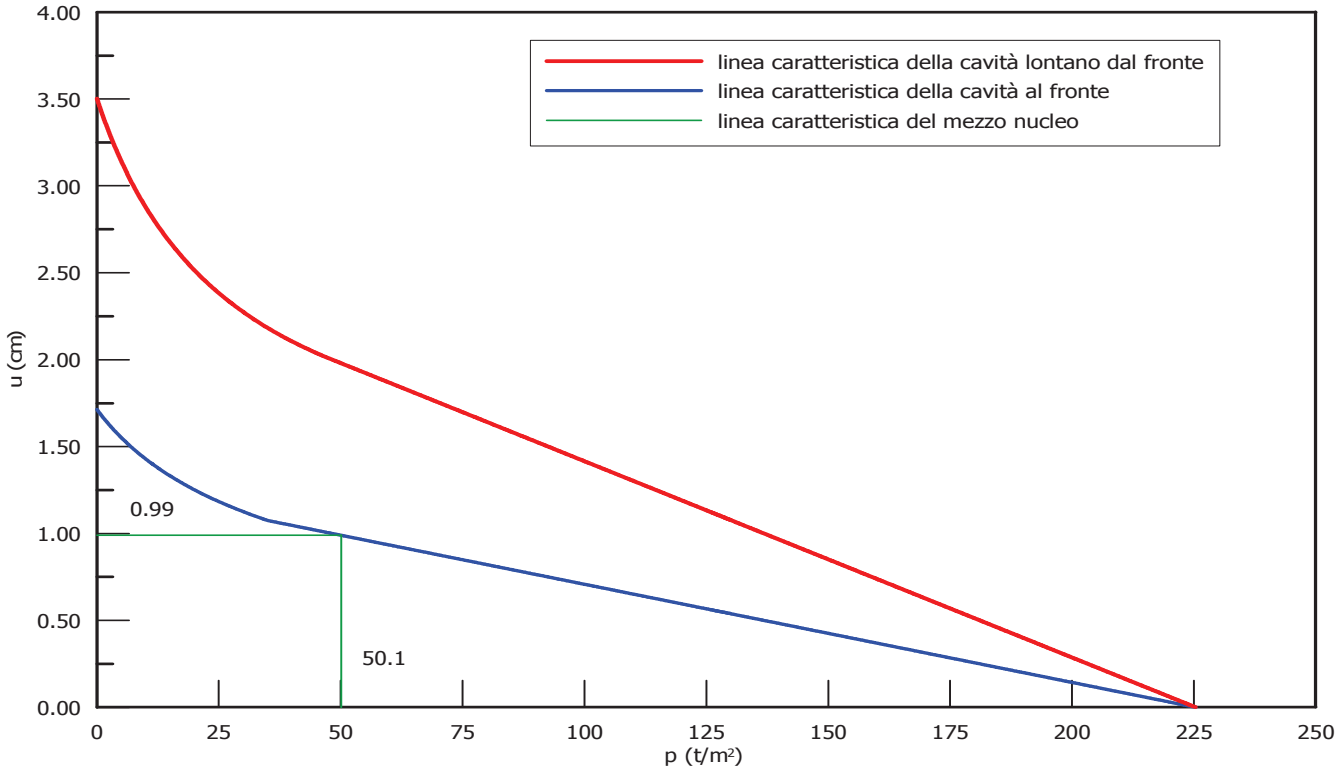
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=50.13 u (cm)= 0.99

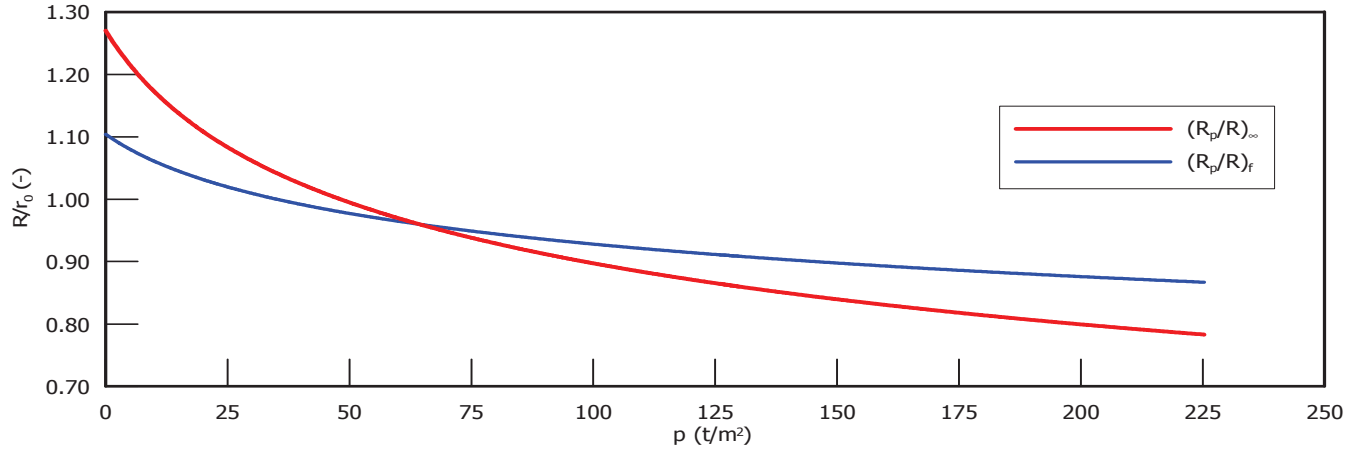
Al fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 1.70
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 34.2 u (cm)= 1.08

Lontano dal fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 3.50
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 48.1 u (cm)= 2.00





B_0_H110_T07

Dati

Raggio (m)	6.95
Copertura (m)	110.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	20.00
Angolo di attrito (deg)	46.50
Modulo di rigidezza (t/m²)	80000.00
Coefficiente di Poisson	0.30
Dilatanza	.00

Consolidamenti

Nº VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

Risultati

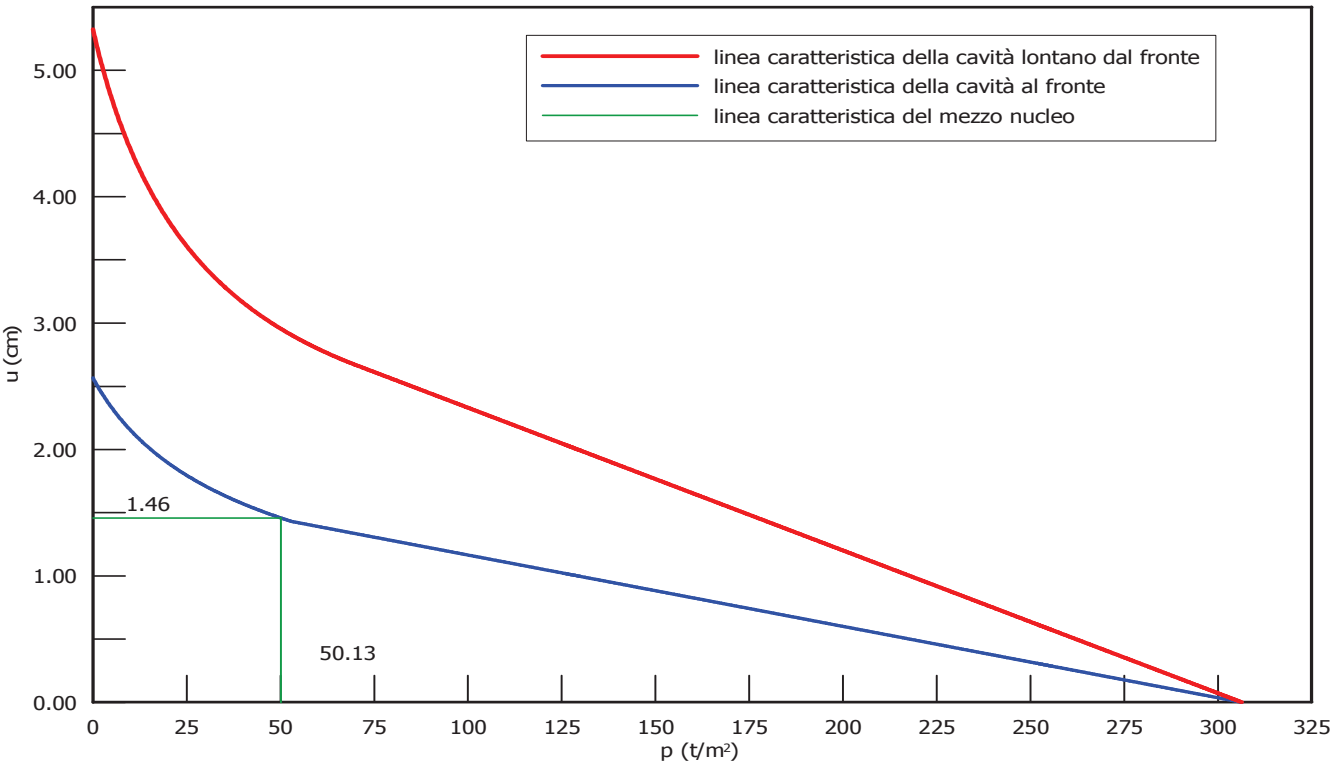
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=50.13 u (cm)= 1.46

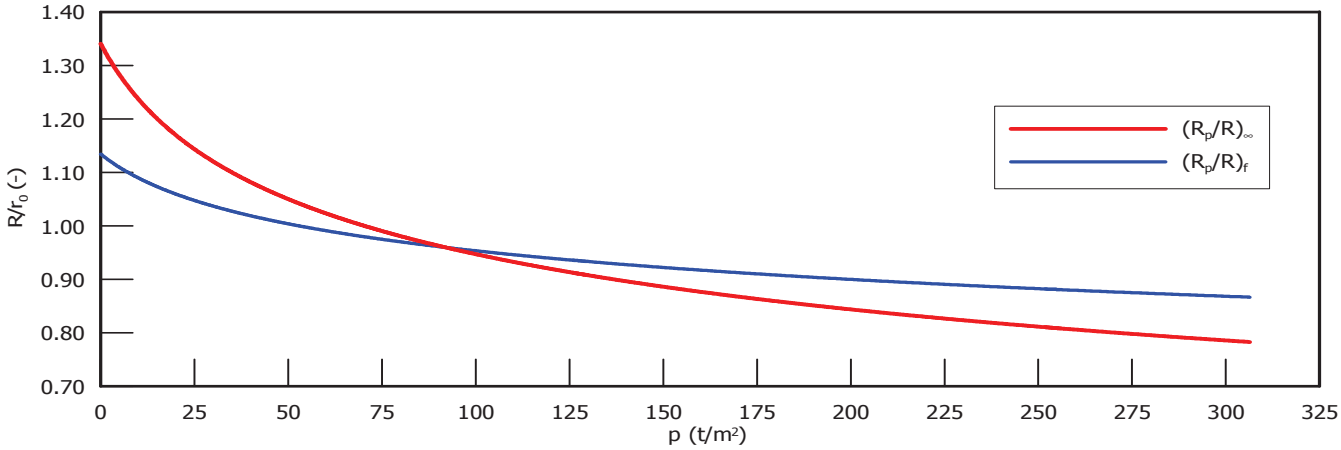
Al fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 2.57
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 52.9 u (cm)= 1.43

Lontano dal fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 5.32
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 70.70 u (cm)= 2.66





B/C_0_H140_T09

Dati

Raggio (m)	6.95
Copertura (m)	140.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	30.00
Angolo di attrito (deg)	44.00
Modulo di rigidezza (t/m²)	80000.00
Coefficiente di Poisson	0.30
Dilatanza	.00

Consolidamenti

Nº VTR al fronte	40 .00
Sovrapposizione utile (m)	6.00
Diametro foro (m)	0.10
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	15.00

Risultati

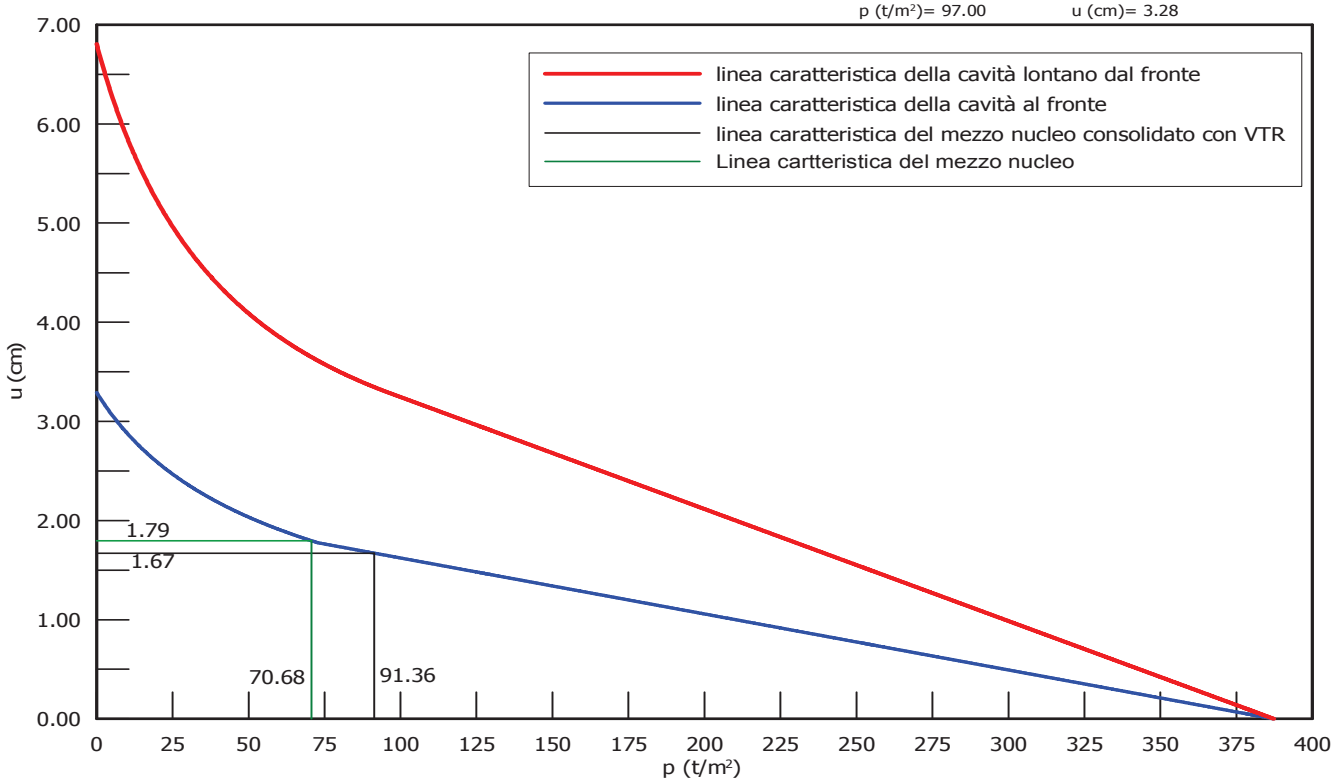
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=70.68 u (cm)= 1.79
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO CONSOLIDATA CON VTR
p (t/m²)=91.36 u (cm)= 1.67

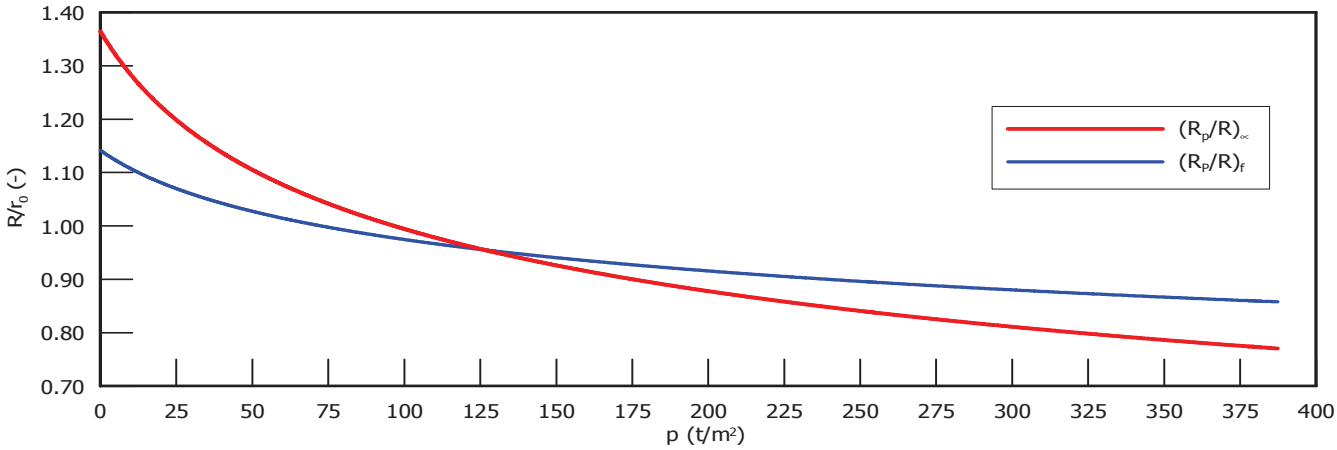
Al fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 3.29
LIMITE ELASTICO AL FRONTE
p (t/m²)= 73.20 u (cm)= 1.77

Lontano dal fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 6.81
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 97.00 u (cm)= 3.28





B_H90_T15

Dati

Raggio (m)	6.95
Copertura (m)	90.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	22.00
Angolo di attrito (deg)	44.00
Modulo di rigidezza (t/m²)	63000.00
Coefficiente di Poisson	0.30
Dilatanza	.00

Consolidamenti

Nº VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

Risultati

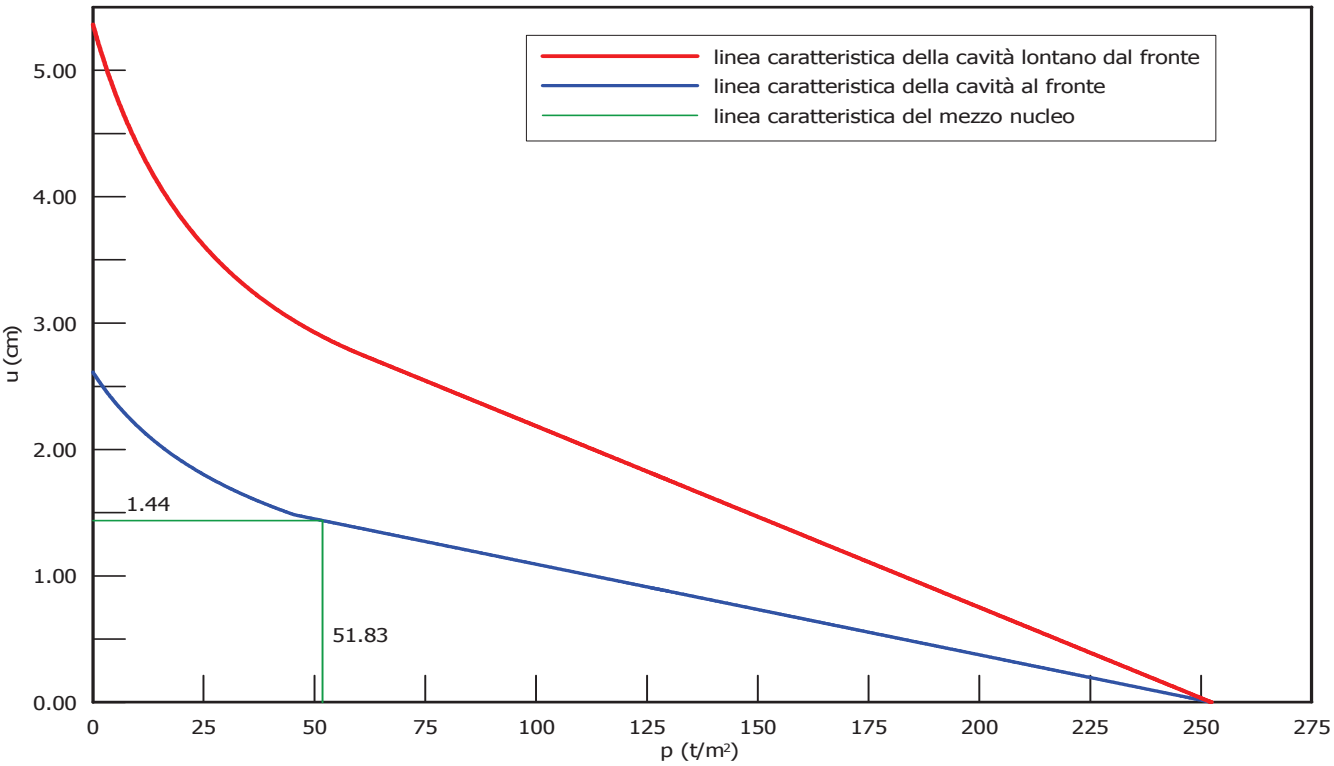
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=51.83 u (cm)= 1.44

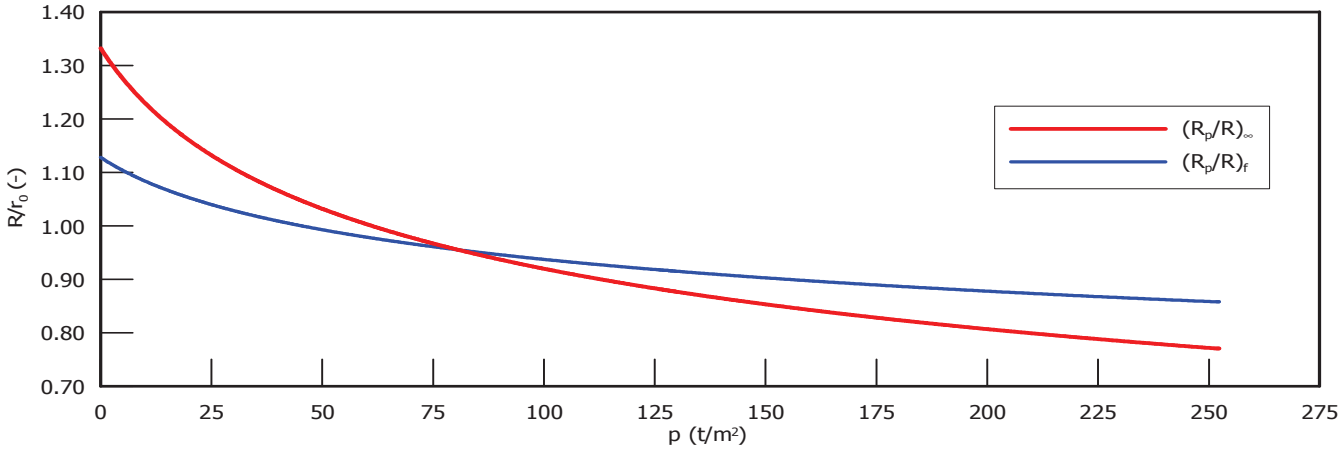
Al fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 2.61
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 45.4 u (cm)= 1.48

Lontano dal fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 5.36
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 61.20 u (cm)= 2.74





B/C_0_H30_T01

Dati

Raggio (m)	6.95
Copertura (m)	30.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	8.00
Angolo di attrito (deg)	38.00
Modulo di rigidezza (t/m²)	200000.00
Coefficiente di Poisson	0.25
Dilatanza	.00

Consolidamenti

N° VTR al fronte	40 .00
Sovrapposizione utile (m)	6.00
Diametro foro (m)	0.10
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	15.00

Risultati

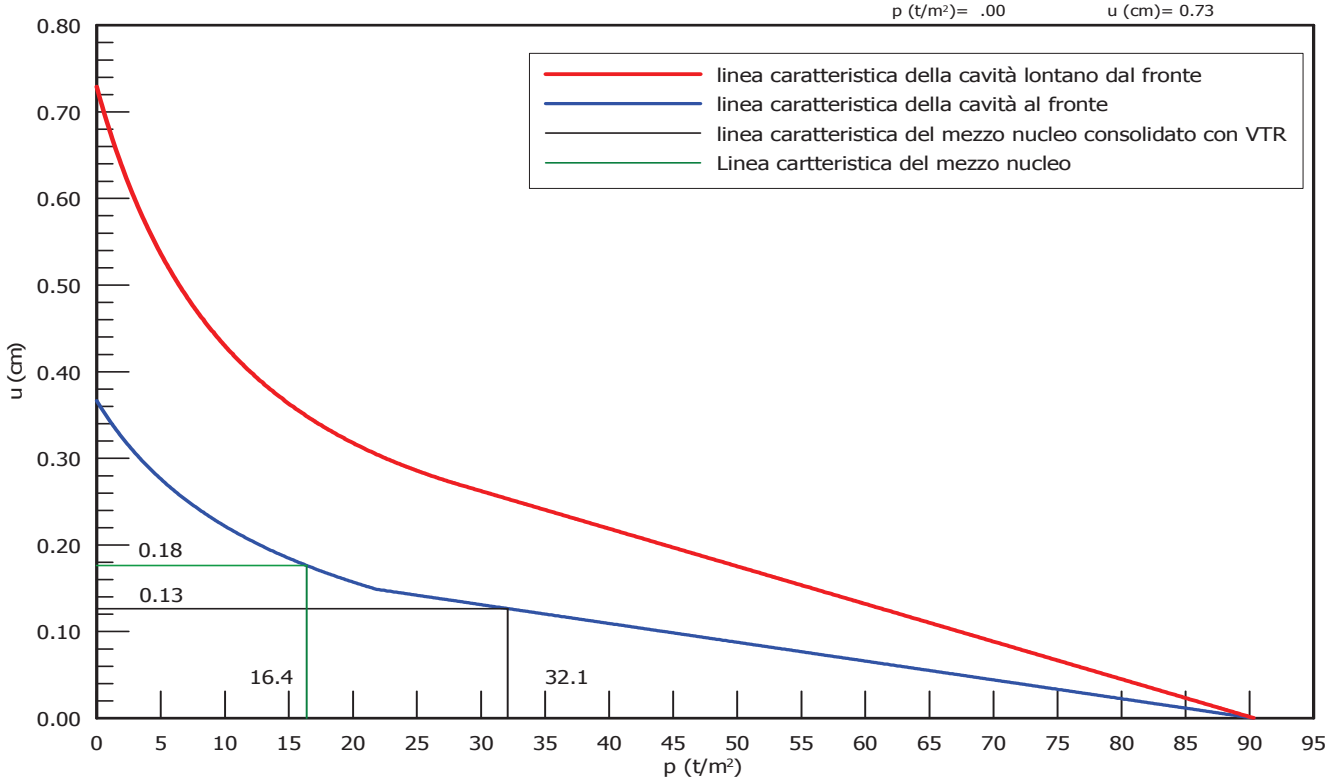
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=16.4 u (cm)= 0.18
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO CONSOLIDATO
p (t/m²)=32.1 u (cm)= 0.13

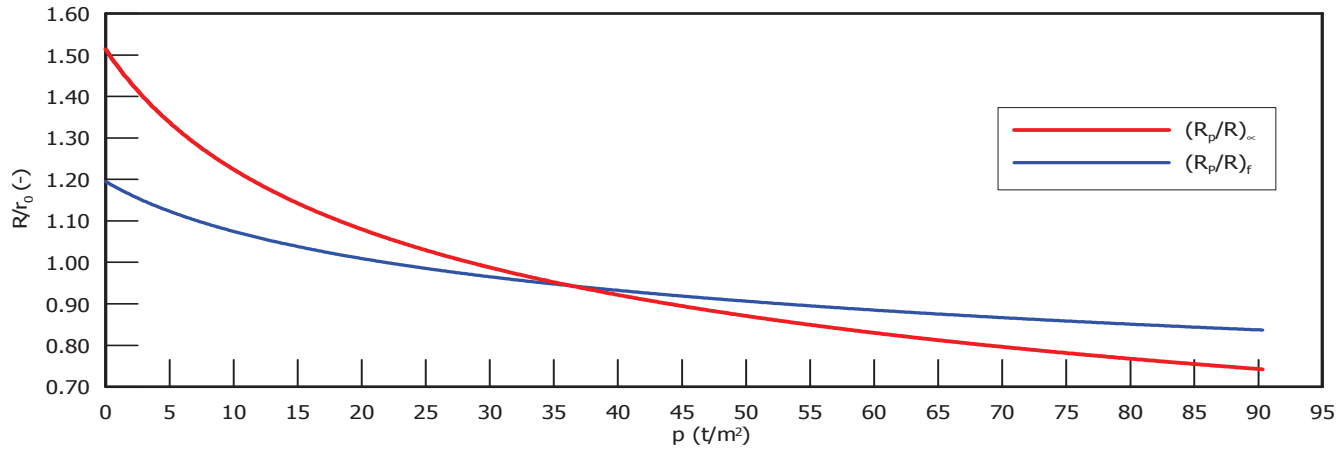
Al fronte

LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 21.8 u (cm)= 0.15
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.37

Lontano dall fronte

LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)=28.4 u (cm)= 0.27
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.73





A/B_0_H40_T18

Dati

Raggio (m)	7.70
Copertura (m)	40.00
Peso dii volume (t/m²)	2.60
Coesione (t/m²)	40.00
Angolo di attrito (deg)	40.00
Modulo di rigidezza (t/m²)	500000.00
Coefficiente di Poisson	0.25
Dilatanza	.00

Consolidamenti

Nº VTR al fronte	40 .00
Sovrapposizione utile (m)	6.00
Diametro foro (m)	0.10
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	15.00

Risultati

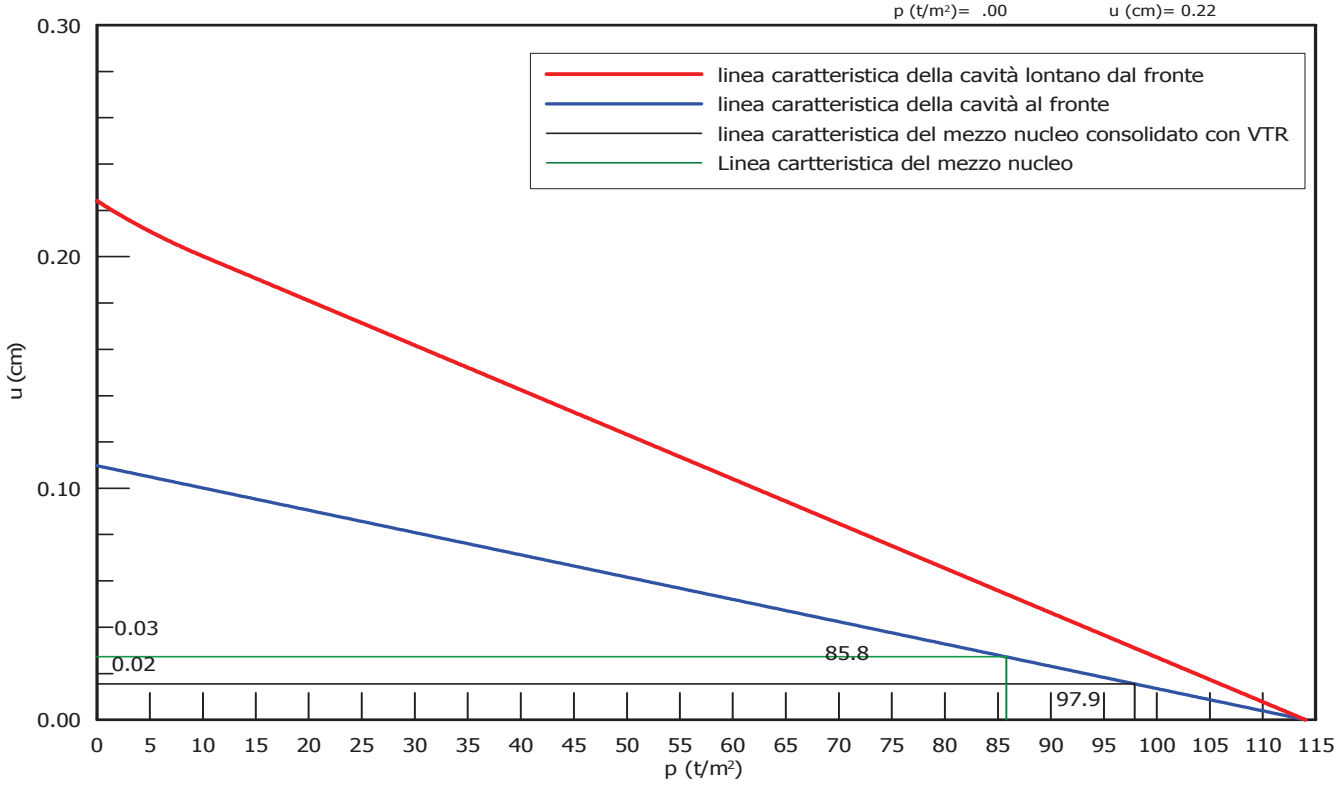
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=85.8 u (cm)= 0.03
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO CONSOLIDATO
p (t/m²)=97.9 u (cm)= 0.02

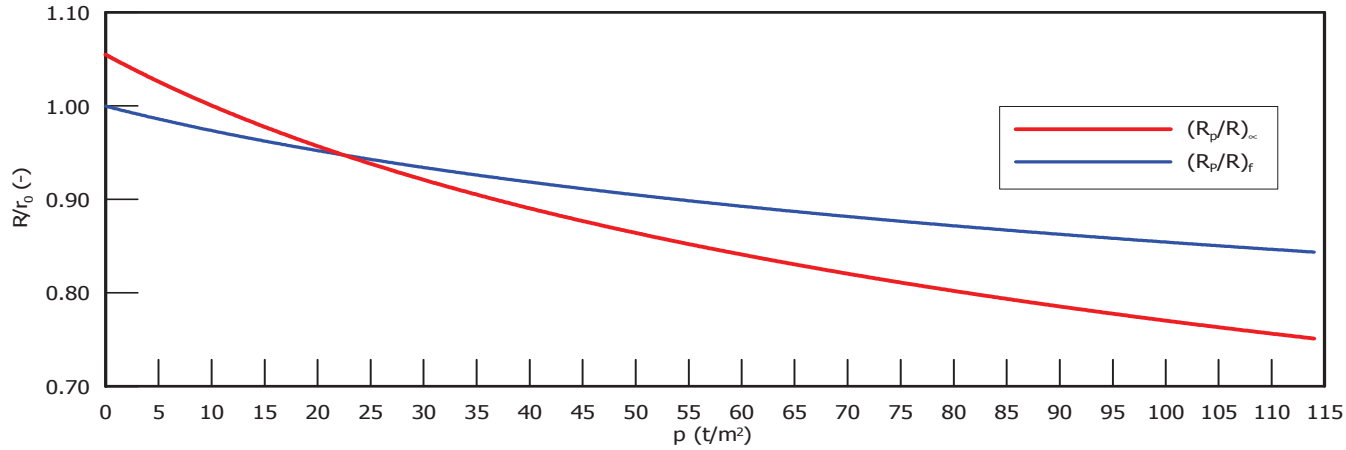
Al fronte

LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 0.0 u (cm)= 0.11
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.11

Lontano dall fronte

LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)=10.0 u (cm)= 0.20
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.22





Cunicolo_H120

Dati

Raggio (m)	4.7
Copertura (m)	120.00
Peso dii volume (t/m²)	2.70
Coesione (t/m²)	120.00
Angolo di attrito (deg)	53.20
Modulo di rigidezza (t/m²)	1600000.00
Coefficiente di Poisson	0.25
Dilatanza	.00

Consolidamenti

N° VTR al fronte	0 .00
Sovrapposizione utile (m)	0.00
Diametro foro (m)	0.00
Tensione ad. terreno malta (t/m²)	00.00

Risultati

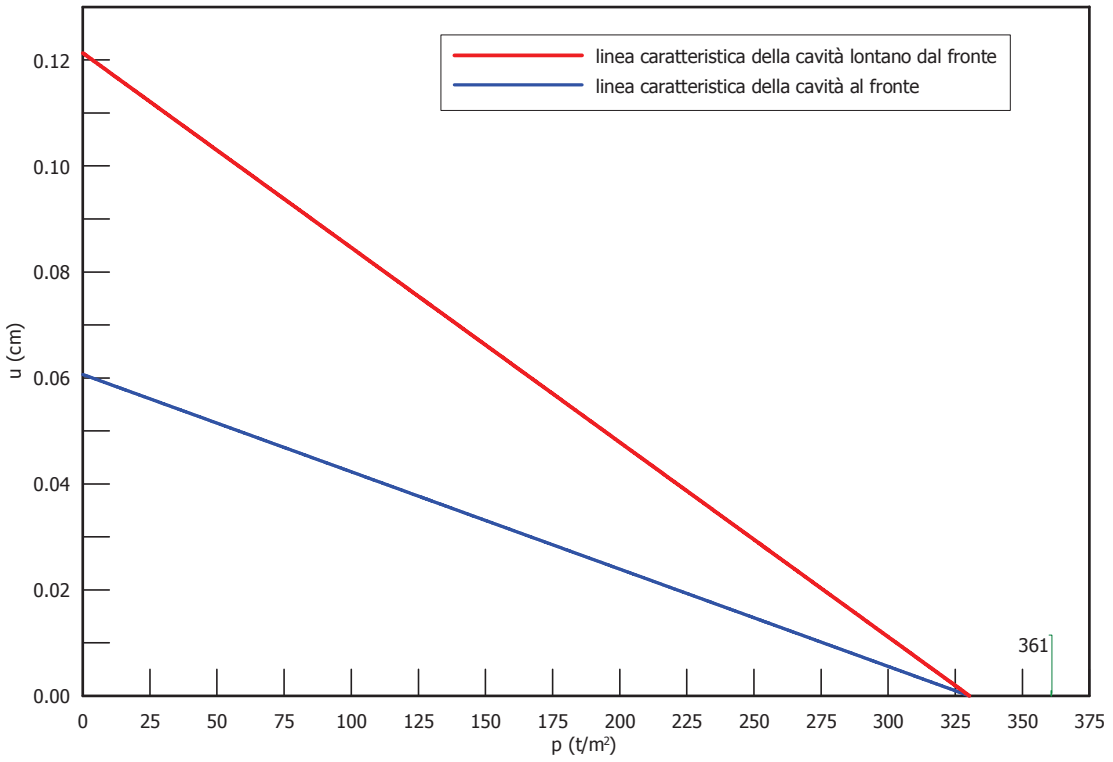
RESISTENZA DI 1/2 NUCLEO
p (t/m²)=361.0 u (cm)= 0.00

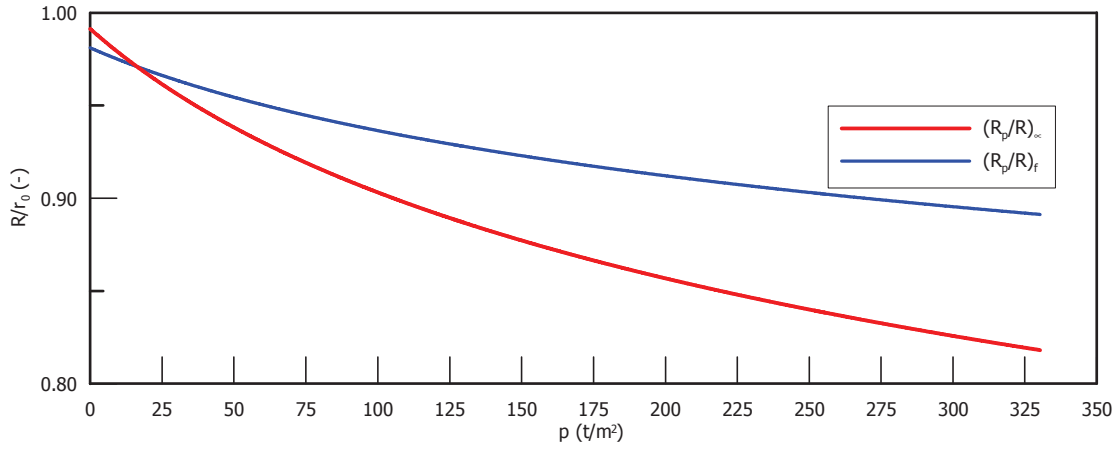
Al fronte

FORZA MINIMA DI SOSTEGNO AL FRONTE
p (t/m²)= .00 u (cm)= 0.06
LIMITE ELASTICO FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.06

Lontano dal fronte

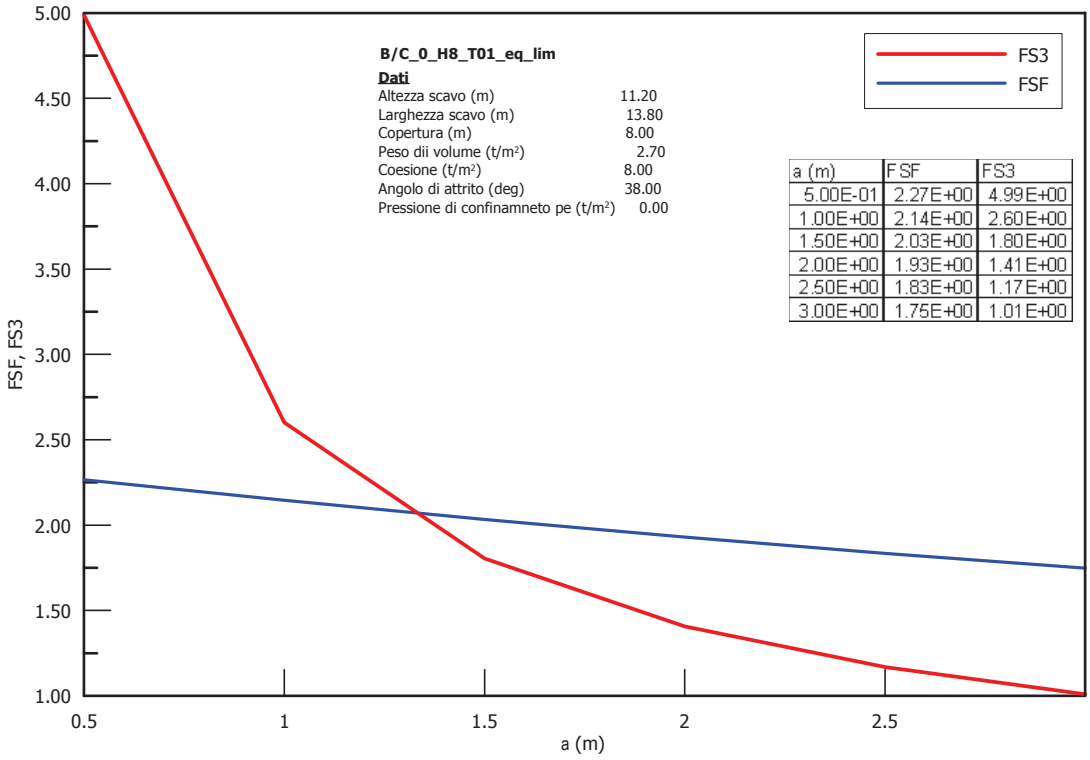
FORZA MINIMA DI SOSTEGNO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.12
LIMITE ELASTICO LONTANO DAL FRONTE
p (t/m²)= 0.00 u (cm)= 0.12



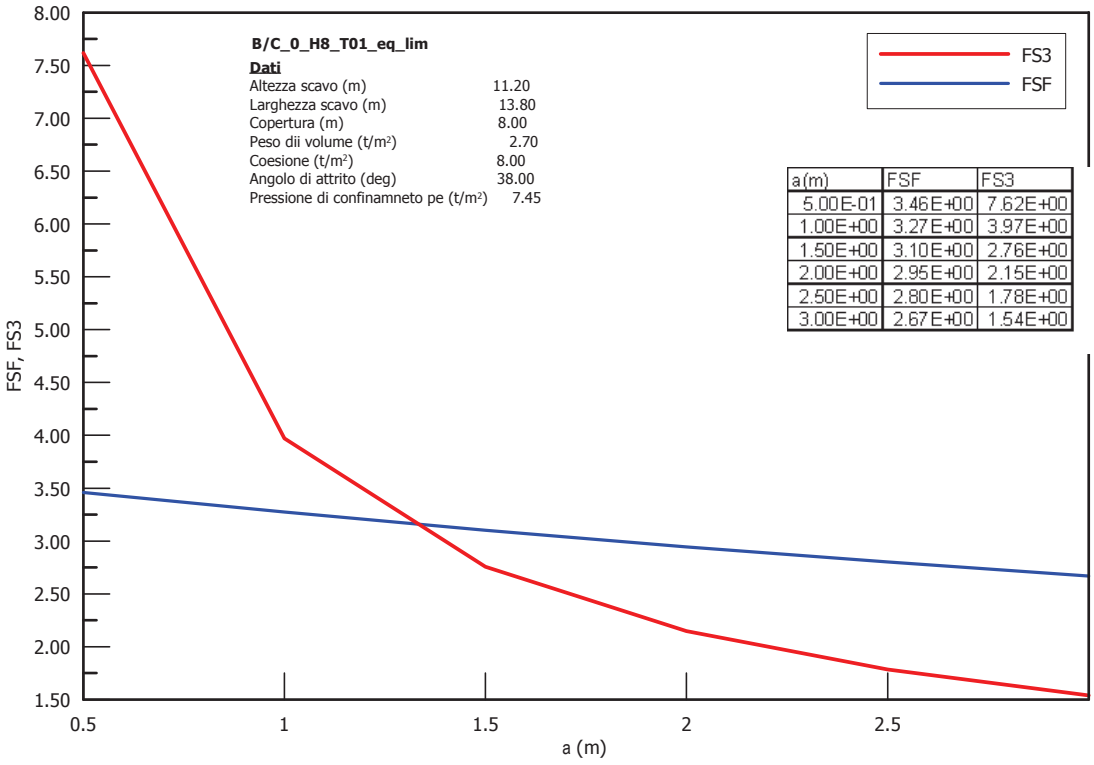


APPENDICE B

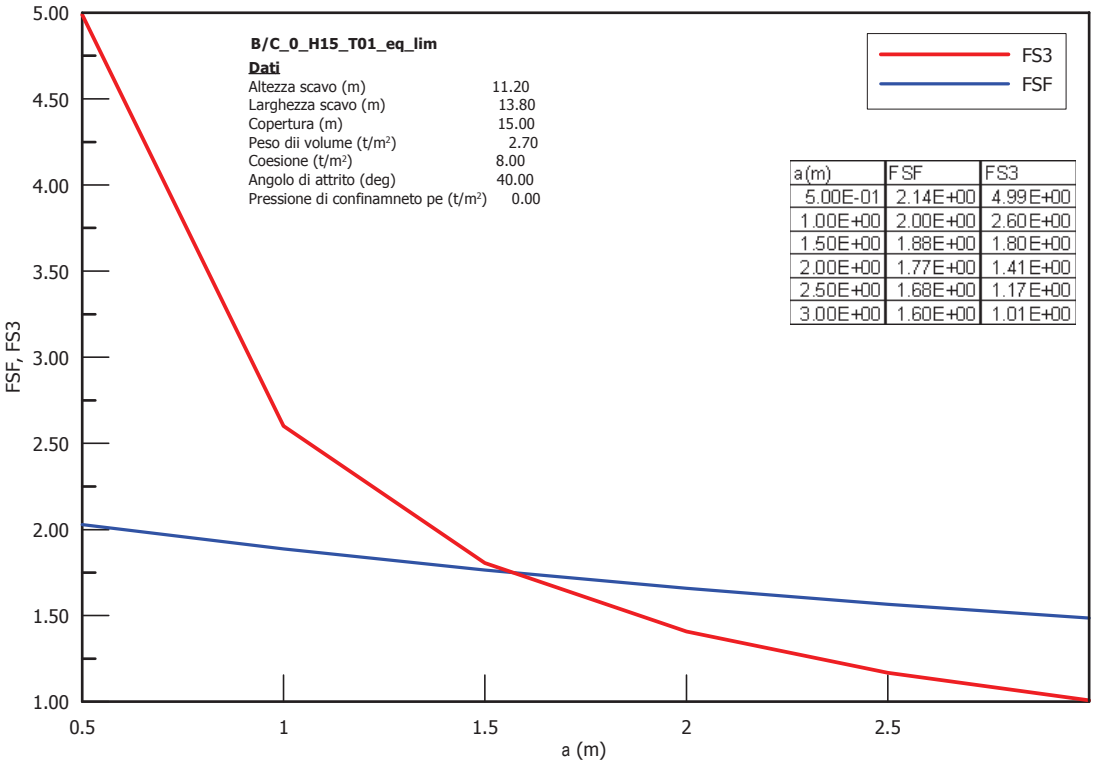
Risultati delle analisi in fase di diagnosi condotte con il metodo dell'equilibrio limite (Tamez, 1985)



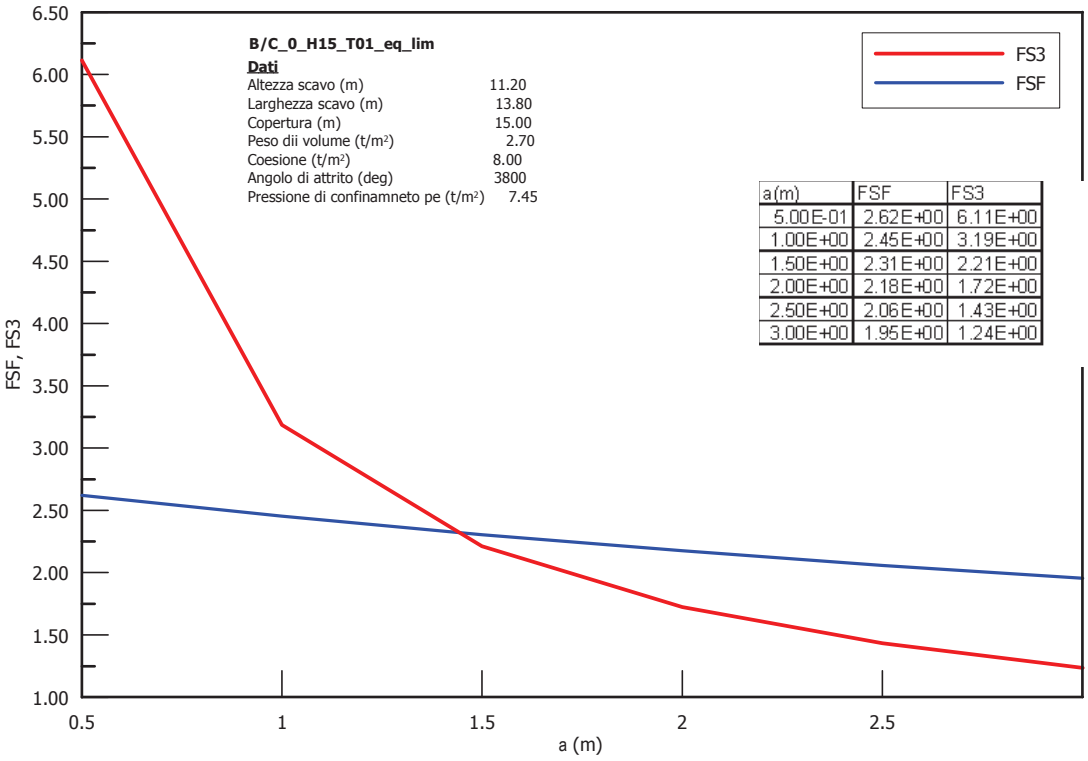
a (m)	FSF	FS3
5.00E-01	2.27E+00	4.99E+00
1.00E+00	2.14E+00	2.60E+00
1.50E+00	2.03E+00	1.80E+00
2.00E+00	1.93E+00	1.41E+00
2.50E+00	1.83E+00	1.17E+00
3.00E+00	1.75E+00	1.01E+00



a(m)	FSF	FS3
5.00E-01	3.46E+00	7.62E+00
1.00E+00	3.27E+00	3.97E+00
1.50E+00	3.10E+00	2.76E+00
2.00E+00	2.95E+00	2.15E+00
2.50E+00	2.80E+00	1.78E+00
3.00E+00	2.67E+00	1.54E+00



a(m)	FSF	FS3
5.00E-01	2.14E+00	4.99E+00
1.00E+00	2.00E+00	2.60E+00
1.50E+00	1.88E+00	1.80E+00
2.00E+00	1.77E+00	1.41E+00
2.50E+00	1.68E+00	1.17E+00
3.00E+00	1.60E+00	1.01E+00



a(m)	FSF	FS3
5.00E-01	2.62E+00	6.11E+00
1.00E+00	2.45E+00	3.19E+00
1.50E+00	2.31E+00	2.21E+00
2.00E+00	2.18E+00	1.72E+00
2.50E+00	2.06E+00	1.43E+00
3.00E+00	1.95E+00	1.24E+00

APPENDICE C

Verifiche del rivestimento provvisorio a breve termine
(resistenza dello spritz a 2 giorni: R_{CK}=13 N/mmq; f_{cm}=19 N/mmq)

Note le sollecitazioni di calcolo N, M e V riportate nella relazione di calcolo, la ripartizione tra centine e calcestruzzo proiettato è effettuata sulla base della seguente formulazione:

$$h_{eq} = 2\frac{\sqrt{3C_A C_I}}{C_A}$$

$$E_{eq} = \frac{\sqrt{3}}{6}\frac{C_A^2}{\sqrt{C_A C_I}}$$

$$C_A = n(A_1E_1 + A_2E_2)$$

$$C_I = n(I_1E_1 + I_2E_2)$$

$$N_1 = \frac{N}{n}\frac{A_1E_1}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

$$N_2 = \frac{N}{n}\frac{A_2E_2}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

$$M_1 = \frac{M}{n}\frac{I_1E_1}{I_1E_1 + I_2E_2}$$

$$M_2 = \frac{M}{n}\frac{I_2E_2}{I_1E_1 + I_2E_2}$$

$$V_1 = \frac{V}{n}\frac{I_1E_1}{I_1E_1 + I_2E_2}$$

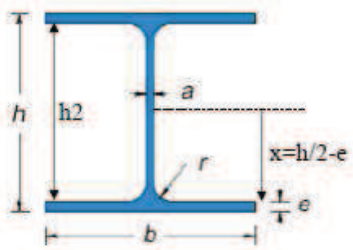
$$V_2 = \frac{V}{n}\frac{I_2E_2}{I_1E_1 + I_2E_2}$$

In aggiunta sono assunte le seguenti condizioni di verifica:

$M_2 = 0$ e $V_2 = 0$

che consiste nell'assumere le sollecitazioni di momento flettente e taglio sulle sole centine.

Note le sollecitazioni di calcolo, le verifiche strutturali sono eseguite valutando la tensione ideale per le centine e la tensione massima di compressione nel cls.



$$\sigma_{N,1} = \frac{N_1}{A_s}$$

$$\sigma_{M,1} = \frac{M_1 \cdot x}{I_s}$$

$$\sigma_{min,1} = \sigma_{N,1} - \sigma_{M,1}$$

$$\sigma_{max,1} = \sigma_{N,1} + \sigma_{M,1}$$

$$\tau_{V,1} = \frac{V_1}{h_2 \cdot a}$$

Per il criterio di Von Mises deve risultare:

$$\sigma_{id,1} = \sqrt{\sigma_{\max,1} + 3 \cdot \tau^2} < f_{yd} = f_{yk} / 1.15$$

Per il calcestruzzo proiettato si ha:

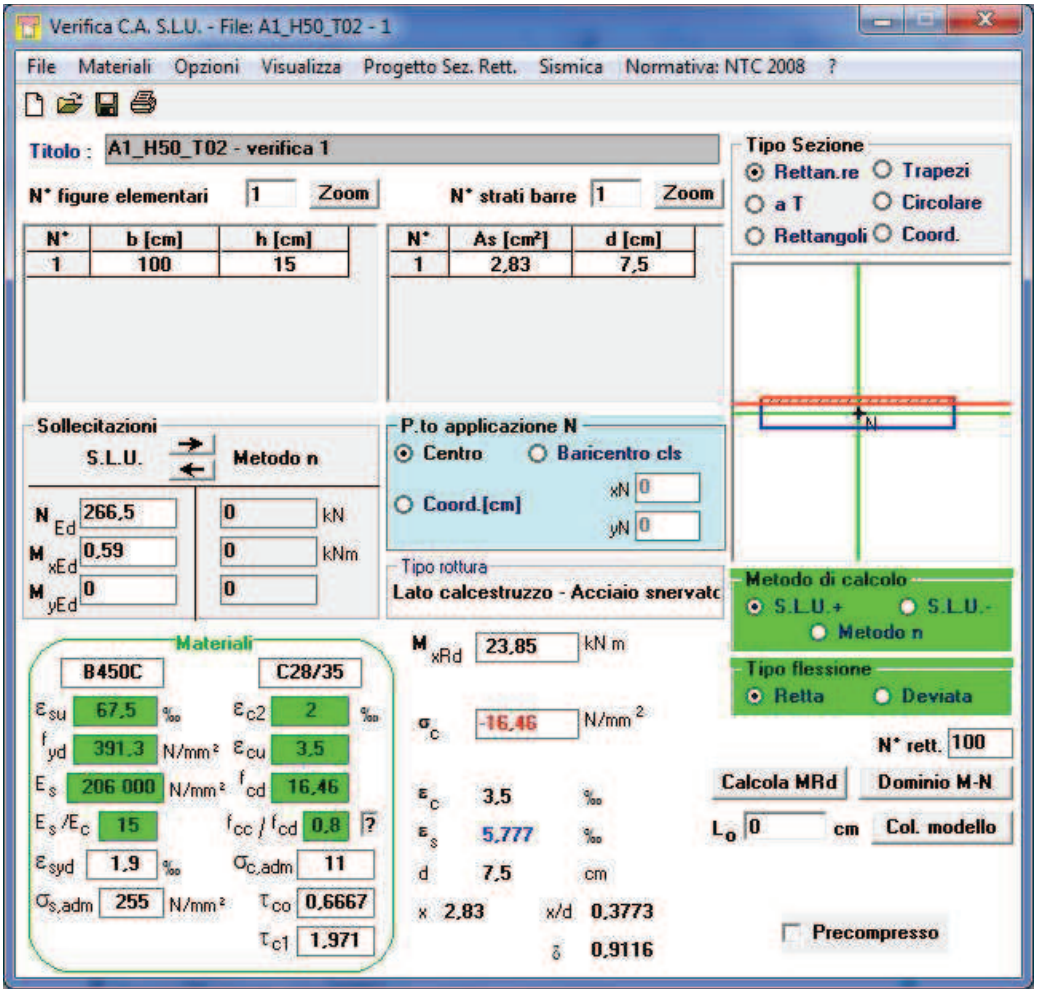
$$\sigma_{N,2} = \frac{N_2}{A_c} = \frac{N_2}{b \cdot s}$$

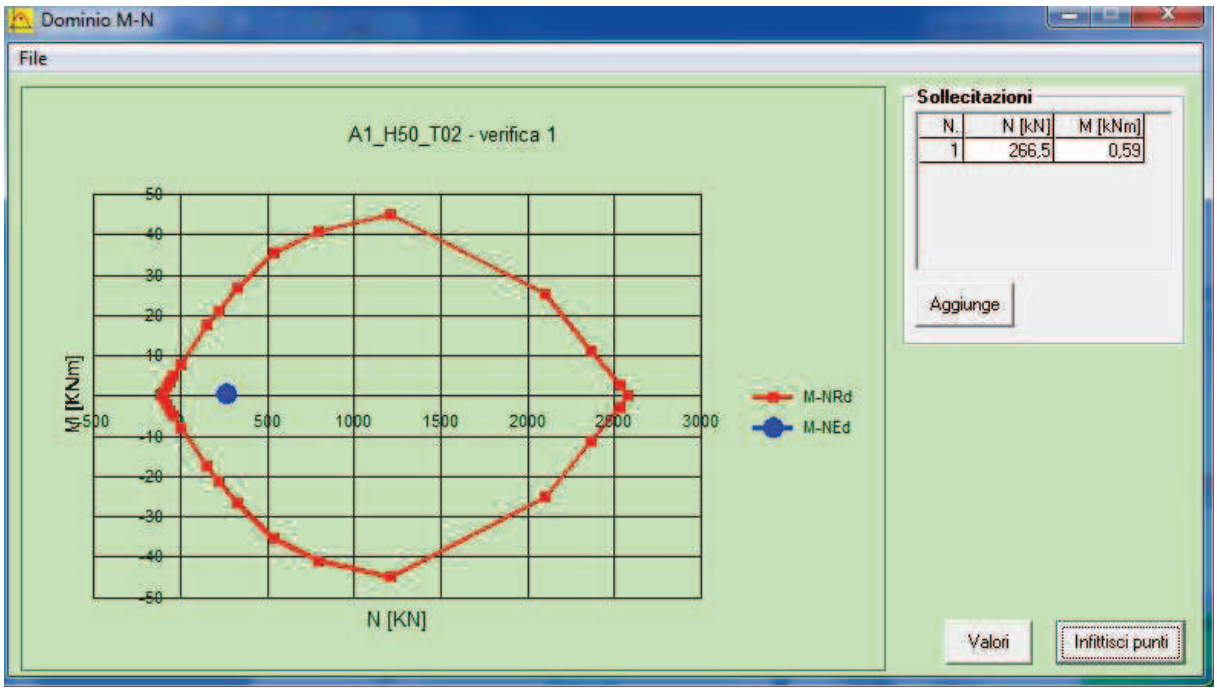
essendo s lo spessore del calcestruzzo.

Nel seguito sono riportati, per le diverse sezioni analizzate, i risultati delle analisi effettuate. Le sollecitazioni risultanti N_k, T_k e M_k sono state incrementate ai valori N_d, T_d e M_d mediante un coefficiente di amplificazione pari a 1,30 in accordo a quanto prescritto dalle NTC 2008.

Tabella riepilogo sollecitazioni

n° verifica	Sezione	Analisi	Rivestimento Provvisorio	$M_{,k}$ (kNm/m)	$M_{,d}$ (KNm/m)	$N_{,k}$ (kN/m)	$N_{,d}$ (Kn/m)	$T_{,k}$ (kN/m)	$T_{,d}$ (kN/m)
1	A1	A1_H50_T02	15 cm spritz +rete ø6/10x10	0,45	0,59	-205,00	-266,50	0,25	0,33
2				0,11	0,14	-210,70	-273,90	0,05	0,07
3				0,00	0,00	-196,70	-255,70	4,16	5,41
4		A1_H90_T16	15 cm spritz +rete ø6/10x10	0,70	0,91	-348,70	-453,30	0,19	0,25
5				0,19	0,25	-366,00	-475,80	0,13	0,17
6				0,00	0,00	-328,00	-426,40	5,98	7,77
7	A1a	A1a_H60_T17	15 cm spritz +rete ø6/10x10	0,45	0,59	-279,00	-362,70	0,20	0,26
8				0,12	0,16	-284,00	-369,20	0,00	0,00
9				0,00	0,00	-266,30	-346,20	3,66	4,76
10	A2	A2_H150_T10	1HEB140/150+ 15 cm spritz	1,04	1,35	-553,50	-719,60	0,20	0,26
11				0,30	0,39	-642,00	-834,60	0,12	0,16
12				0,00	0,00	-462,60	-601,40	16,60	21,58
13	B1	B1_H60_T03	2IPN180/100+ 20 cm spritz	30,10	39,10	-656,00	-852,80	3,10	4,03
14				13,60	16,70	-842,00	-1094,60	9,90	12,90
15				15,10	19,60	-557,00	-724,10	36,00	46,80
16		B1_H80_T05	2IPN180/100+ 20 cm spritz	40,90	53,20	-766,00	-995,80	3,95	5,10
17				16,80	21,80	-1001,00	-1301,30	2,05	2,70
18				10,70	13,90	-580,00	-754,00	46,70	60,70
19		B1_H110_T07	2IPN180/100+ 20 cm spritz	45,20	58,76	-843,00	-1095,90	1,70	2,21
20				12,60	16,38	-1070,00	-1391,00	2,80	3,64
21				12,50	16,25	-654,00	-850,20	50,90	66,17
22		B1_H90_T15	2IPN180/100+ 20 cm spritz	35,80	46,54	-795,00	-1033,50	0,70	2,21
23				14,40	18,72	-1051,00	-1366,30	0,36	0,47
24				11,80	15,34	-596,00	-774,80	46,11	59,94
25	B2_VTR	B2_VTR_H140_T09	2IPN240/100+ 30 cm spritz	74,00	96,20	-1350,00	-1755,00	7,10	9,23
26				33,80	43,94	-1749,80	-2274,70	1,35	1,78
27				21,00	27,30	-936,00	-1216,80	73,00	94,90
28	B1_VTR	B1_VTR_H30_T01	2IPN180/100+ 20 cm spritz	15,40	20,00	-438,00	-569,40	0,50	0,70
29				1,80	2,30	-594,50	-774,00	2,80	3,60
30				3,70	4,80	-345,00	-448,50	32,90	42,80
31	B1a_VTR	B1a_VTR_H40_T18	2IPN180/100+ 20 cm spritz	3,85	5,00	-267,30	-347,50	3,69	4,80
32				1,14	1,50	-713,00	-926,90	0,14	0,20
33				0,00	0,00	-207,40	-269,60	45,95	59,70
34	Cunicolo	Cunicolo_H120	1HEB140/150+ 15 cm spritz	1,30	1,70	-262,00	-340,60	0,10	0,10
35				1,30	1,70	-262,00	-340,60	0,10	0,10
36				0,13	0,17	-244,00	-317,20	10,10	13,10


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T02 - 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H50_T02 - verifica 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 266,5 0 kN
M xEd 0,59 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 23,85 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 5,777 ‰
d 7,5 cm
x 2,83 x/d 0,3773
δ 0,9116
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_H50_T02 - verifica 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 266,5 0,59
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NŞ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_H50_T02 verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	150	[mm]
Copriferro		c	0	[mm]
Altezza utile della sezione		d	150	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	150 000	[mm²]
Armatura longitudinale	10ø6+0ø+0ø+0ø	A_{sl}	2,83	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	0,33	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	266,50	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00188	[-]
	k	2,00	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,777	[N/mm²]
	v_{min}	0,52	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	118,55	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	118,55	[kN]

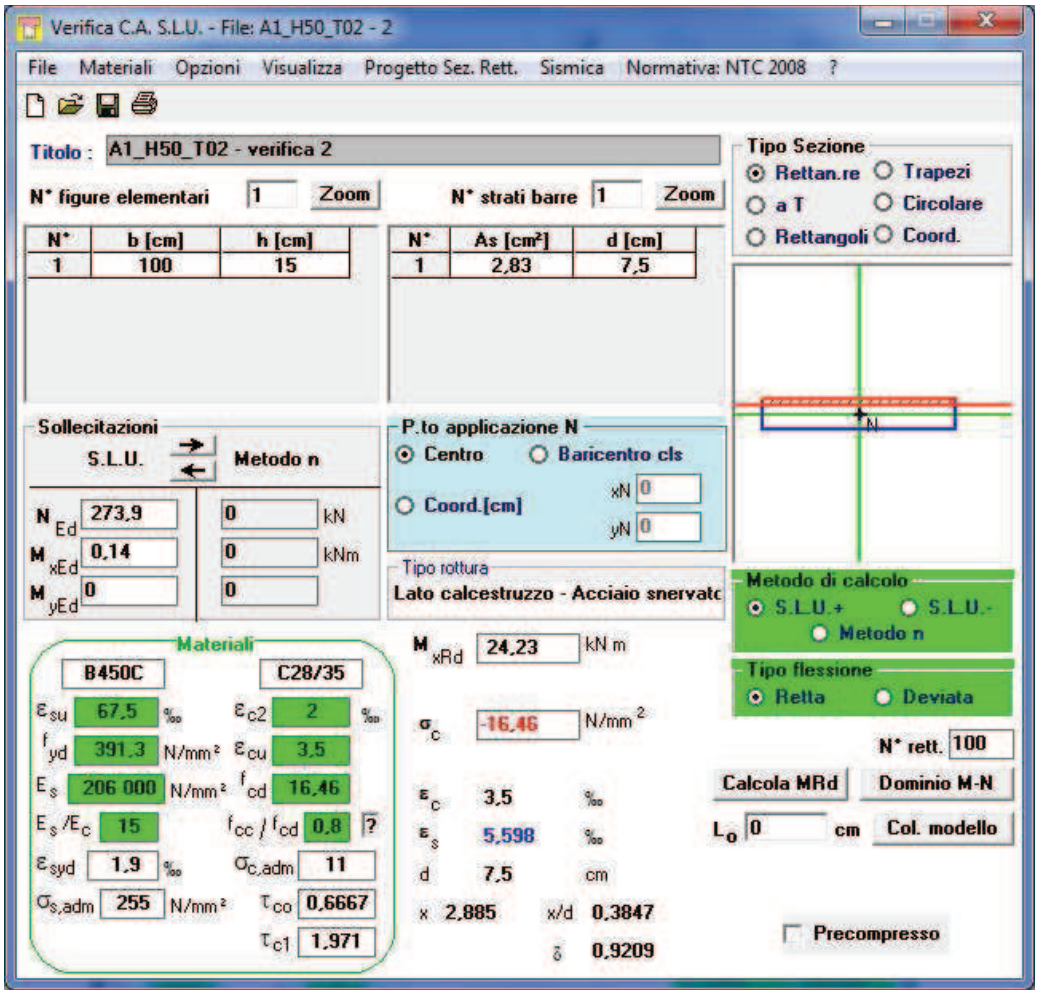
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔359,242 > 1

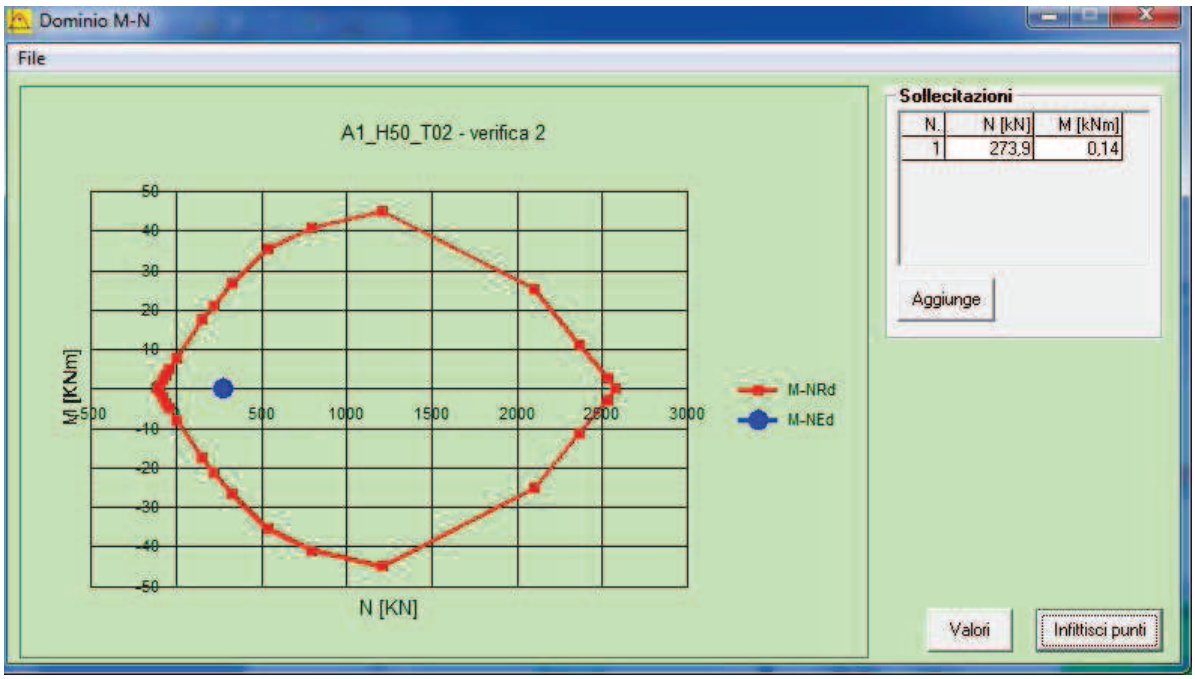
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T02 - 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H50_T02 - verifica 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 273,9 0 kN
M xEd 0,14 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 24,23 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 5,598 ‰
d 7,5 cm
x 2,885 x/d 0,3847
δ 0,9209
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_H50_T02 - verifica 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 273,9 0,14
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NS 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_H50_T02 verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} =	35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica		
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico		
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza		
	α_{cc}	0,85	[-]			
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$		
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C				
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento		
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico		
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza		
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$		

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	150	[mm]
Copriferro		c	0	[mm]
Altezza utile della sezione		d	150	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	150 000	[mm²]
Armatura longitudinale	10ø6+0ø+0ø+0ø	A_{sl}	2,83	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	0,07	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	273,90	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale		ρ_l	0,00188	[-]
		k	2,00	[-]
Tensione media di compressione		σ_{cp}	1,826	[N/mm²]
		v_{min}	0,52	[-]
Taglio resistente minimo		$V_{Rd,min}$	119,66	[kN]
Taglio resistente		V_{Rd}	119,66	[kN]

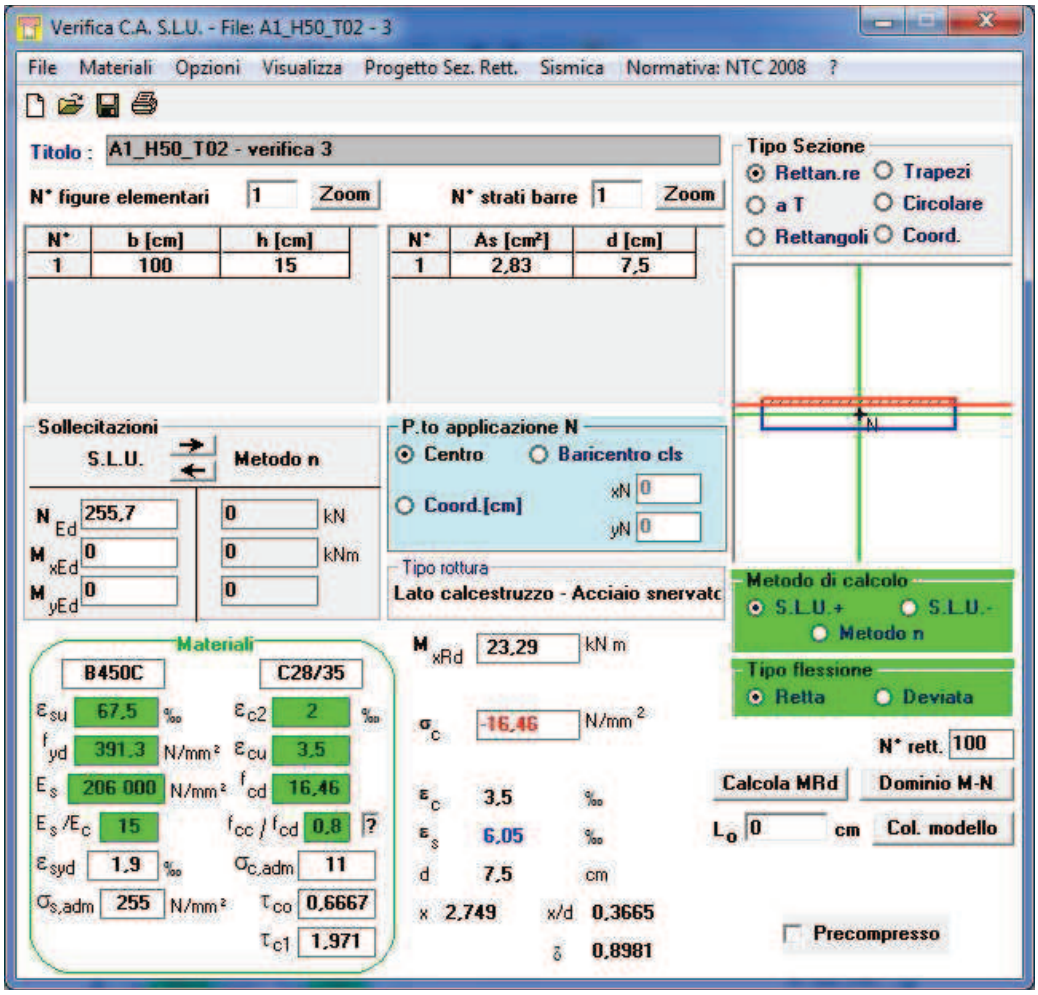
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔1709,426 > 1

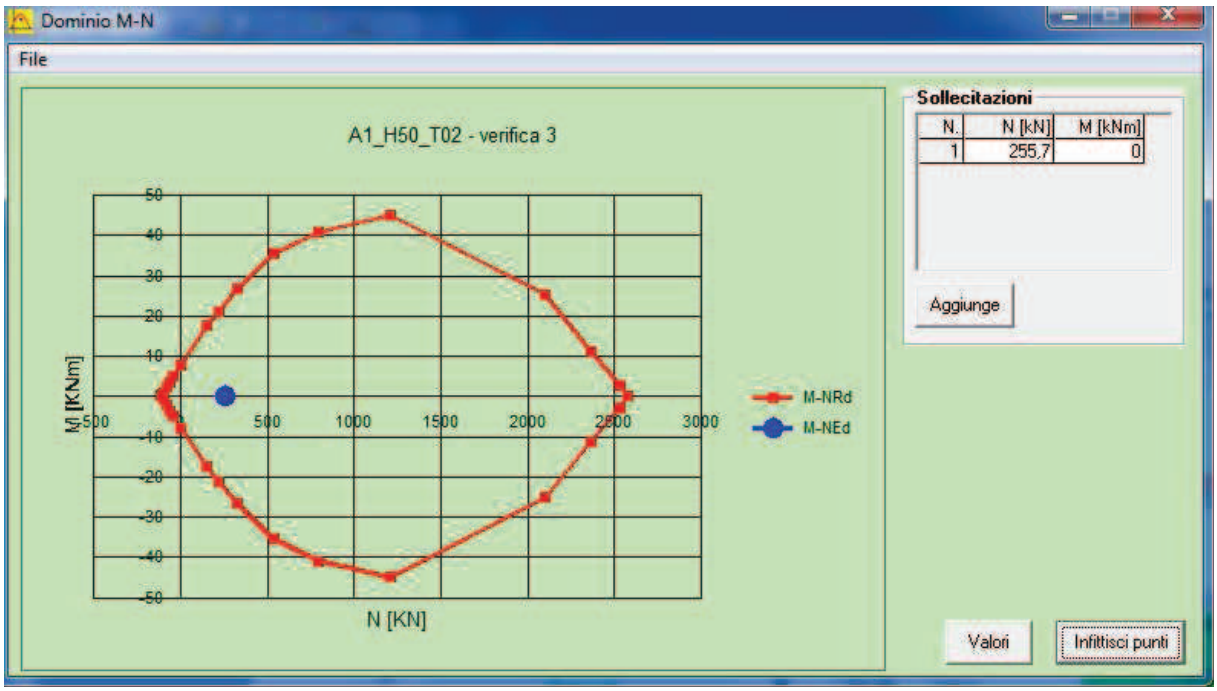
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T02 - 3
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H50_T02 - verifica 3
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 255,7 0 kN
M xEd 0 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 23,29 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 6,05 ‰
d 7,5 cm
x 2,749 x/d 0,3665
δ 0,8981
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_H50_T02 - verifica 3
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 255,7 0
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NS 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_H50_T02 verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	150	[mm]
Copriferro		c	0	[mm]
Altezza utile della sezione		d	150	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	150 000	[mm²]
Armatura longitudinale	10ø6+0ø+0ø+0ø	A_{sl}	2,83	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	5,41	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	255,70	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00188	[-]
	k	2,00	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,705	[N/mm²]
	v_{min}	0,52	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	116,93	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	116,93	[kN]

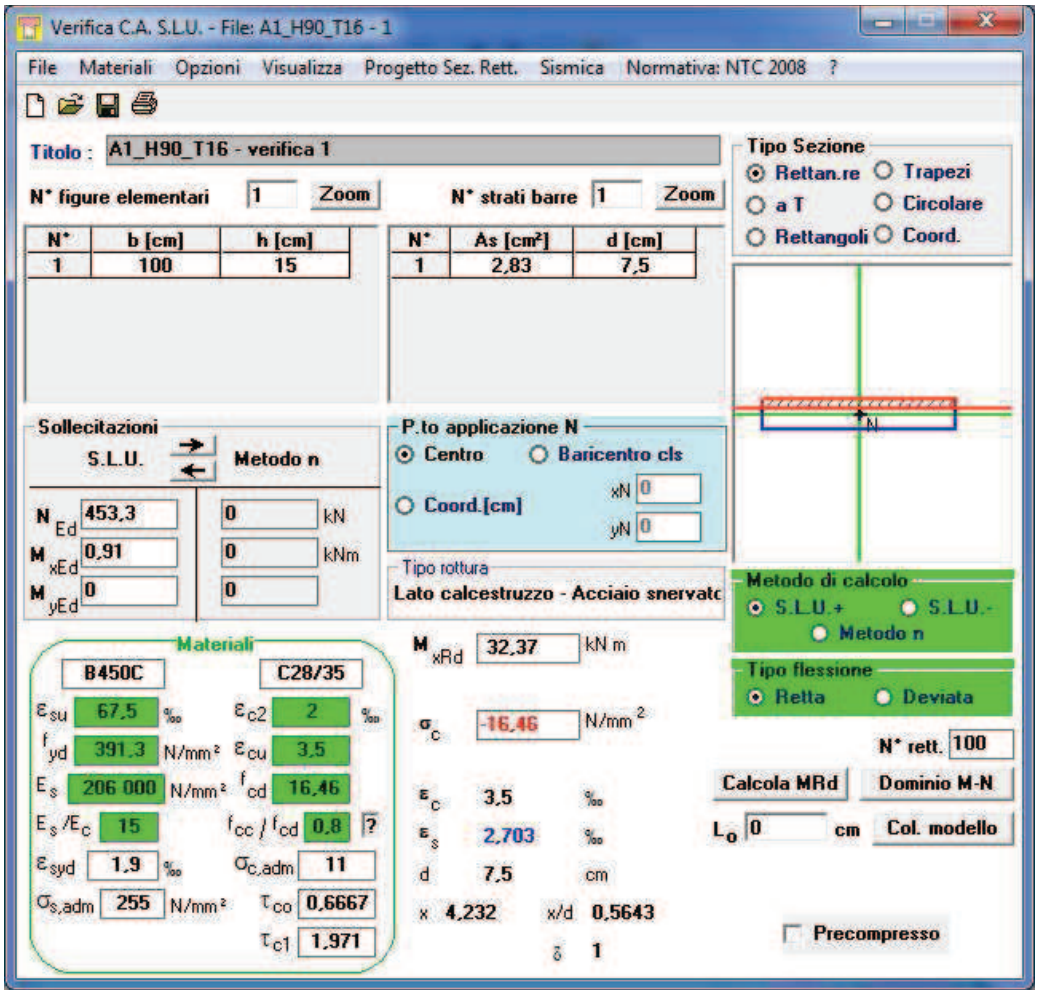
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 21,614 > 1

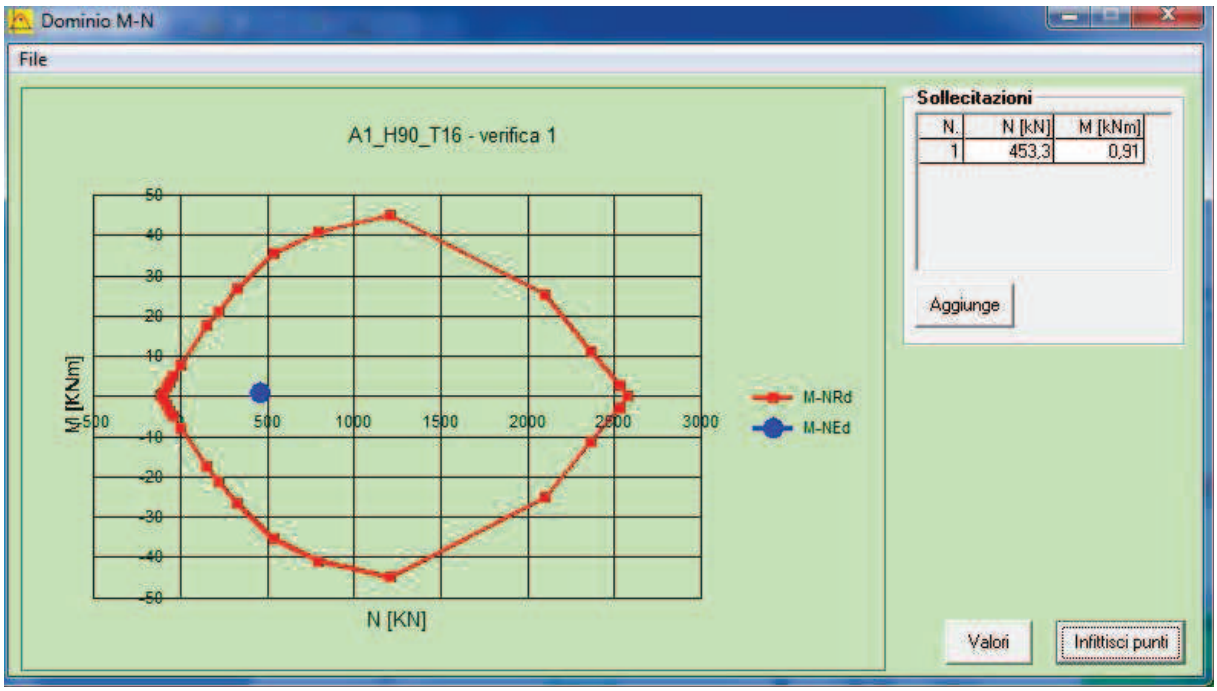
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H90_T16 - 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H90_T16 - verifica 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 453,3 0 kN
M xEd 0,91 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 32,37 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 2,703 ‰
d 7,5 cm
x 4,232 x/d 0,5643
δ 1
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_H90_T16 - verifica 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 453,3 0,91
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NS 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_H90_T16 verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	150	[mm]
Copriferro		c	0	[mm]
Altezza utile della sezione		d	150	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	150 000	[mm²]
Armatura longitudinale	10ø6+0ø+0ø+0ø	A_{sl}	2,83	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	0,25	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	453,30	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale		ρ_l	0,00188	[-]
		k	2,00	[-]
Tensione media di compressione		σ_{cp}	3,022	[N/mm²]
		v_{min}	0,52	[-]
Taglio resistente minimo		$V_{Rd,min}$	146,57	[kN]
Taglio resistente		V_{Rd}	146,57	[kN]

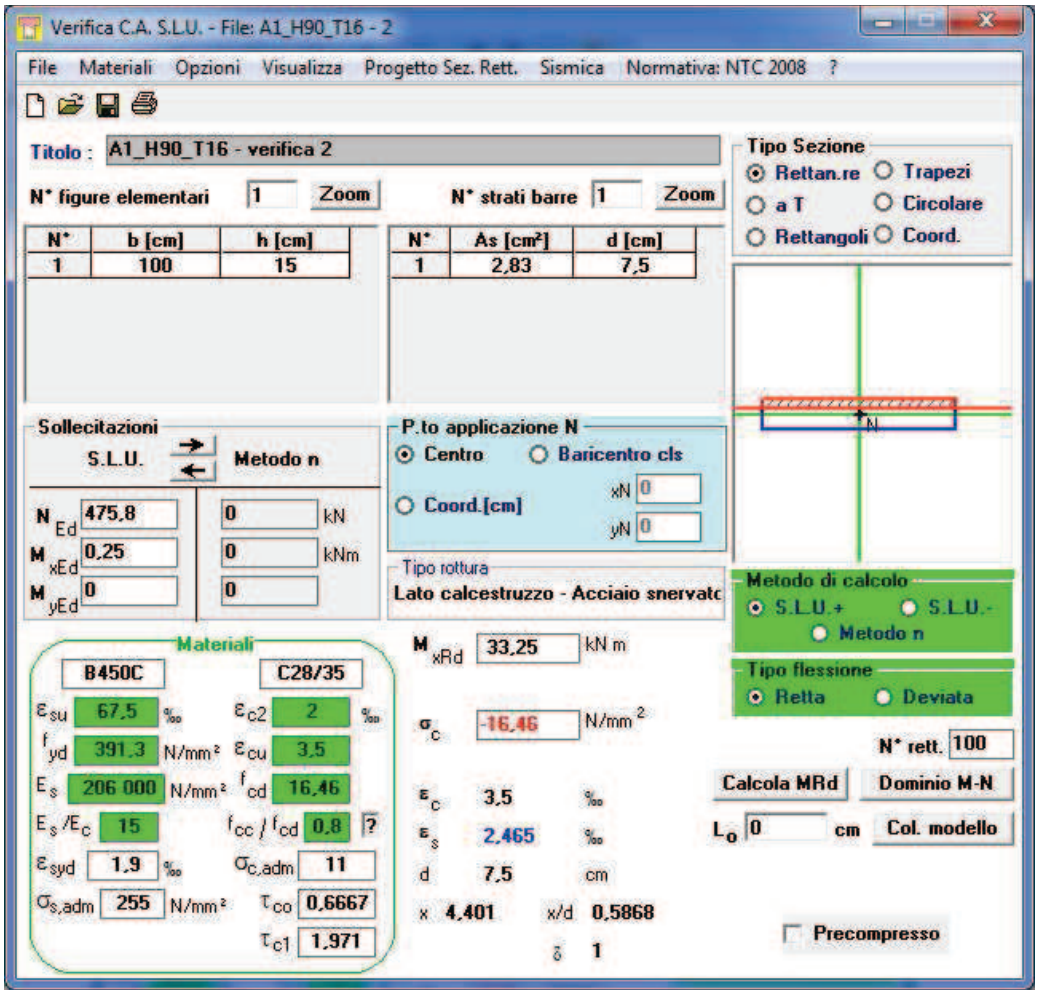
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔586,279 > 1

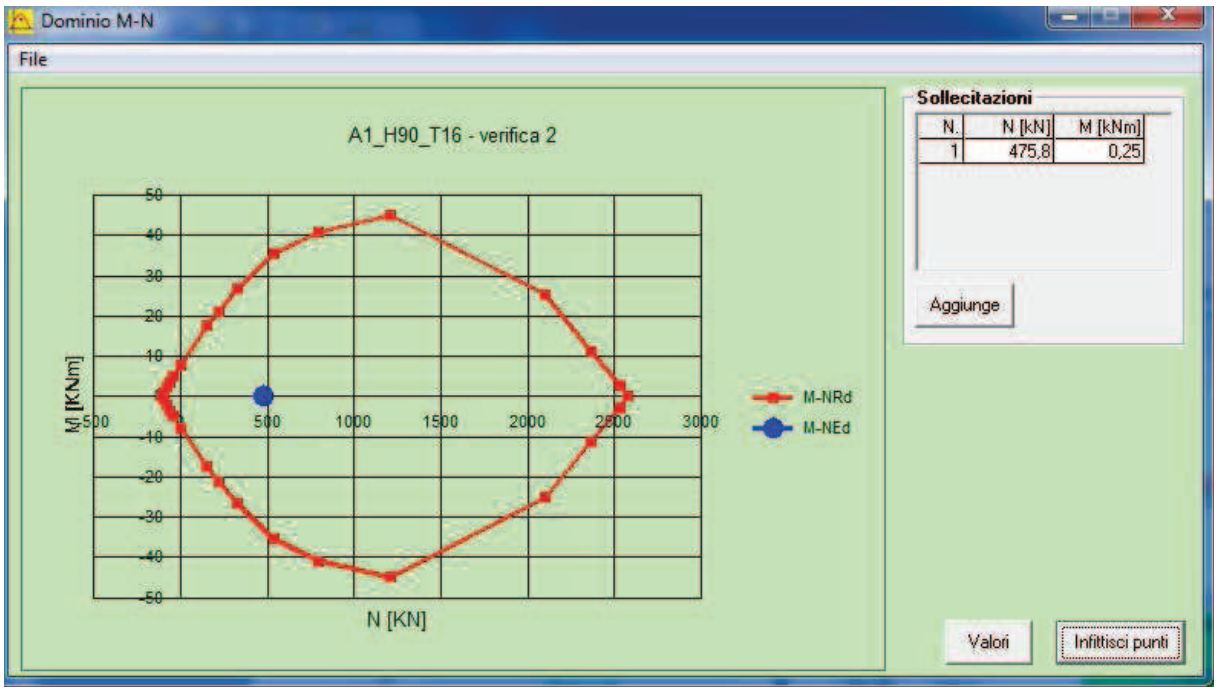
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H90_T16 - 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H90_T16 - verifica 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 475,8 0 kN
M xEd 0,25 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 33,25 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 2,465 ‰
d 7,5 cm
x 4,401 x/d 0,5868
δ 1
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_H90_T16 - verifica 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 475,8 0,25
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NS 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_H90_T16 verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	150	[mm]
Copriferro		c	0	[mm]
Altezza utile della sezione		d	150	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	150 000	[mm²]
Armatura longitudinale	10ø6+0ø+0ø+0ø	A_{sl}	2,83	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	0,17	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	475,80	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale		ρ_l	0,00188	[-]
		k	2,00	[-]
Tensione media di compressione		σ_{cp}	3,172	[N/mm²]
		v_{min}	0,52	[-]
Taglio resistente minimo		$V_{Rd,min}$	149,94	[kN]
Taglio resistente		V_{Rd}	149,94	[kN]

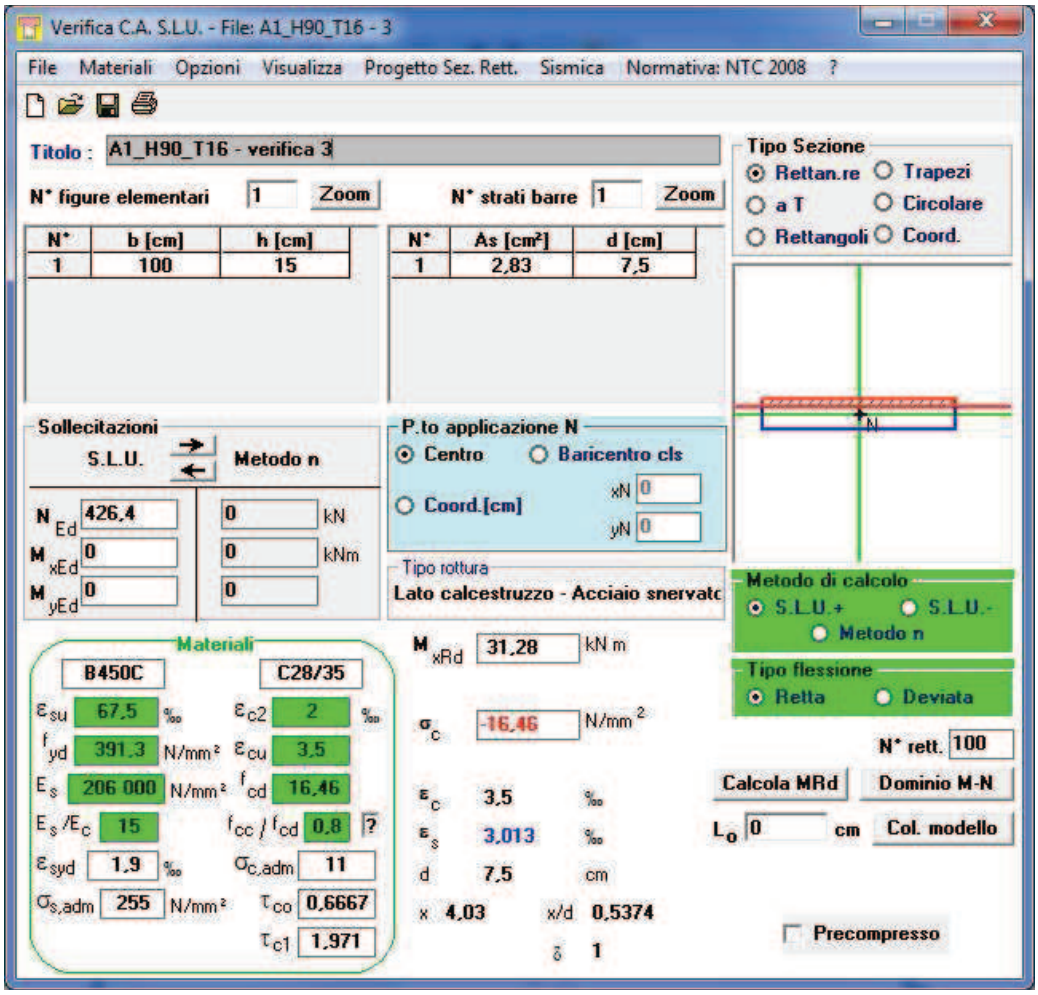
V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO V_{Rd}/V_{Ed} = ✔882,028 > 1

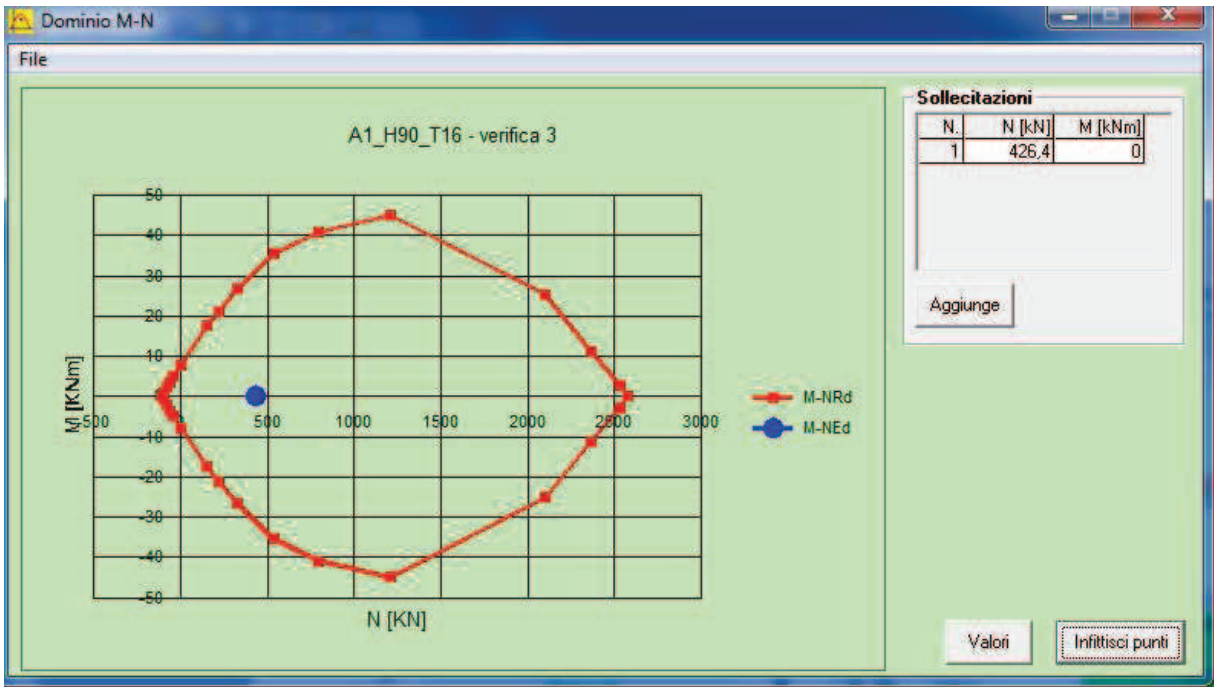
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H90_T16 - 3
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H90_T16 - verifica 3
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 426,4 0 kN
M xEd 0 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 31,28 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 3,013 ‰
d 7,5 cm
x 4,03 x/d 0,5374
δ 1
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_H90_T16 - verifica 3
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 426,4 0
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NS 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_H90_T16 verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	150	[mm]
Copriferro		c	0	[mm]
Altezza utile della sezione		d	150	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	150 000	[mm²]
Armatura longitudinale	10ø6+0ø+0ø+0ø	A_{sl}	2,83	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	7,77	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	426,40	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00188	[-]
	k	2,00	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	2,843	[N/mm²]
	v_{min}	0,52	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	142,53	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	142,53	[kN]

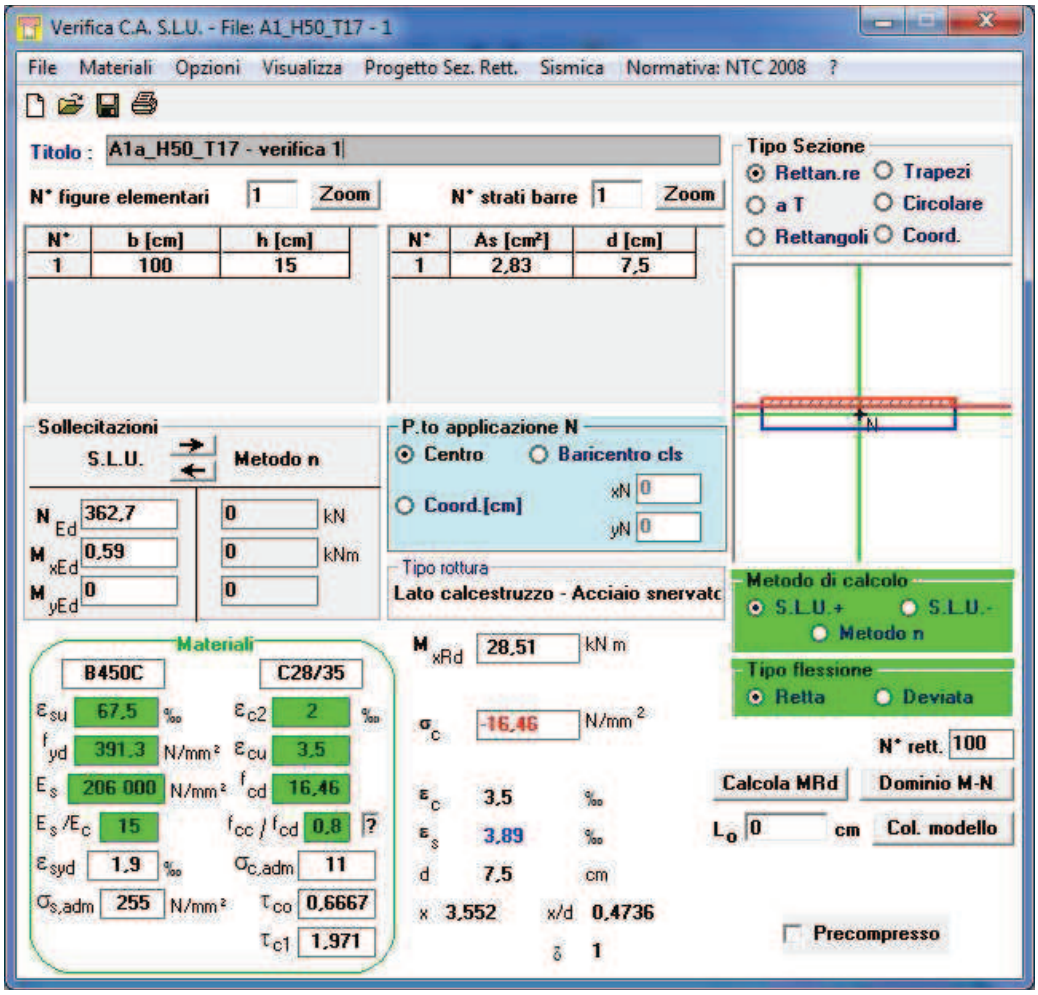
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 18,344 > 1

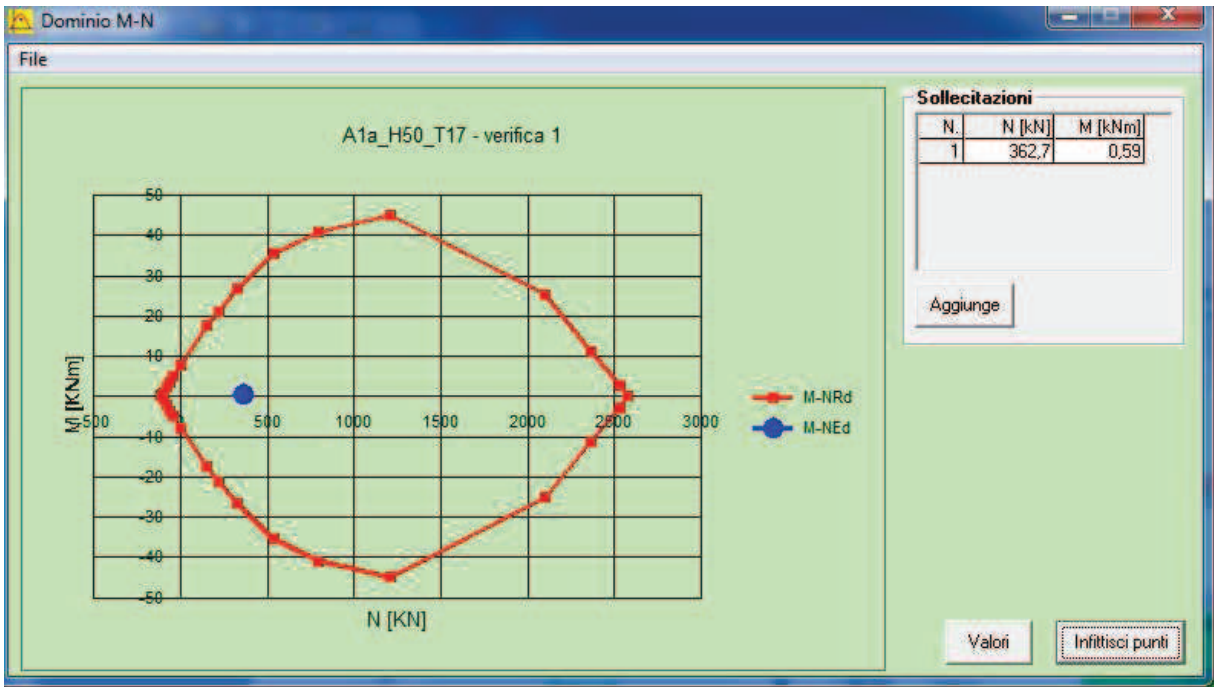
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T17 - 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_H50_T17 - verifica 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U.
Metodo n
N Ed 362,7 0 kN
M xEd 0,59 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm]
xN 0
yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 28,51 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 3,89 ‰
d 7,5 cm
x 3,552 x/d 0,4736
δ 1
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L o 0 cm
Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1a_H50_T17 - verifica 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 362,7 0,59
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NS 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1a_H60_T17 verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} =	35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica		
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico		
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza		
	α_{cc}	0,85	[-]			
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$		
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C				
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento		
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico		
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza		
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$		

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	150	[mm]
Copriferro		c	0	[mm]
Altezza utile della sezione		d	150	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	150 000	[mm²]
Armatura longitudinale	10ø6+0ø+0ø+0ø	A_{sl}	2,83	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	0,26	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	362,70	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale		ρ_l	0,00188	[-]
		k	2,00	[-]
Tensione media di compressione		σ_{cp}	2,418	[N/mm²]
		v_{min}	0,52	[-]
Taglio resistente minimo		$V_{Rd,min}$	132,98	[kN]
Taglio resistente		V_{Rd}	132,98	[kN]

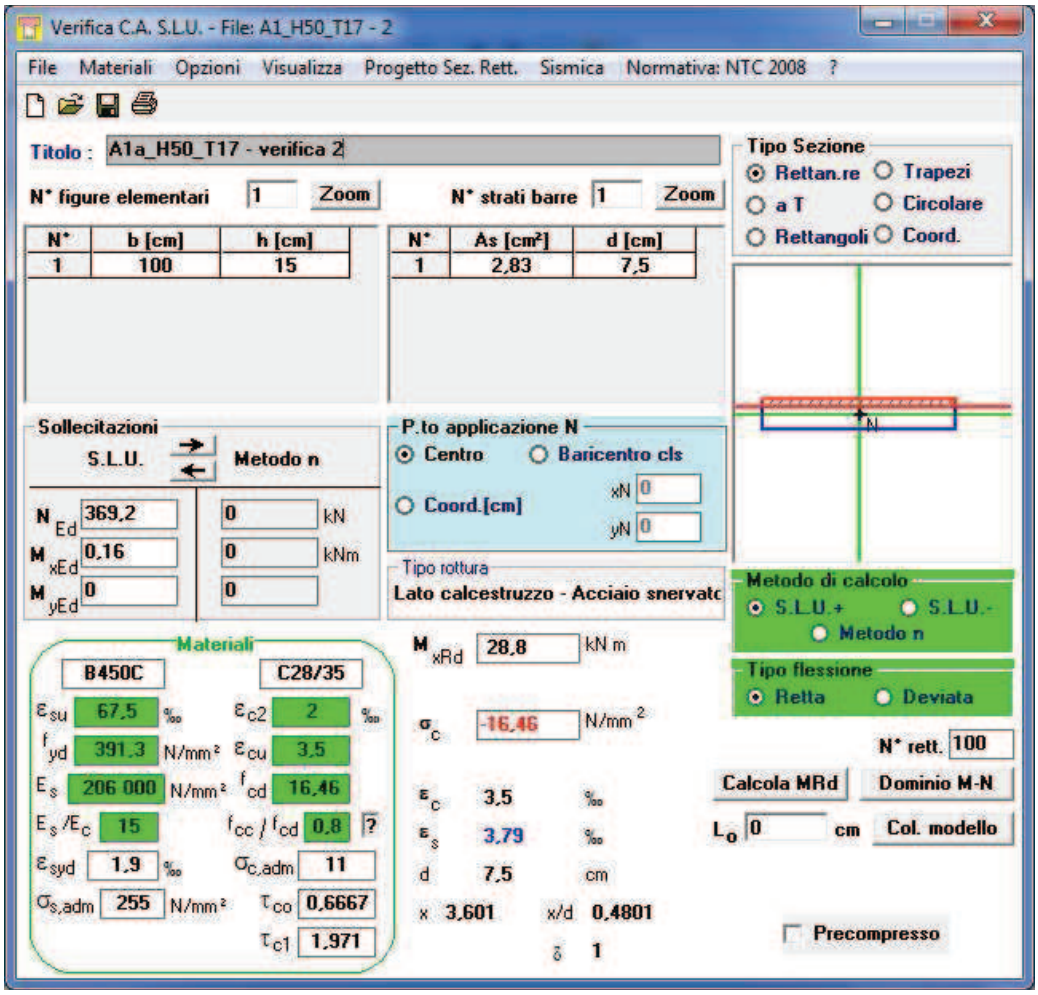
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔511,461 > 1

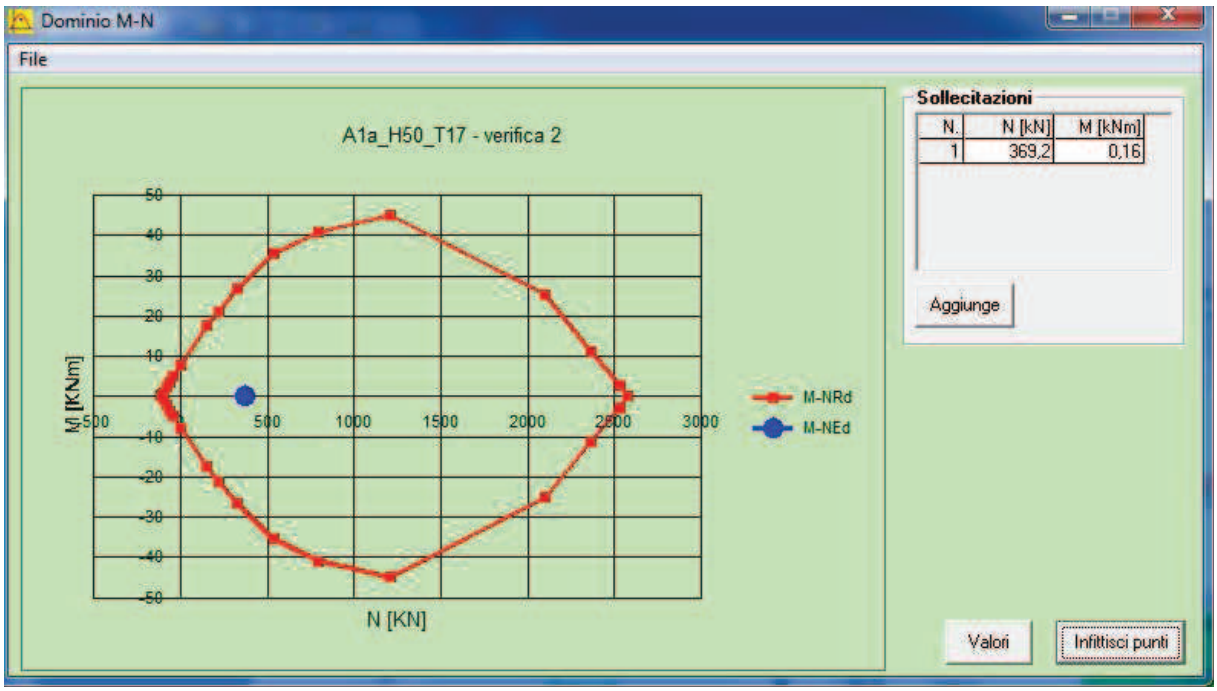
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

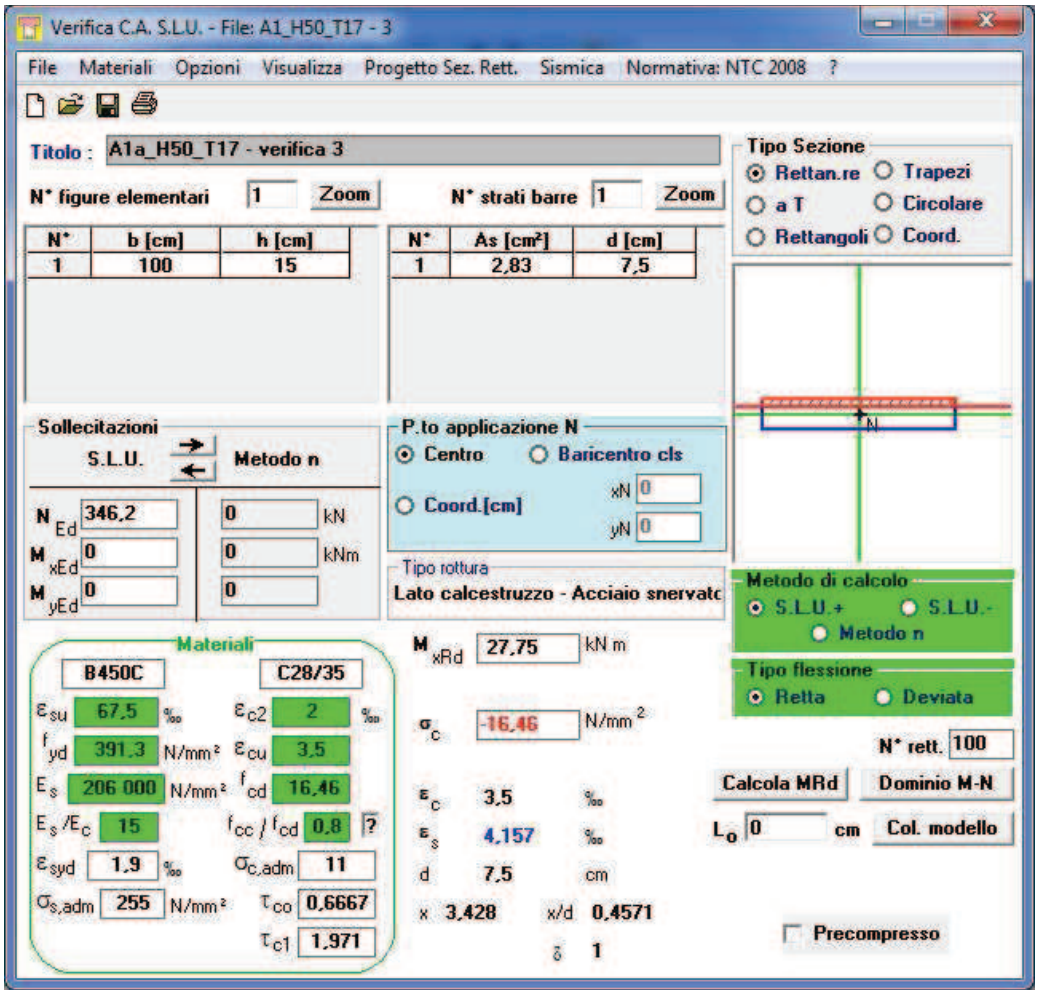
con

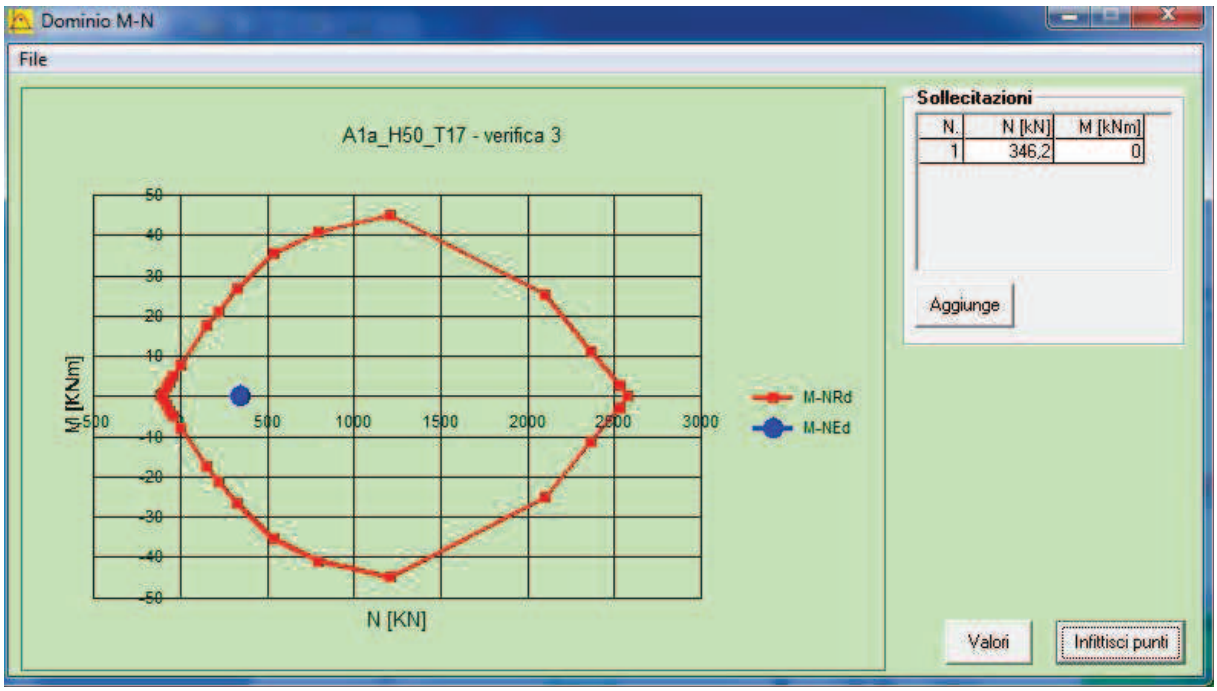
$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T17 - 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_H50_T17 - verifica 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 369,2 0 kN
M xEd 0,16 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 28,8 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 3,79 ‰
d 7,5 cm
x 3,601 x/d 0,4801
δ 1
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1a_H50_T17 - verifica 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 369,2 0,16
Aggiunge
Valori
Infittisci punti


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T17 - 3
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_H50_T17 - verifica 3
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 346,2 0 kN
M xEd 0 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 27,75 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 4,157 ‰
d 7,5 cm
x 3,428 x/d 0,4571
δ 1
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1a_H50_T17 - verifica 3
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 346,2 0
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NS 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1a_H60_T17 verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	150	[mm]
Copriferro		c	0	[mm]
Altezza utile della sezione		d	150	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	150 000	[mm²]
Armatura longitudinale	10ø6+0ø+0ø+0ø	A_{sl}	2,83	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	4,76	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	346,20	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00188	[-]
	k	2,00	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	2,308	[N/mm²]
	v_{min}	0,52	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	130,50	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	130,50	[kN]

V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 27,417 > 1

$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: A2_H150_T10 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	553,50	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,20	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,04	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	719,55	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,26	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	1,35	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	141,46	0,12	0,60	✓ 52,88	✓ 0,202	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	937,86	0,27	1,42	-	-	✓ 4,17	✓ 0,682
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	141,46	0,26	1,35	✓ 57,19	✓ 0,218	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	937,86	0,00	0,00	-	-	4,17	✓ 0,682

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	719,55	0	1,35	57,19	4,17	✓ 0,218	✓ 0,682	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: A2_H150_T10 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	642,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,12	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	0,30	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	834,60	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,16	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	0,39	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	164,08	0,07	0,17	✓ 58,30	✓ 0,223	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	1 087,82	0,16	0,41	-	-	✓ 4,83	✓ 0,791
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	164,08	0,16	0,39	✓ 59,54	✓ 0,227	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	1 087,82	0,00	0,00	-	-	4,83	✓ 0,791

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	834,60	0	0,39	59,54	4,83	✓ 0,227	✓ 0,791	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: A2_H150_T10 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	642,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,12	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	0,30	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	834,60	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,16	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	0,39	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	164,08	0,07	0,17	✓ 58,30	✓ 0,223	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	1 087,82	0,16	0,41	-	-	✓ 4,83	✓ 0,791
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	164,08	0,16	0,39	✓ 59,54	✓ 0,227	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	1 087,82	0,00	0,00	-	-	4,83	✓ 0,791

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	834,60	0	0,39	59,54	4,83	✓ 0,227	✓ 0,791	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H60_T03 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	656,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	3,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	30,10	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	852,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	4,03	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	39,13	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	154,02	1,03	10,01	✓ 55,08	✓ 0,163	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	698,78	3,00	29,12	-	-	✓ 3,49	✓ 0,571
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	154,02	4,03	39,13	✓ 135,04	✓ 0,399	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	698,78	0,00	0,00	-	-	3,49	✓ 0,571

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	852,80	4	39,13	135,04	3,49	✓ 0,399	✓ 0,571	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H60_T03 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	842,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	9,90	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	13,60	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 094,60	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	12,87	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	17,68	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	197,69	3,29	4,52	✓ 47,91	✓ 0,142	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	896,91	9,58	13,16	-	-	✓ 4,48	✓ 0,733
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	197,69	12,87	17,68	✓ 84,57	✓ 0,250	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	896,91	0,00	0,00	-	-	4,48	✓ 0,733

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 094,60	13	17,68	84,57	4,48	✓ 0,250	✓ 0,733	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H60_T03 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	557,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	36,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	15,10	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	724,10	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	46,80	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	19,63	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	130,77	11,97	5,02	✓ 38,39	✓ 0,114	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	593,33	34,83	14,61	-	-	✓ 2,97	✓ 0,485
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	130,77	46,80	19,63	✓ 85,67	✓ 0,253	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	593,33	0,00	0,00	-	-	2,97	✓ 0,485

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	724,10	47	19,63	85,67	2,97	✓ 0,253	✓ 0,485	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H80_T05 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	766,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	3,95	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	40,90	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	995,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	5,14	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	53,17	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	179,84	1,31	13,60	✓ 69,56	✓ 0,206	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	815,96	3,82	39,57	-	-	✓ 4,08	✓ 0,667
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	179,84	5,14	53,17	✓ 178,22	✓ 0,527	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	815,96	0,00	0,00	-	-	4,08	✓ 0,667

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	995,80	5	53,17	178,22	4,08	✓ 0,527	✓ 0,667	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H80_T05 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1001,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	2,05	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	16,80	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 301,30	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	2,67	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	21,84	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	235,02	0,68	5,59	✓ 57,45	✓ 0,170	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 066,28	1,98	16,25	-	-	✓ 5,33	✓ 0,872
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	235,02	2,67	21,84	✓ 102,09	✓ 0,302	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 066,28	0,00	0,00	-	-	5,33	✓ 0,872

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 301,30	3	21,84	102,09	5,33	✓ 0,302	✓ 0,872	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H80_T05 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	580,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	46,70	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	10,70	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	754,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	60,71	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	13,91	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	136,17	15,53	3,56	✓ 36,30	✓ 0,107	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	617,83	45,18	10,35	-	-	✓ 3,09	✓ 0,505
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	136,17	60,71	13,91	✓ 78,79	✓ 0,233	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	617,83	0,00	0,00	-	-	3,09	✓ 0,505

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	754,00	61	13,91	78,79	3,09	✓ 0,233	✓ 0,505	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	843,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	1,70	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	45,20	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 095,90	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	2,21	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	58,76	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	197,92	0,57	15,03	✓ 76,72	✓ 0,227	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	897,98	1,64	43,73	-	-	✓ 4,49	✓ 0,734
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	197,92	2,21	58,76	✓ 196,76	✓ 0,582	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	897,98	0,00	0,00	-	-	4,49	✓ 0,734

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 095,90	2	58,76	196,76	4,49	✓ 0,582	✓ 0,734	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1070,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	2,80	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	12,60	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 391,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	3,64	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	16,38	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	251,22	0,93	4,19	✓ 56,52	✓ 0,167	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 139,78	2,71	12,19	-	-	✓ 5,70	✓ 0,932
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	251,22	3,64	16,38	✓ 90,03	✓ 0,266	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 139,78	0,00	0,00	-	-	5,70	✓ 0,932

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 391,00	4	16,38	90,03	5,70	✓ 0,266	✓ 0,932	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	654,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	50,90	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	12,50	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	850,20	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	66,17	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	16,25	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	153,55	16,92	4,16	✓ 41,15	✓ 0,122	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	696,65	49,25	12,09	-	-	✓ 3,48	✓ 0,570
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	153,55	66,17	16,25	✓ 89,01	✓ 0,263	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	696,65	0,00	0,00	-	-	3,48	✓ 0,570

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	850,20	66	16,25	89,01	3,48	✓ 0,263	✓ 0,570	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H90_T15 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	795,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,70	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	35,80	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 033,50	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,91	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	46,54	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	186,65	0,23	11,90	✓ 66,12	✓ 0,196	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	846,85	0,68	34,64	-	-	✓ 4,23	✓ 0,693
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	186,65	0,91	46,54	✓ 161,20	✓ 0,477	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	846,85	0,00	0,00	-	-	4,23	✓ 0,693

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 033,50	1	46,54	161,20	4,23	✓ 0,477	✓ 0,693	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H90_T15 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1051,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,36	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	14,40	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 366,30	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,47	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	18,72	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	246,75	0,12	4,79	✓ 57,36	✓ 0,170	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 119,55	0,35	13,93	-	-	✓ 5,60	✓ 0,916
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	246,75	0,47	18,72	✓ 95,61	✓ 0,283	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 119,55	0,00	0,00	-	-	5,60	✓ 0,916

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 366,30	0	18,72	95,61	5,60	✓ 0,283	✓ 0,916	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H90_T15 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	596,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	46,11	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	11,80	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	774,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	59,94	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	15,34	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	139,93	15,33	3,92	✓ 37,83	✓ 0,112	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	634,87	44,61	11,42	-	-	✓ 3,17	✓ 0,519
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	139,93	59,94	15,34	✓ 82,14	✓ 0,243	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	634,87	0,00	0,00	-	-	3,17	✓ 0,519

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	774,80	60	15,34	82,14	3,17	✓ 0,243	✓ 0,519	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B2__VTR_H140_T09 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 240	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	30	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 240	A_s	92,20	[cm²]
	J_s	8 500,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=30 cm	A_c	3 000,00	[cm²]
	J_c	225 000,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1350,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	7,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	74,00	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 755,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	9,23	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	96,20	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 240/100 cm	342,85	2,12	22,11	✓ 65,00	✓ 0,192	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	1 412,15	7,11	74,09	-	-	✓ 4,71	✓ 0,770
2)	centina 2 IPN 240/100 cm	342,85	9,23	96,20	✓ 158,23	✓ 0,468	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	1 412,15	0,00	0,00	-	-	4,71	✓ 0,770

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 240/100 cm+SPRITZ 30 cm	1 755,00	9	96,20	158,23	4,71	✓ 0,468	✓ 0,770	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B2__VTR_H140_T09 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 240	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	30	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 240	A_s	92,20	[cm²]
	J_s	8 500,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=30 cm	A_c	3 000,00	[cm²]
	J_c	225 000,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1749,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	1,35	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	33,80	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	2 274,74	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	1,76	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	43,94	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 240/100 cm	444,39	0,40	10,10	✓ 60,90	✓ 0,180	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	1 830,35	1,35	33,84	-	-	✓ 6,10	✓ 0,998
2)	centina 2 IPN 240/100 cm	444,39	1,76	43,94	✓ 103,46	✓ 0,306	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	1 830,35	0,00	0,00	-	-	6,10	✓ 0,998

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 240/100 cm+SPRITZ 30 cm	2 274,74	2	43,94	103,46	6,10	✓ 0,306	✓ 0,998	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B2__VTR_H140_T09 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 240	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	30	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 240	A_s	92,20	[cm²]
	J_s	8 500,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=30 cm	A_c	3 000,00	[cm²]
	J_c	225 000,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	936,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	73,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	21,00	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 216,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	94,90	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	27,30	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 240/100 cm	237,71	21,81	6,27	✓ 35,17	✓ 0,104	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	979,09	73,09	21,03	-	-	✓ 3,26	✓ 0,534
2)	centina 2 IPN 240/100 cm	237,71	94,90	27,30	✓ 74,61	✓ 0,221	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	979,09	0,00	0,00	-	-	3,26	✓ 0,534

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 240/100 cm+SPRITZ 30 cm	1 216,80	95	27,30	74,61	3,26	✓ 0,221	✓ 0,534	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_VTR_H30_T01 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	438,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,50	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	15,40	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	569,40	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,65	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	20,02	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	102,83	0,17	5,12	✓ 32,48	✓ 0,124	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	466,57	0,48	14,90	-	-	✓ 2,33	✓ 0,382
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	102,83	0,65	20,02	✓ 73,38	✓ 0,280	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	466,57	0,00	0,00	-	-	2,33	✓ 0,382

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	569,40	1	20,02	73,38	2,33	✓ 0,280	✓ 0,382	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_VTR_H30_T01 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	594,50	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	2,80	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,80	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	772,85	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	3,64	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	2,34	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	139,58	0,93	0,60	✓ 26,67	✓ 0,102	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	633,27	2,71	1,74	-	-	✓ 3,17	✓ 0,518
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	139,58	3,64	2,34	✓ 31,57	✓ 0,121	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	633,27	0,00	0,00	-	-	3,17	✓ 0,518

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	772,85	4	2,34	31,57	3,17	✓ 0,121	✓ 0,518	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_VTR_H30_T01 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	345,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	32,90	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	3,70	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	448,50	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	42,77	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	4,81	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	81,00	10,94	1,23	✓ 19,86	✓ 0,076	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	367,50	31,83	3,58	-	-	✓ 1,84	✓ 0,301
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	81,00	42,77	4,81	✓ 43,65	✓ 0,167	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	367,50	0,00	0,00	-	-	1,84	✓ 0,301

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	448,50	43	4,81	43,65	1,84	✓ 0,167	✓ 0,301	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1a_VTR_H40_T18 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	267,30	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	3,69	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	3,85	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	347,49	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	4,80	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	5,01	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	62,76	1,23	1,28	✓ 14,79	✓ 0,056	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	284,73	3,57	3,72	-	-	✓ 1,42	✓ 0,233
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	62,76	4,80	5,01	✓ 25,27	✓ 0,096	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	284,73	0,00	0,00	-	-	1,42	✓ 0,233

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	347,49	5	5,01	25,27	1,42	✓ 0,096	✓ 0,233	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1a_VTR_H40_T18 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	713,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,14	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,14	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	926,90	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,18	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	1,48	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	167,40	0,05	0,38	✓ 31,04	✓ 0,119	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	759,50	0,14	1,10	-	-	✓ 3,80	✓ 0,621
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	167,40	0,18	1,48	✓ 34,07	✓ 0,130	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	759,50	0,00	0,00	-	-	3,80	✓ 0,621

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	926,90	0	1,48	34,07	3,80	✓ 0,130	✓ 0,621	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1a_VTR_H40_T18 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	207,40	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	45,95	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	0,00	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	269,62	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	59,74	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	0,00	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	48,69	15,28	0,00	✓ 14,87	✓ 0,057	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	220,93	44,46	0,00	-	-	✓ 1,10	✓ 0,181
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	48,69	59,74	0,00	✓ 47,90	✓ 0,183	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	220,93	0,00	0,00	-	-	1,10	✓ 0,181

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	269,62	60	0,00	47,90	1,10	✓ 0,183	✓ 0,181	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: Cunicolo_H120 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	262,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,30	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	340,60	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,13	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	1,69	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	66,96	0,06	0,75	✓ 27,73	✓ 0,106	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	443,94	0,14	1,78	-	-	✓ 1,97	✓ 0,323
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	66,96	0,13	1,69	✓ 33,13	✓ 0,126	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	443,94	0,00	0,00	-	-	1,97	✓ 0,323

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	340,60	0	1,69	33,13	1,97	✓ 0,126	✓ 0,323	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: Cunicolo_H120 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	262,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,30	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	340,60	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,13	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	1,69	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	66,96	0,06	0,75	✓ 27,73	✓ 0,106	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	443,94	0,14	1,78	-	-	✓ 1,97	✓ 0,323
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	66,96	0,13	1,69	✓ 33,13	✓ 0,126	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	443,94	0,00	0,00	-	-	1,97	✓ 0,323

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	340,60	0	1,69	33,13	1,97	✓ 0,126	✓ 0,323	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: Cunicolo_H120 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 13	[N/mm²]
	f_{ck}	10,79	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	26 583	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
Rck a 28 giorni	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	6,11	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	244,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	10,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	0,13	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	317,20	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	13,13	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	0,17	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	62,36	5,86	0,08	✓ 29,07	✓ 0,111	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	413,44	13,83	0,18	-	-	✓ 1,84	✓ 0,301
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	62,36	13,13	0,17	✓ 47,77	✓ 0,182	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	413,44	0,00	0,00	-	-	1,84	✓ 0,301

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	317,20	13	0,17	47,77	1,84	✓ 0,182	✓ 0,301	**OK**

APPENDICE D

Verifiche del rivestimento provvisorio
(resistenza dello spritz a 28 giorni: R_{CK}=35 N/mmq; f_{cm}=37N/mmq)

Note le sollecitazioni di calcolo N, M e V riportate nella relazione di calcolo, la ripartizione tra centine e calcestruzzo proiettato è effettuata sulla base della seguente formulazione:

$$h_{eq} = 2\frac{\sqrt{3C_A C_I}}{C_A}$$

$$E_{eq} = \frac{\sqrt{3}}{6}\frac{C_A^2}{\sqrt{C_A C_I}}$$

$$C_A = n(A_1E_1 + A_2E_2)$$

$$C_I = n(I_1E_1 + I_2E_2)$$

$$N_1 = \frac{N}{n}\frac{A_1E_1}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

$$N_2 = \frac{N}{n}\frac{A_2E_2}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

$$M_1 = \frac{M}{n}\frac{I_1E_1}{I_1E_1 + I_2E_2}$$

$$M_2 = \frac{M}{n}\frac{I_2E_2}{I_1E_1 + I_2E_2}$$

$$V_1 = \frac{V}{n}\frac{I_1E_1}{I_1E_1 + I_2E_2}$$

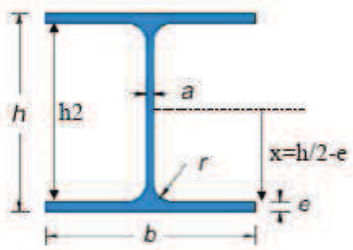
$$V_2 = \frac{V}{n}\frac{I_2E_2}{I_1E_1 + I_2E_2}$$

In aggiunta sono assunte le seguenti condizioni di verifica:

$M_2 = 0$ e $V_2 = 0$

che consiste nell'assumere le sollecitazioni di momento flettente e taglio sulle sole centine.

Note le sollecitazioni di calcolo, le verifiche strutturali sono eseguite valutando la tensione ideale per le centine e la tensione massima di compressione nel cls.



$$\sigma_{N,1} = \frac{N_1}{A_s}$$

$$\sigma_{M,1} = \frac{M_1 \cdot x}{I_s}$$

$$\sigma_{min,1} = \sigma_{N,1} - \sigma_{M,1}$$

$$\sigma_{max,1} = \sigma_{N,1} + \sigma_{M,1}$$

$$\tau_{V,1} = \frac{V_1}{h_2 \cdot a}$$

Per il criterio di Von Mises deve risultare:

$$\sigma_{id,1} = \sqrt{\sigma_{\max,1} + 3 \cdot \tau^2} < f_{yd} = f_{yk} / 1.15$$

Per il calcestruzzo proiettato si ha:

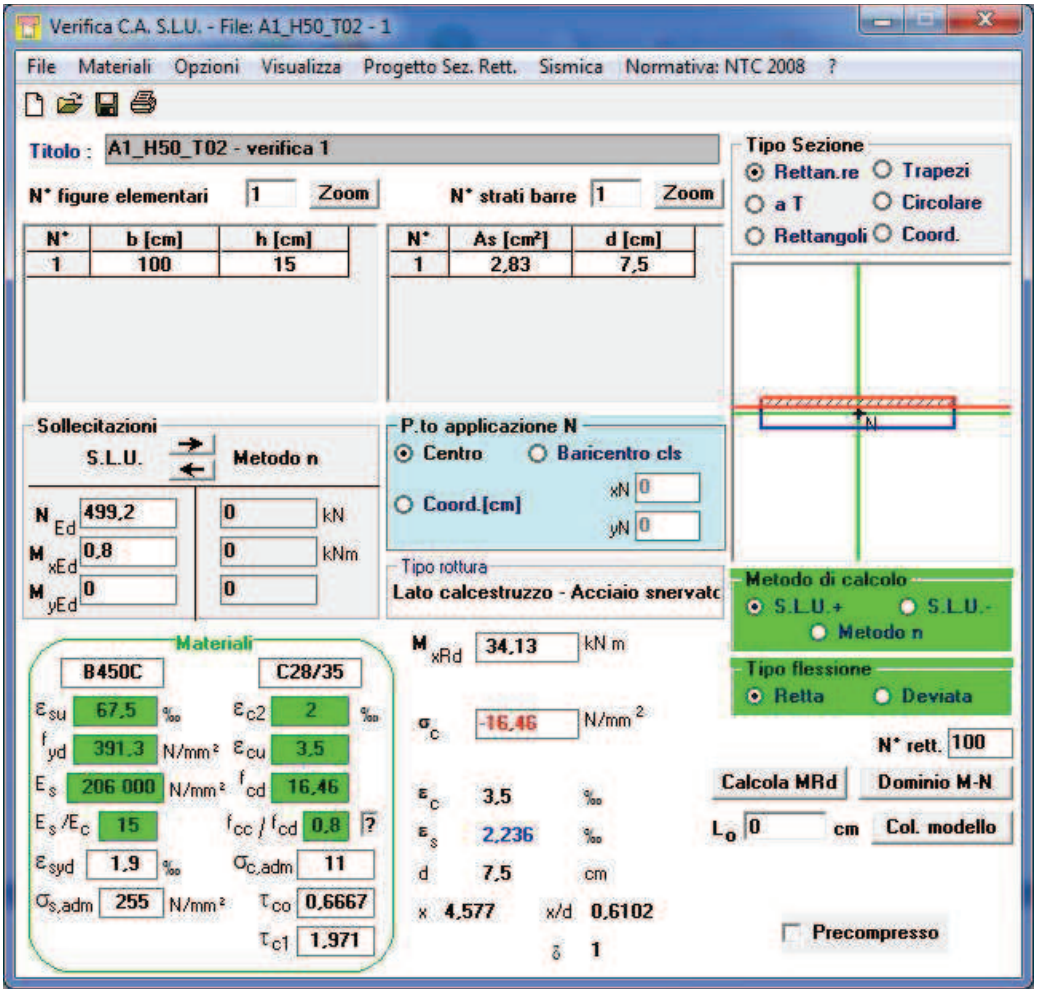
$$\sigma_{N,2} = \frac{N_2}{A_c} = \frac{N_2}{b \cdot s}$$

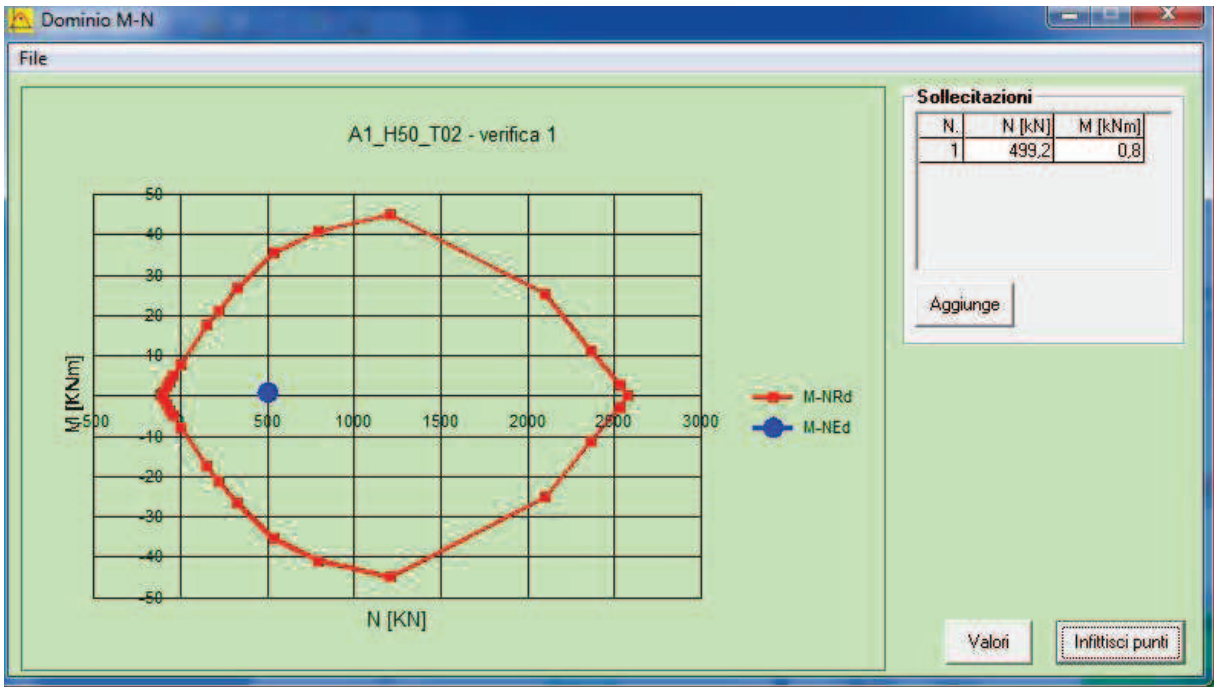
essendo s lo spessore del calcestruzzo.

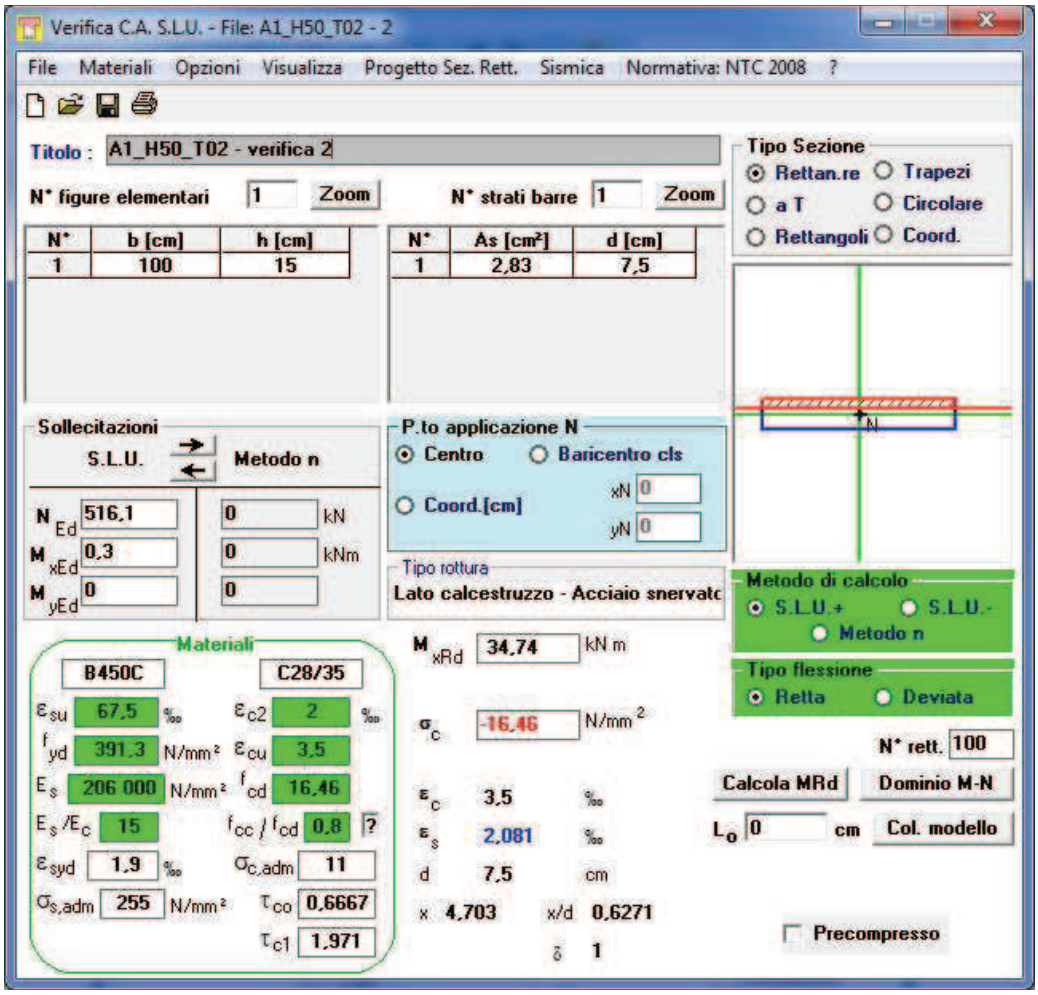
Nel seguito sono riportati, per le diverse sezioni analizzate, i risultati delle analisi effettuate. Le sollecitazioni risultanti N_k, T_k e M_k sono state incrementate ai valori N_d, T_d e M_d mediante un coefficiente di amplificazione pari a 1,30 in accordo a quanto prescritto dalle NTC 2008.

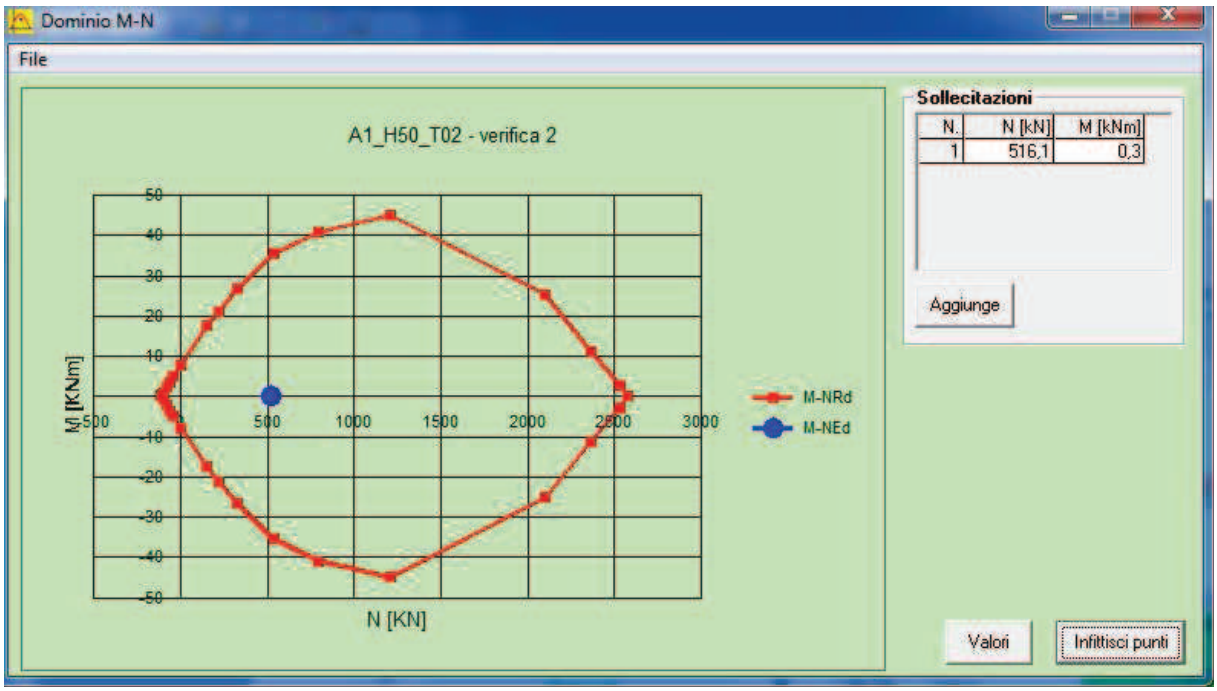
tabella riepilogo sollecitazioni

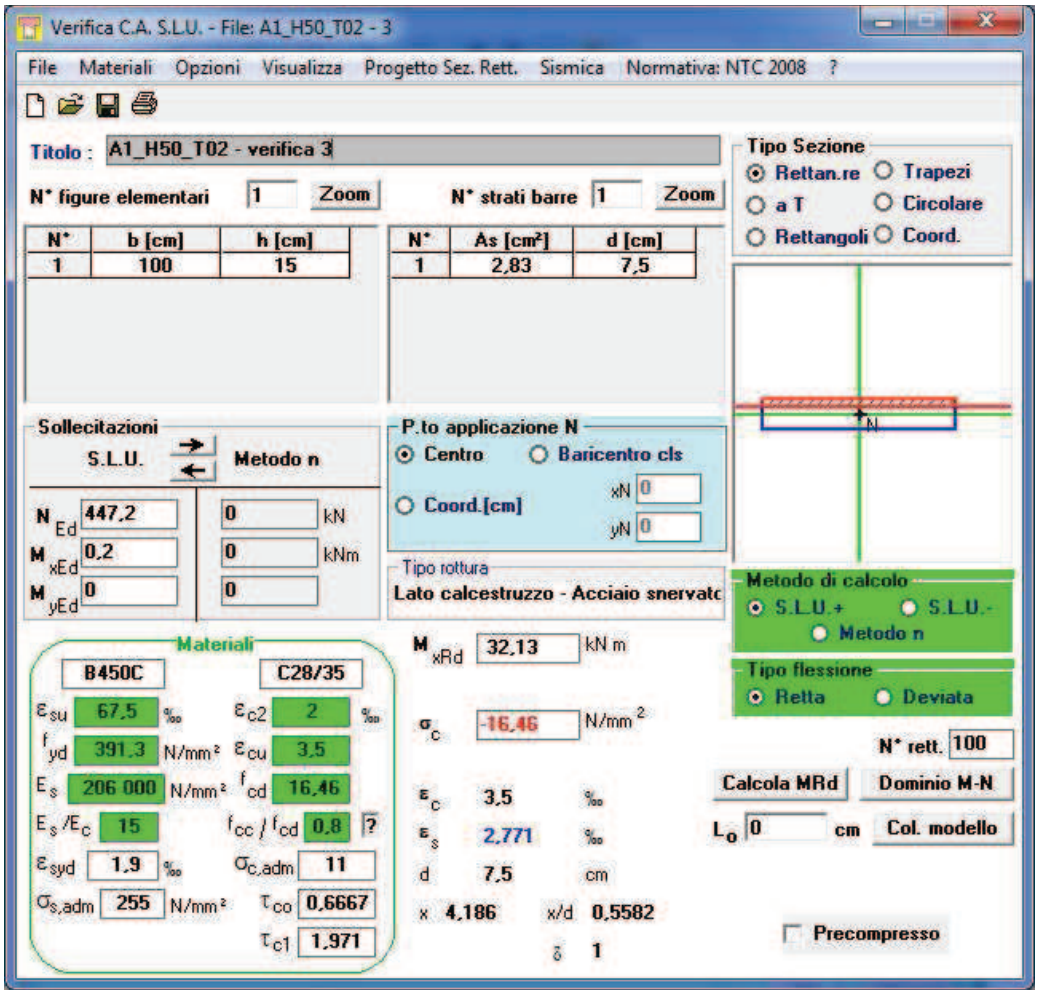
n° verifica	Sezione	Analisi	Rivestimento Provvisorio	$M_{,k}$ (kNm/m)	$M_{,d}$ (KNm/m)	$N_{,k}$ (kN/m)	$N_{,d}$ (Kn/m)	$T_{,k}$ (kN/m)	$T_{,d}$ (kN/m)
1	A1	A1_H50_T02	15 cm spritz +rete ø6/10x10	0,60	0,80	-384,00	-499,20	2,50	3,30
2				0,20	0,30	-397,00	-516,10	0,10	0,10
3				0,20	0,20	-344,00	-447,20	6,90	8,90
4		A1_H90_T16	15 cm spritz +rete ø6/10x10	1,30	1,60	-655,00	-851,50	1,20	1,60
5				0,40	0,50	-689,00	-895,70	0,30	0,30
6				0,30	0,40	-629,00	-817,70	6,40	8,30
7	A1a	A1a_H60_T17	15 cm spritz +rete ø6/10x10	0,60	0,80	-510,00	-663,00	0,40	0,50
8				0,20	0,30	-516,00	-670,80	0,00	0,00
9				0,50	0,70	-468,00	-608,40	2,90	3,80
10	A2	A2_H150_T10	1HEB140/150+ 15 cm spritz	2,20	2,90	-1 024,00	-1 331,20	1,60	2,10
11				0,60	0,80	-1 190,00	-1 547,00	0,40	0,50
12				2,00	2,60	-822,00	-1 068,60	16,70	21,70
13	B1	B1_H60_T03	2IPN180/100+ 20 cm spritz	47,00	61,10	-1 061,00	-1 379,30	2,20	2,90
14				23,80	30,90	-1 380,00	-1 794,00	5,70	7,40
15				1,50	2,00	-765,00	-994,50	64,00	83,20
16		B1_H80_T05	2IPN180/100+ 20 cm spritz	61,10	79,50	-1 226,00	-1 593,80	5,70	7,40
17				24,10	31,30	-1 622,00	-2 108,60	3,50	4,60
18				7,70	10,00	-894,00	-1 162,20	76,45	99,40
19		B1_H110_T07	2IPN180/100+ 20 cm spritz	69,50	90,40	-1 349,00	-1 753,70	6,10	8,00
20				16,70	21,70	-1 770,00	-2 301,00	0,60	0,80
21				5,60	7,30	-1 006,00	-1 307,80	82,00	106,60
22		B1_H90_T15	2IPN180/100+ 20 cm spritz	65,60	85,30	-1 343,00	-745,90	0,20	0,90
23				23,30	30,30	-1 790,00	-2 327,00	1,70	2,20
24				0,83	1,10	-1 011,70	-1 763,70	96,30	125,20
25	B2_VTR	B2_VTR_H140_T09	2IPN240/100+ 30 cm spritz	168,00	218,40	-2 348,00	-3 052,40	12,00	15,60
26				72,00	93,60	-3 068,00	-3 988,40	15,00	19,50
27				3,30	4,29	-1 665,00	-2 164,50	209,00	271,70
28	B1_VTR	B1_VTR_H30_T01	2IPN180/100+ 20 cm spritz	26,50	34,50	-598,00	-777,40	1,30	1,70
29				5,00	6,50	-898,00	-1 167,40	0,10	0,10
30				12,80	16,60	-675,80	-879,00	28,30	36,70
31	B1a_VTR	B1a_VTR_H40_T18	2IPN180/100+ 20 cm spritz	4,70	6,10	-638,00	-829,00	3,04	4,00
32				1,90	2,50	-1 201,00	-1 561,00	0,20	0,30
33				1,80	2,30	-366,00	-475,80	22,40	29,12
34	Cunicolo	Cunicolo_H120	2IPN180/100+ 20 cm spritz	1,40	1,80	-274,20	-356,50	0,00	0,00
35				1,40	1,80	-274,20	-356,50	0,10	0,20
36				0,14	0,20	-255,00	-331,50	10,50	13,70

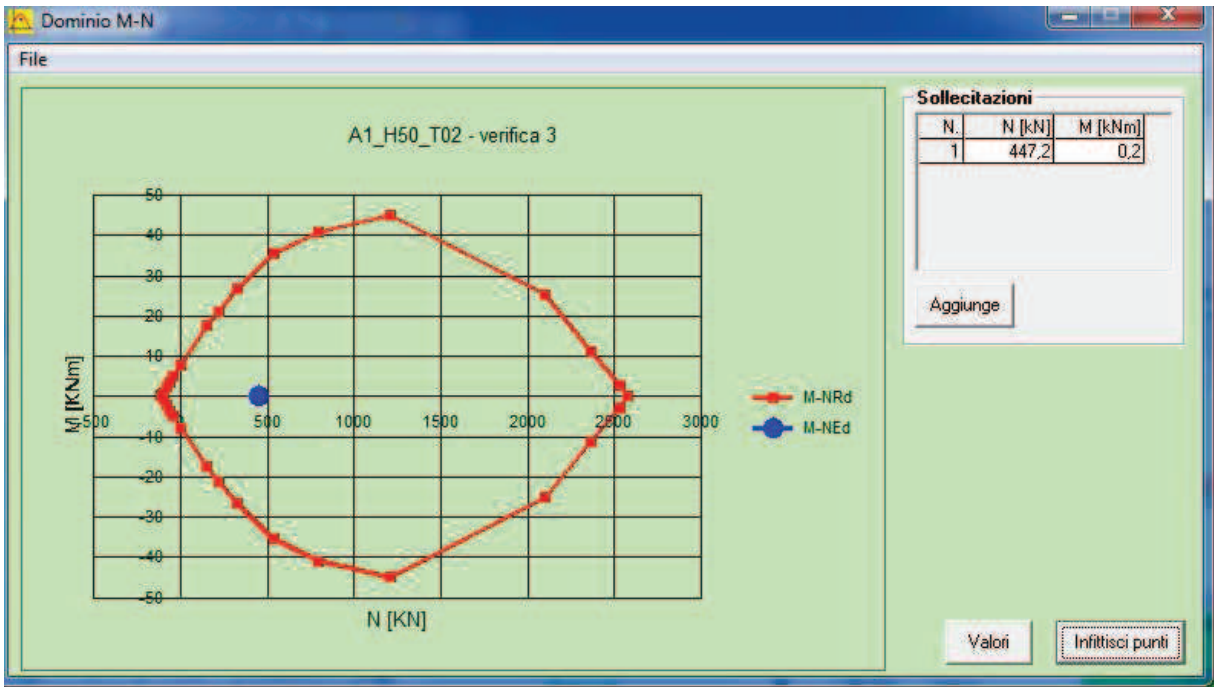

Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T02 - 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H50_T02 - verifica 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 499,2 0 kN
M xEd 0,8 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 34,13 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 2,236 ‰
d 7,5 cm
x 4,577 x/d 0,6102
δ 1
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso

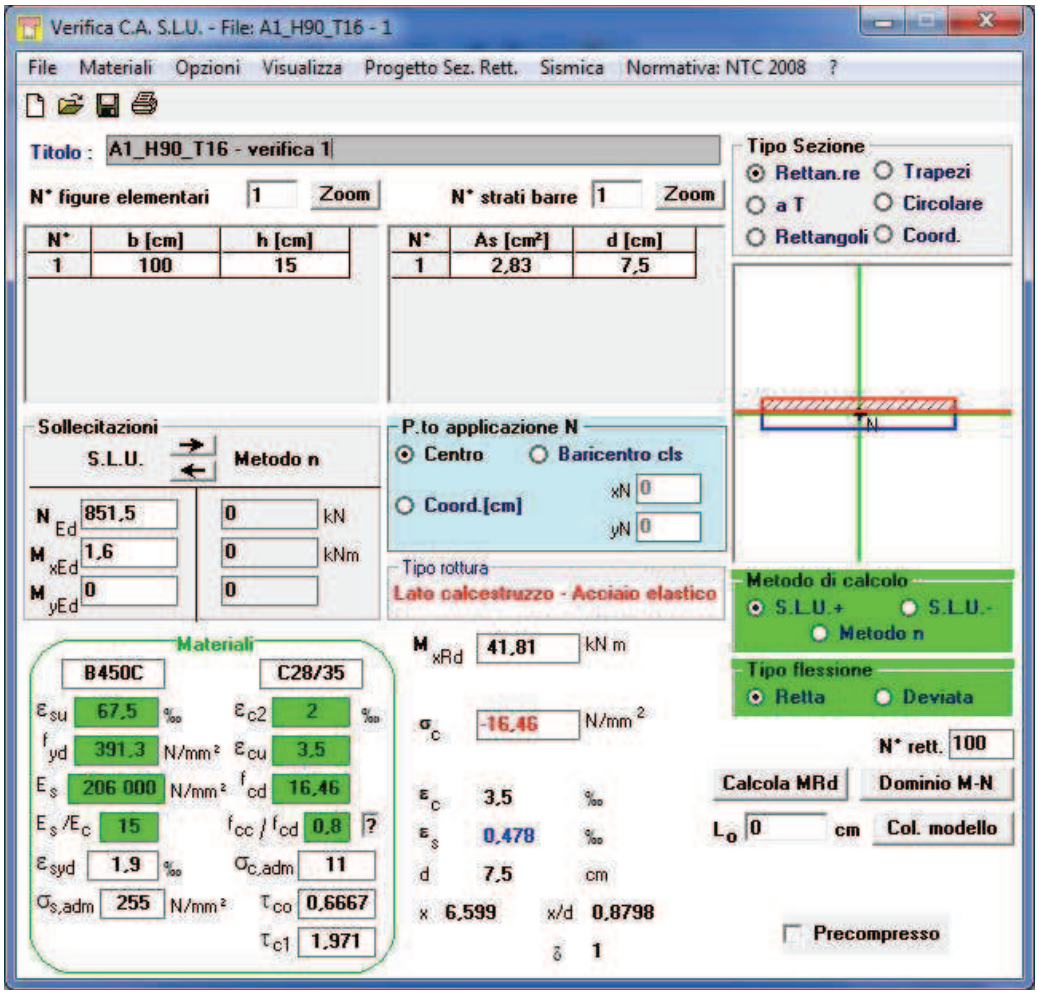

Dominio M-N
File
A1_H50_T02 - verifica 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 499,2 0,8
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

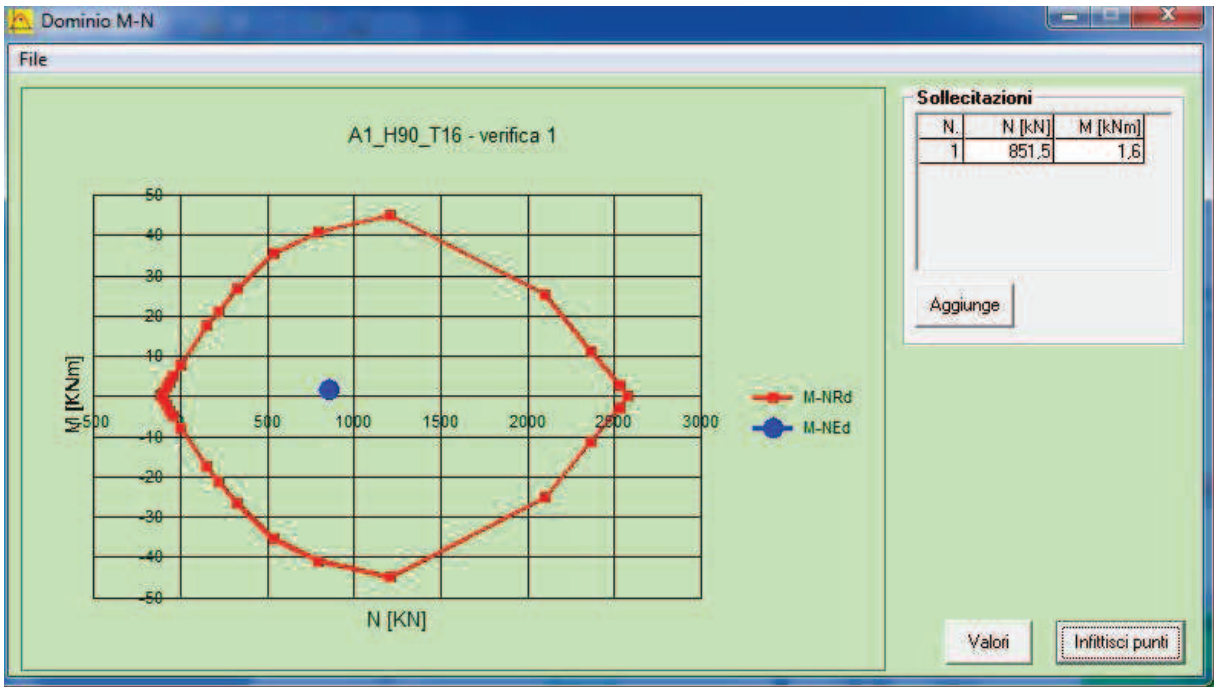

Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T02 - 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H50_T02 - verifica 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 516,1 0 kN
M xEd 0,3 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 34,74 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 2,081 ‰
d 7,5 cm
x 4,703 x/d 0,6271
δ 1
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso

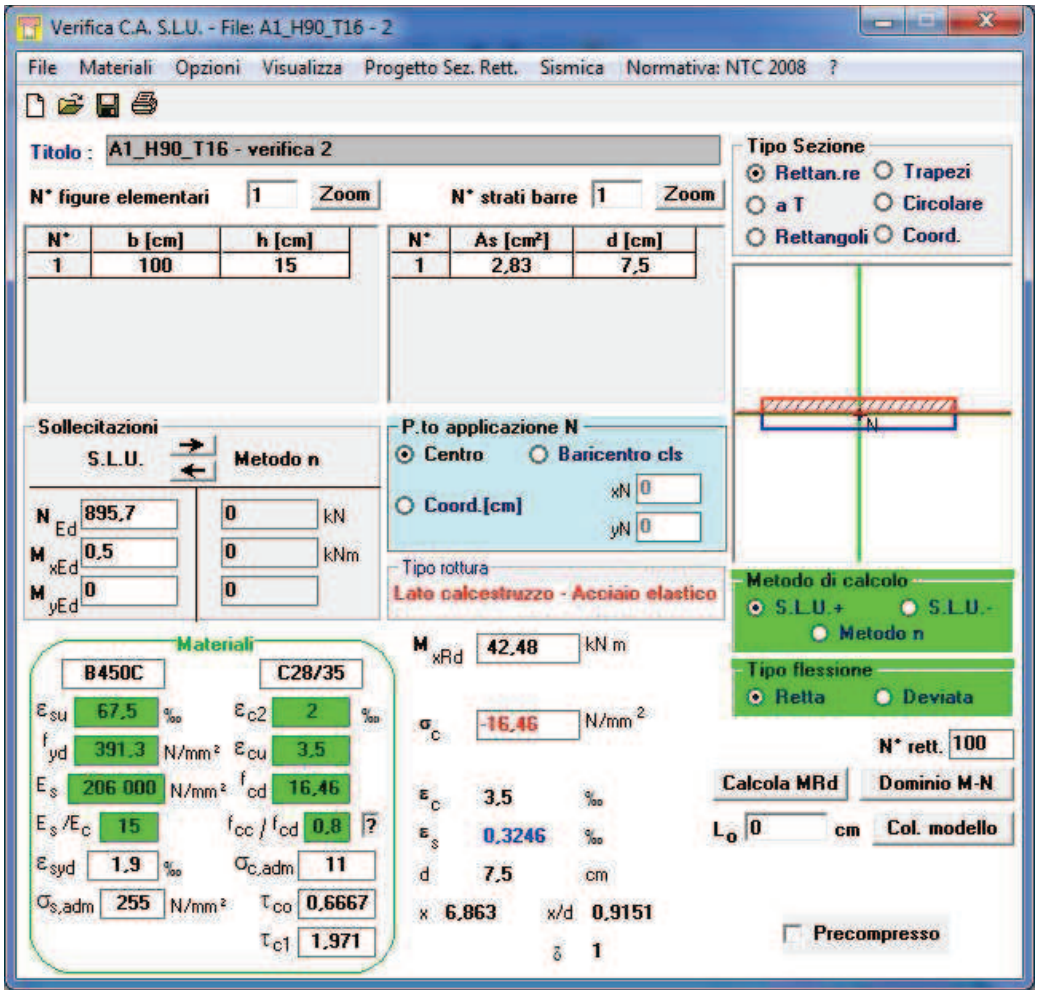

Dominio M-N
File
A1_H50_T02 - verifica 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 516,1 0,3
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

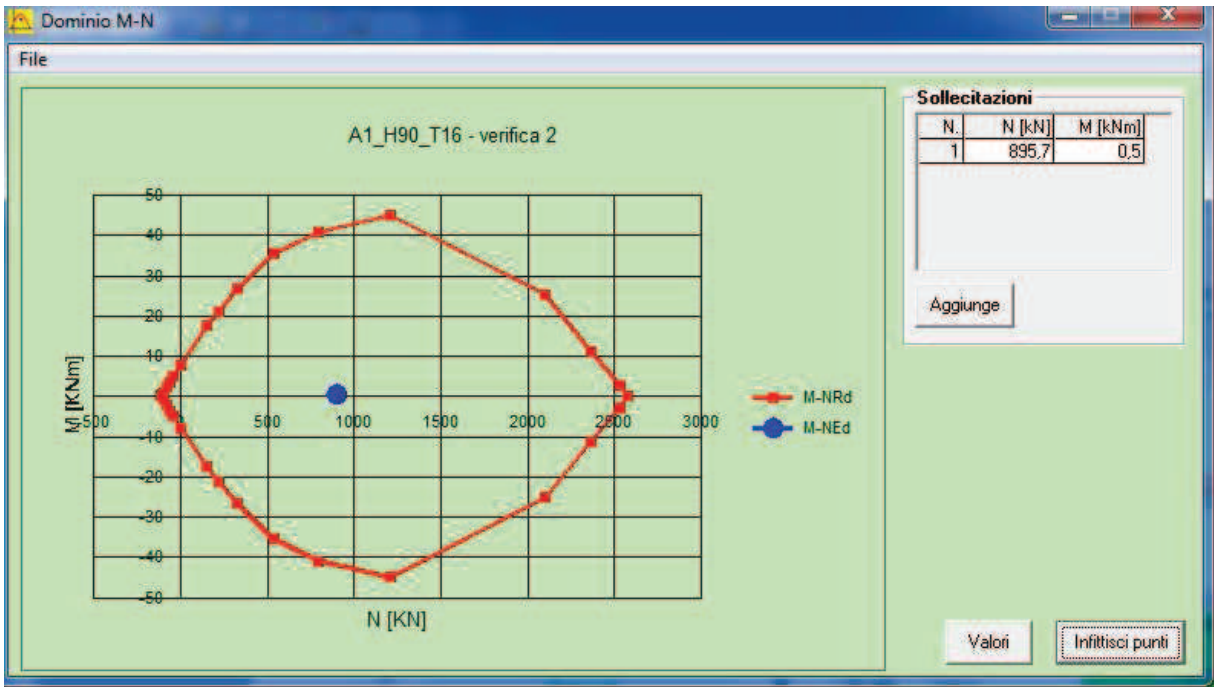

Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H50_T02 - 3
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H50_T02 - verifica 3
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 447,2 0 kN
M xEd 0,2 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 32,13 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 2,771 ‰
d 7,5 cm
x 4,186 x/d 0,5582
δ 1
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso

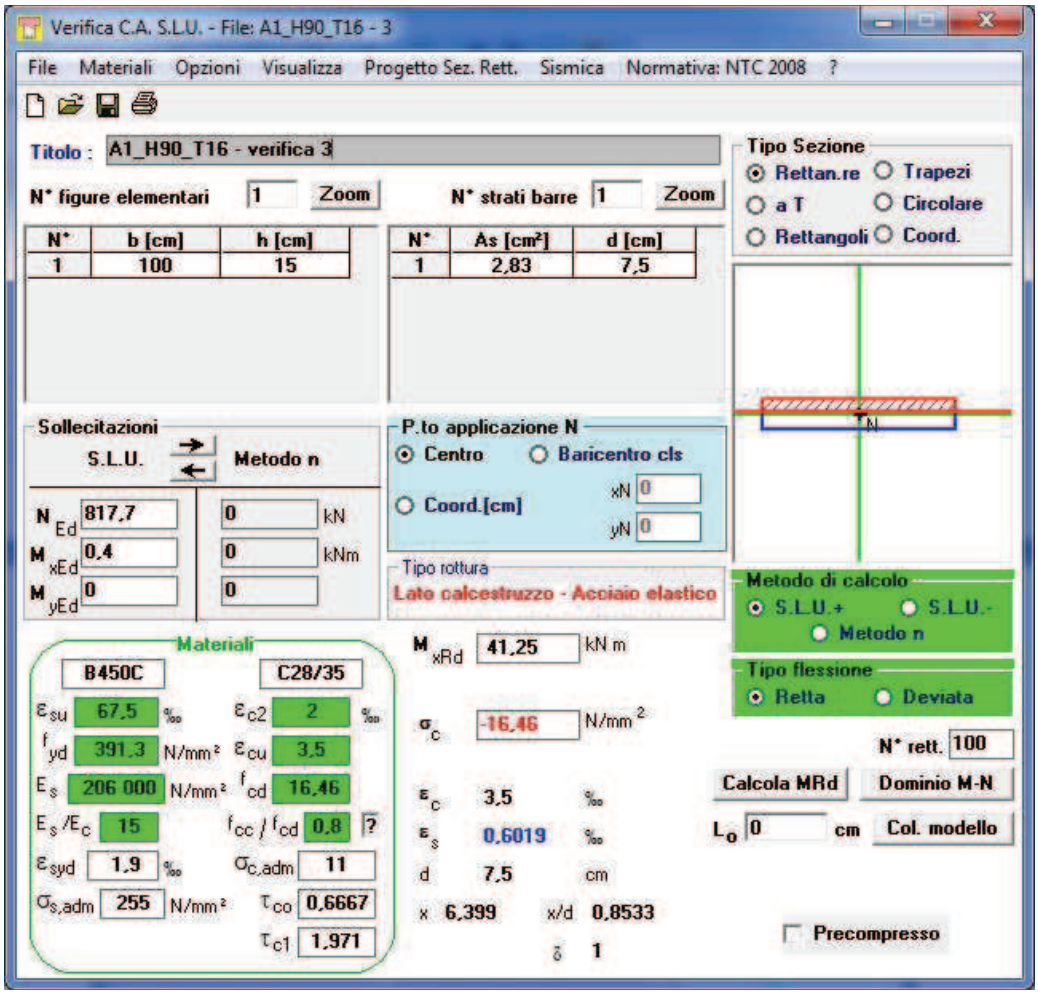

Dominio M-N
File
A1_H50_T02 - verifica 3
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 447,2 0,2
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

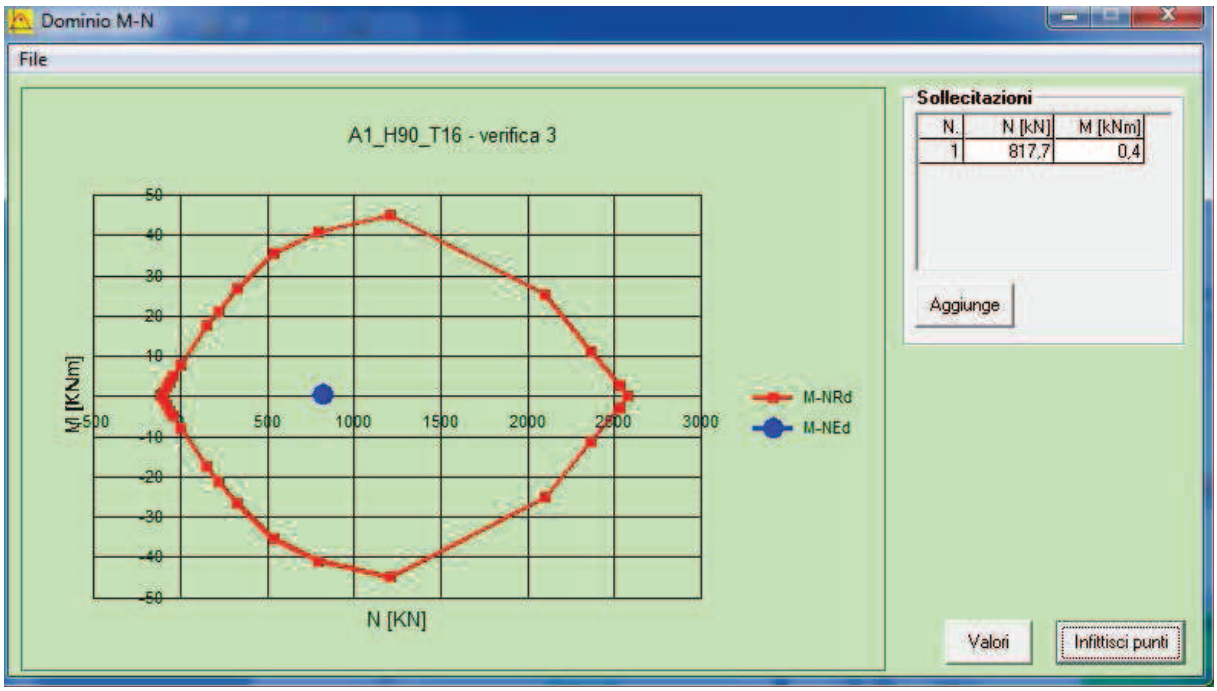

Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H90_T16 - 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H90_T16 - verifica 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 851,5 0 kN
M xEd 1,6 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio elastico
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L o 0 cm
Col. modello
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 41,81 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 0,478 ‰
d 7,5 cm
x 6,599 x/d 0,8798
δ 1
Precompresso

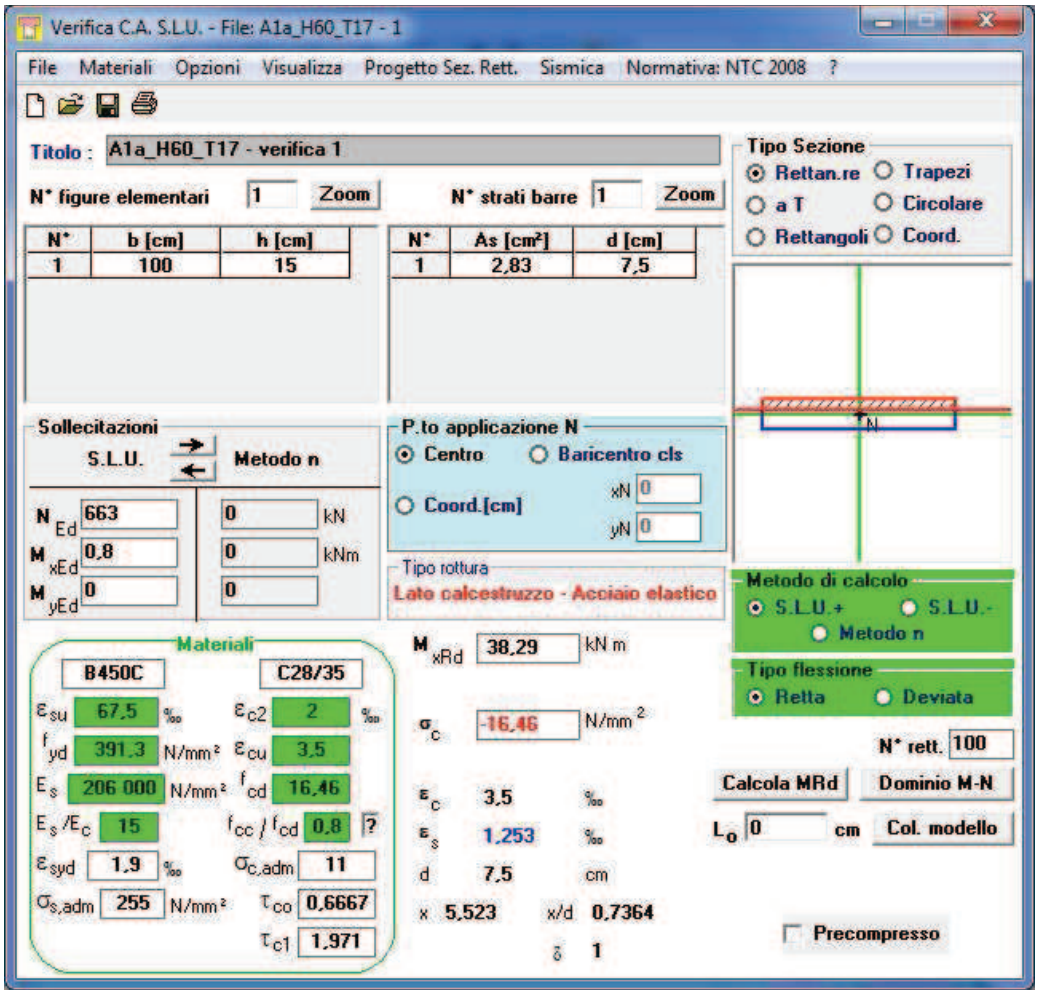

Dominio M-N
File
A1_H90_T16 - verifica 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 851,5 1,6
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

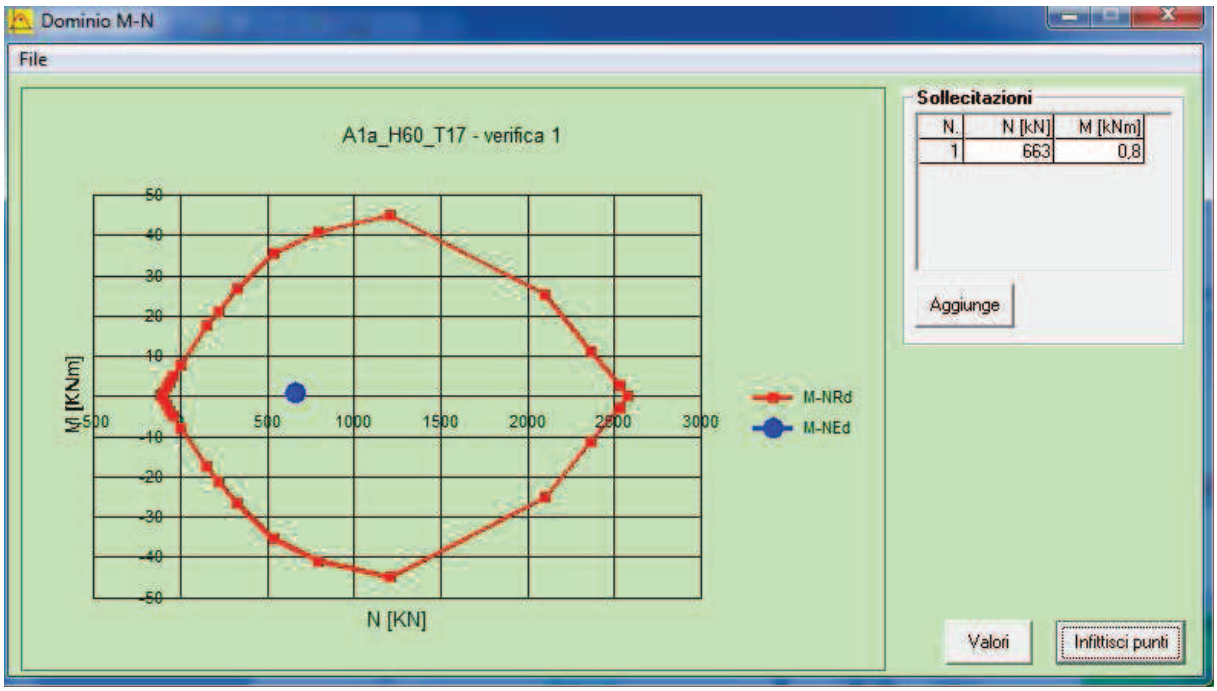

Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H90_T16 - 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H90_T16 - verifica 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 895,7 0 kN
M xEd 0,5 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio elastico
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 42,48 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 0,3246 ‰
d 7,5 cm
x 6,863 x/d 0,9151
δ 1
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso

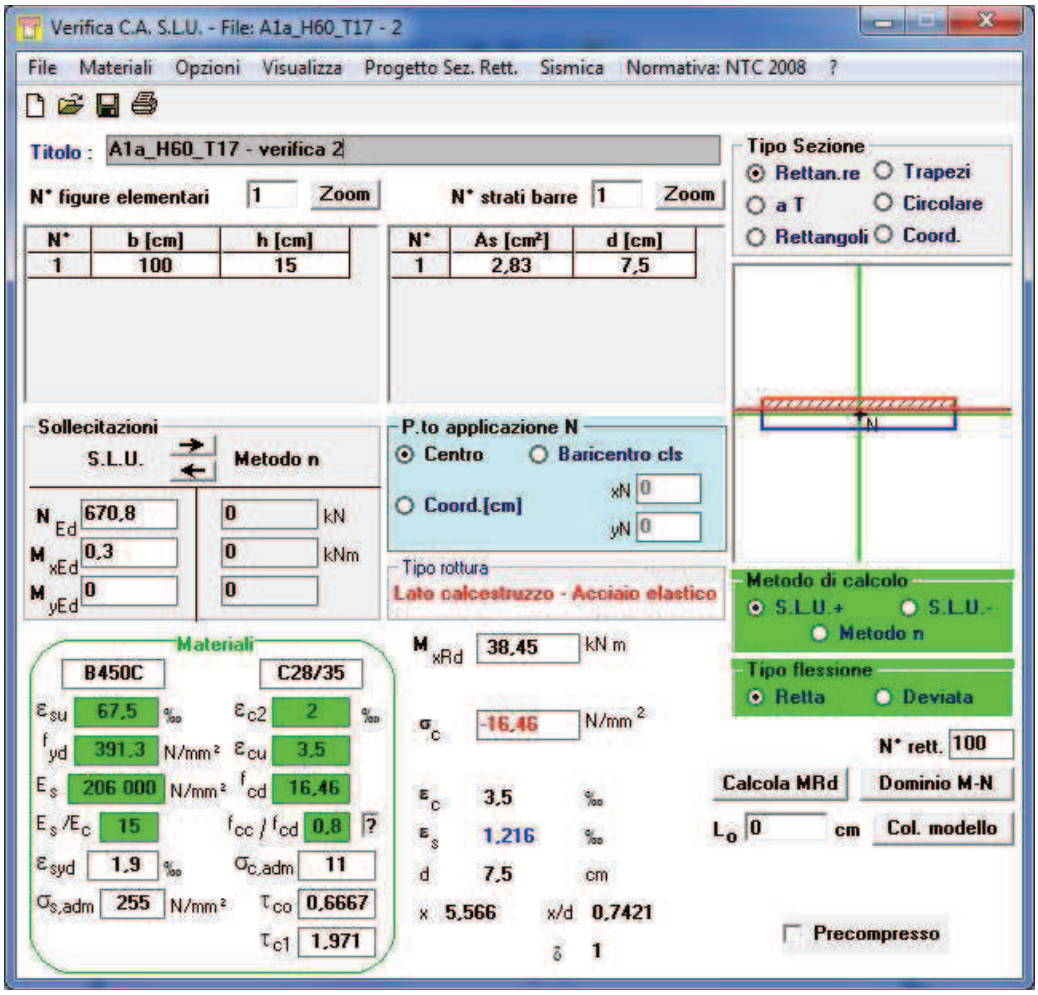

Dominio M-N
File
A1_H90_T16 - verifica 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 895,7 0,5
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

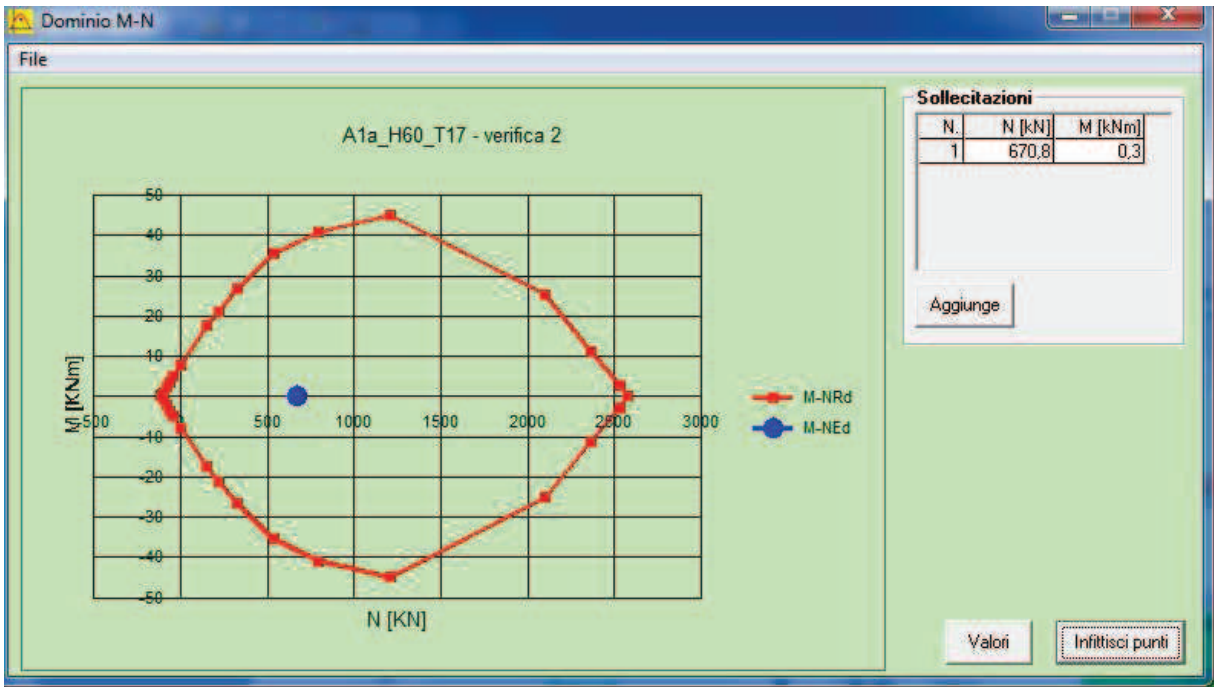

Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_H90_T16 - 3
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_H90_T16 - verifica 3
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 817,7 0 kN
M xEd 0,4 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio elastico
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L o 0 cm
Col. modello
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 41,25 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 0,6019 ‰
d 7,5 cm
x 6,399 x/d 0,8533
δ 1
Precompresso

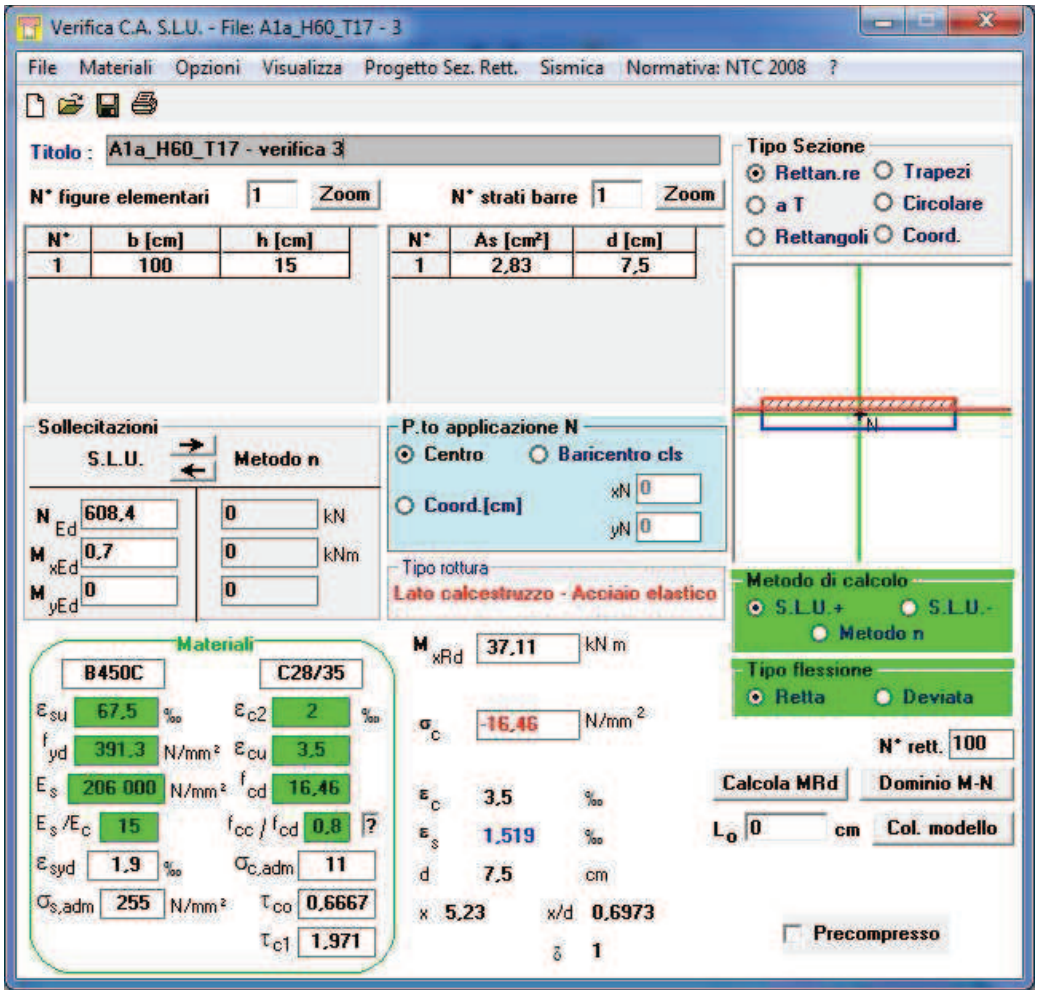

Dominio M-N
File
A1_H90_T16 - verifica 3
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 817,7 0,4
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

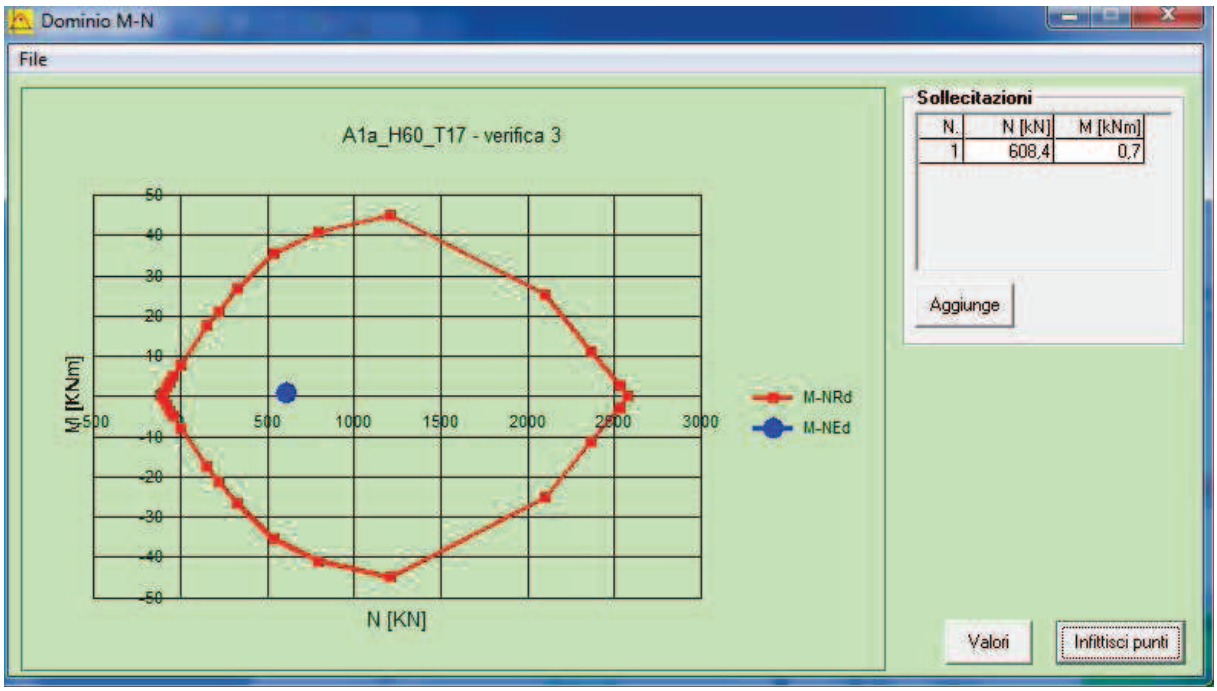

Verifica C.A. S.L.U. - File: A1a_H60_T17 - 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_H60_T17 - verifica 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 663 0 kN
M xEd 0,8 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio elastico
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 38,29 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 1,253 ‰
d 7,5 cm
x 5,523 x/d 0,7364
δ 1
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1a_H60_T17 - verifica 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 663 0,8
Aggiunge
Valori
Infittisci punti


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1a_H60_T17 - 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_H60_T17 - verifica 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 670,8 0 kN
M xEd 0,3 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio elastico
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 38,45 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 1,216 ‰
d 7,5 cm
x 5,566 x/d 0,7421
δ 1
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1a_H60_T17 - verifica 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 670,8 0,3
Aggiunge
Valori
Infittisci punti


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1a_H60_T17 - 3
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_H60_T17 - verifica 3
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 1 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 15
N° As [cm²] d [cm]
1 2,83 7,5
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 608,4 0 kN
M xEd 0,7 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio elastico
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L0 0 cm
Col. modello
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 37,11 kN m
σ c -16,46 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 1,519 ‰
d 7,5 cm
x 5,23 x/d 0,6973
δ 1
Precompresso


Dominio M-N
File
A1a_H60_T17 - verifica 3
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 608,4 0,7
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: A2_H150_T10 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1024,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	1,60	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	2,20	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 331,20	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	2,08	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	2,86	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	218,77	0,80	1,10	✓ 82,78	✓ 0,316	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	1 778,03	2,32	3,19	-	-	✓ 7,90	✓ 0,480
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	218,77	2,08	2,86	✓ 93,11	✓ 0,356	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	1 778,03	0,00	0,00	-	-	7,90	✓ 0,480

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	1 331,20	2	2,86	93,11	7,90	✓ 0,356	✓ 0,480	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: A2_H150_T10 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1190,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,40	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	0,60	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 547,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,52	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	0,78	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	254,23	0,20	0,30	✓ 90,50	✓ 0,346	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	2 066,27	0,58	0,87	-	-	✓ 9,18	✓ 0,558
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	254,23	0,52	0,78	✓ 93,28	✓ 0,356	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	2 066,27	0,00	0,00	-	-	9,18	✓ 0,558

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	1 547,00	1	0,78	93,28	9,18	✓ 0,356	✓ 0,558	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: A2_H150_T10 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1190,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,40	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	0,60	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 547,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,52	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	0,78	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	254,23	0,20	0,30	✓ 90,50	✓ 0,346	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	2 066,27	0,58	0,87	-	-	✓ 9,18	✓ 0,558
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	254,23	0,52	0,78	✓ 93,28	✓ 0,356	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	2 066,27	0,00	0,00	-	-	9,18	✓ 0,558

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	1 547,00	1	0,78	93,28	9,18	✓ 0,356	✓ 0,558	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H60_T03 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1061,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	2,20	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	47,00	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 379,30	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	2,86	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	61,10	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	210,19	0,63	13,38	✓ 74,39	✓ 0,220	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 169,11	2,23	47,72	-	-	✓ 5,85	✓ 0,355
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	210,19	2,86	61,10	✓ 205,39	✓ 0,607	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 169,11	0,00	0,00	-	-	5,85	✓ 0,355

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 379,30	3	61,10	205,39	5,85	✓ 0,607	✓ 0,355	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H60_T03 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1380,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	5,70	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	23,80	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 794,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	7,41	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	30,94	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	273,39	1,62	6,77	✓ 67,60	✓ 0,200	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 520,61	5,79	24,17	-	-	✓ 7,60	✓ 0,462
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	273,39	7,41	30,94	✓ 134,05	✓ 0,396	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 520,61	0,00	0,00	-	-	7,60	✓ 0,462

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 794,00	7	30,94	134,05	7,60	✓ 0,396	✓ 0,462	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H60_T03 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	765,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	64,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,50	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	994,50	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	83,20	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	1,95	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	151,55	18,22	0,43	✓ 31,76	✓ 0,094	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	842,95	64,98	1,52	-	-	✓ 4,21	✓ 0,256
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	151,55	83,20	1,95	✓ 73,21	✓ 0,217	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	842,95	0,00	0,00	-	-	4,21	✓ 0,256

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	994,50	83	1,95	73,21	4,21	✓ 0,217	✓ 0,256	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H80_T05 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1226,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	5,70	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	61,10	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 593,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	7,41	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	79,43	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	242,88	1,62	17,39	✓ 91,27	✓ 0,270	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 350,92	5,79	62,04	-	-	✓ 6,75	✓ 0,410
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	242,88	7,41	79,43	✓ 261,61	✓ 0,774	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 350,92	0,00	0,00	-	-	6,75	✓ 0,410

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 593,80	7	79,43	261,61	6,75	✓ 0,774	✓ 0,410	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H80_T05 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1622,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	3,50	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	24,10	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	2 108,60	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	4,55	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	31,33	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	321,33	1,00	6,86	✓ 76,42	✓ 0,226	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 787,27	3,55	24,47	-	-	✓ 8,94	✓ 0,543
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	321,33	4,55	31,33	✓ 143,63	✓ 0,425	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 787,27	0,00	0,00	-	-	8,94	✓ 0,543

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	2 108,60	5	31,33	143,63	8,94	✓ 0,425	✓ 0,543	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H80_T05 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	894,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	76,45	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	7,70	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 162,20	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	99,39	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	10,01	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	177,11	21,76	2,19	✓ 41,47	✓ 0,123	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	985,09	77,63	7,82	-	-	✓ 4,93	✓ 0,299
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	177,11	99,39	10,01	✓ 98,21	✓ 0,290	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	985,09	0,00	0,00	-	-	4,93	✓ 0,299

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 162,20	99	10,01	98,21	4,93	✓ 0,290	✓ 0,299	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1349,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	6,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	69,50	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 753,70	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	7,93	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	90,35	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	267,25	1,74	19,78	✓ 102,20	✓ 0,302	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 486,45	6,19	70,57	-	-	✓ 7,43	✓ 0,451
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	267,25	7,93	90,35	✓ 295,96	✓ 0,875	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 486,45	0,00	0,00	-	-	7,43	✓ 0,451

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 753,70	8	90,35	295,96	7,43	✓ 0,875	✓ 0,451	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1770,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,60	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	16,70	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	2 301,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,78	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	21,71	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	350,65	0,17	4,75	✓ 75,89	✓ 0,224	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 950,35	0,61	16,96	-	-	✓ 9,75	✓ 0,592
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	350,65	0,78	21,71	✓ 122,43	✓ 0,362	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 950,35	0,00	0,00	-	-	9,75	✓ 0,592

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	2 301,00	1	21,71	122,43	9,75	✓ 0,362	✓ 0,592	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1006,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	82,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	5,60	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 307,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	106,60	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	7,28	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	199,30	23,34	1,59	✓ 44,11	✓ 0,130	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 108,50	83,26	5,69	-	-	✓ 5,54	✓ 0,337
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	199,30	106,60	7,28	✓ 100,82	✓ 0,298	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 108,50	0,00	0,00	-	-	5,54	✓ 0,337

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 307,80	107	7,28	100,82	5,54	✓ 0,298	✓ 0,337	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H90_T15 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1343,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,20	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	65,60	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 745,90	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,26	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	85,28	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	266,06	0,06	18,67	✓ 98,93	✓ 0,293	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 479,84	0,20	66,61	-	-	✓ 7,40	✓ 0,449
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	266,06	0,26	85,28	✓ 281,76	✓ 0,833	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 479,84	0,00	0,00	-	-	7,40	✓ 0,449

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 745,90	0	85,28	281,76	7,40	✓ 0,833	✓ 0,449	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H80_T05 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1622,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	3,50	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	24,10	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	2 108,60	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	4,55	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	31,33	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	321,33	1,00	6,86	✓ 76,42	✓ 0,226	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 787,27	3,55	24,47	-	-	✓ 8,94	✓ 0,543
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	321,33	4,55	31,33	✓ 143,63	✓ 0,425	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 787,27	0,00	0,00	-	-	8,94	✓ 0,543

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	2 108,60	5	31,33	143,63	8,94	✓ 0,425	✓ 0,543	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H80_T05 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	894,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	76,45	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	7,70	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 162,20	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	99,39	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	10,01	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	177,11	21,76	2,19	✓ 41,47	✓ 0,123	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	985,09	77,63	7,82	-	-	✓ 4,93	✓ 0,299
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	177,11	99,39	10,01	✓ 98,21	✓ 0,290	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	985,09	0,00	0,00	-	-	4,93	✓ 0,299

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 162,20	99	10,01	98,21	4,93	✓ 0,290	✓ 0,299	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1349,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	6,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	69,50	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 753,70	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	7,93	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	90,35	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	267,25	1,74	19,78	✓ 102,20	✓ 0,302	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 486,45	6,19	70,57	-	-	✓ 7,43	✓ 0,451
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	267,25	7,93	90,35	✓ 295,96	✓ 0,875	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 486,45	0,00	0,00	-	-	7,43	✓ 0,451

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 753,70	8	90,35	295,96	7,43	✓ 0,875	✓ 0,451	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1770,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,60	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	16,70	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	2 301,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,78	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	21,71	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	350,65	0,17	4,75	✓ 75,89	✓ 0,224	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 950,35	0,61	16,96	-	-	✓ 9,75	✓ 0,592
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	350,65	0,78	21,71	✓ 122,43	✓ 0,362	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 950,35	0,00	0,00	-	-	9,75	✓ 0,592

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	2 301,00	1	21,71	122,43	9,75	✓ 0,362	✓ 0,592	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H110_T07 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1006,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	82,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	5,60	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 307,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	106,60	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	7,28	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	199,30	23,34	1,59	✓ 44,11	✓ 0,130	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 108,50	83,26	5,69	-	-	✓ 5,54	✓ 0,337
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	199,30	106,60	7,28	✓ 100,82	✓ 0,298	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 108,50	0,00	0,00	-	-	5,54	✓ 0,337

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 307,80	107	7,28	100,82	5,54	✓ 0,298	✓ 0,337	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H90_T15 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1343,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,20	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	65,60	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 745,90	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,26	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	85,28	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	266,06	0,06	18,67	✓ 98,93	✓ 0,293	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 479,84	0,20	66,61	-	-	✓ 7,40	✓ 0,449
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	266,06	0,26	85,28	✓ 281,76	✓ 0,833	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 479,84	0,00	0,00	-	-	7,40	✓ 0,449

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 745,90	0	85,28	281,76	7,40	✓ 0,833	✓ 0,449	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H90_T15 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
Rck a 2 giorni	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 28 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1790,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	1,70	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	23,30	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	2 327,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	2,21	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	30,29	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	354,61	0,48	6,63	✓ 81,75	✓ 0,242	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 972,39	1,73	23,66	-	-	✓ 9,86	✓ 0,599
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	354,61	2,21	30,29	✓ 146,70	✓ 0,434	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 972,39	0,00	0,00	-	-	9,86	✓ 0,599

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	2 327,00	2	30,29	146,70	9,86	✓ 0,434	✓ 0,599	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_H90_T15 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1011,70	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	96,30	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	0,83	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 315,21	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	125,19	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	1,08	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	200,43	27,41	0,24	✓ 42,47	✓ 0,126	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 114,78	97,78	0,84	-	-	✓ 5,57	✓ 0,339
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	200,43	125,19	1,08	✓ 106,08	✓ 0,314	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 114,78	0,00	0,00	-	-	5,57	✓ 0,339

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 315,21	125	1,08	106,08	5,57	✓ 0,314	✓ 0,339	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B2__VTR_H140_T09 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 240	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	30	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 240	A_s	92,20	[cm²]
	J_s	8 500,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=30 cm	A_c	3 000,00	[cm²]
	J_c	225 000,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	2348,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	12,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	168,00	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	3 052,40	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	15,60	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	218,40	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 240/100 cm	504,59	3,05	42,76	✓ 108,51	✓ 0,321	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	2 547,81	12,55	175,64	-	-	✓ 8,49	✓ 0,516
2)	centina 2 IPN 240/100 cm	504,59	15,60	218,40	✓ 329,48	✓ 0,975	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	2 547,81	0,00	0,00	-	-	8,49	✓ 0,516

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 240/100 cm+SPRITZ 30 cm	3 052,40	16	218,40	329,48	8,49	✓ 0,975	✓ 0,516	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B2__VTR_H140_T09 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 240	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	30	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 240	A_s	92,20	[cm²]
	J_s	8 500,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=30 cm	A_c	3 000,00	[cm²]
	J_c	225 000,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	3068,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	15,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	72,00	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	3 988,40	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	19,50	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	93,60	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 240/100 cm	659,32	3,82	18,33	✓ 94,57	✓ 0,280	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	3 329,08	15,68	75,27	-	-	✓ 11,10	✓ 0,674
2)	centina 2 IPN 240/100 cm	659,32	19,50	93,60	✓ 189,44	✓ 0,560	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	3 329,08	0,00	0,00	-	-	11,10	✓ 0,674

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 240/100 cm+SPRITZ 30 cm	3 988,40	20	93,60	189,44	11,10	✓ 0,560	✓ 0,674	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B2__VTR_H140_T09 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S355			
	f_{yk}	355	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	338,10	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 240	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	30	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 240	A_s	92,20	[cm²]
	J_s	8 500,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=30 cm	A_c	3 000,00	[cm²]
	J_c	225 000,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1665,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	209,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	3,30	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	2 164,50	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	271,70	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	4,29	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 240/100 cm	357,81	53,19	0,84	✓ 46,93	✓ 0,139	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	1 806,69	218,51	3,45	-	-	✓ 6,02	✓ 0,366
2)	centina 2 IPN 240/100 cm	357,81	271,70	4,29	✓ 134,00	✓ 0,396	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=30 cm	1 806,69	0,00	0,00	-	-	6,02	✓ 0,366

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 240/100 cm+SPRITZ 30 cm	2 164,50	272	4,29	134,00	6,02	✓ 0,396	✓ 0,366	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_VTR_H30_T01 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	598,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	1,30	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	26,50	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	777,40	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	1,69	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	34,45	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	118,47	0,37	7,54	✓ 41,94	✓ 0,160	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	658,93	1,32	26,91	-	-	✓ 3,29	✓ 0,200
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	118,47	1,69	34,45	✓ 115,80	✓ 0,442	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	658,93	0,00	0,00	-	-	3,29	✓ 0,200

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	777,40	2	34,45	115,80	3,29	✓ 0,442	✓ 0,200	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_VTR_H30_T01 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☐ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	898,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	5,00	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 167,40	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,13	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	6,50	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	177,90	0,03	1,42	✓ 35,79	✓ 0,137	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	989,50	0,10	5,08	-	-	✓ 4,95	✓ 0,301
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	177,90	0,13	6,50	✓ 49,72	✓ 0,190	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	989,50	0,00	0,00	-	-	4,95	✓ 0,301

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 167,40	0	6,50	49,72	4,95	✓ 0,190	✓ 0,301	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1_VTR_H30_T01 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	675,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	28,30	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	12,80	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	878,54	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	36,79	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	16,64	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	133,88	8,05	3,64	✓ 34,58	✓ 0,132	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	744,66	28,74	13,00	-	-	✓ 3,72	✓ 0,226
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	133,88	36,79	16,64	✓ 75,46	✓ 0,288	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	744,66	0,00	0,00	-	-	3,72	✓ 0,226

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	878,54	37	16,64	75,46	3,72	✓ 0,288	✓ 0,226	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1a_VTR_H40_T18 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	638,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	3,04	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	4,70	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	829,40	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	3,95	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	6,11	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	126,39	0,87	1,34	✓ 26,33	✓ 0,101	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	703,01	3,09	4,77	-	-	✓ 3,52	✓ 0,214
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	126,39	3,95	6,11	✓ 39,54	✓ 0,151	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	703,01	0,00	0,00	-	-	3,52	✓ 0,214

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	829,40	4	6,11	39,54	3,52	✓ 0,151	✓ 0,214	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1a_VTR_H40_T18 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	1201,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,20	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,90	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	1 561,30	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,26	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	2,47	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	237,93	0,06	0,54	✓ 44,12	✓ 0,168	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 323,37	0,20	1,93	-	-	✓ 6,62	✓ 0,402
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	237,93	0,26	2,47	✓ 49,42	✓ 0,189	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	1 323,37	0,00	0,00	-	-	6,62	✓ 0,402

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	1 561,30	0	2,47	49,42	6,62	✓ 0,189	✓ 0,402	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: B1a_VTR_H40_T18 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		2	[-]
Tipo profilo		IPN 180	
Passo profili centina		100	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	20	[cm]
Area sezione centina 2 IPN 180	A_s	55,80	[cm²]
	J_s	2 900,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=20 cm	A_c	2 000,00	[cm²]
	J_c	66 666,67	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	366,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	22,40	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,80	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	475,80	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	29,12	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	2,34	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	1,00	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 2 IPN 180/100 cm	72,51	6,38	0,51	✓ 15,25	✓ 0,058	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	403,29	22,74	1,83	-	-	✓ 2,02	✓ 0,122
2)	centina 2 IPN 180/100 cm	72,51	29,12	2,34	✓ 30,07	✓ 0,115	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=20 cm	403,29	0,00	0,00	-	-	2,02	✓ 0,122

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
2 IPN 180/100 cm+SPRITZ 20 cm	475,80	29	2,34	30,07	2,02	✓ 0,115	✓ 0,122	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: Cunicolo_H120 Verifica 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	274,20	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,00	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,40	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	356,46	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,00	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	1,82	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	58,58	0,00	0,70	✓ 24,50	✓ 0,094	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	476,11	0,00	2,03	-	-	✓ 2,12	✓ 0,129
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	58,58	0,00	1,82	✓ 30,95	✓ 0,118	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	476,11	0,00	0,00	-	-	2,12	✓ 0,129

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	356,46	0	1,82	30,95	2,12	✓ 0,118	✓ 0,129	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: Cunicolo_H120 Verifica 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	274,20	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	0,10	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	1,40	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	356,46	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	0,13	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	1,82	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	58,58	0,05	0,70	✓ 24,50	✓ 0,094	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	476,11	0,14	2,03	-	-	✓ 2,12	✓ 0,129
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	58,58	0,13	1,82	✓ 30,95	✓ 0,118	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	476,11	0,00	0,00	-	-	2,12	✓ 0,129

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	356,46	0	1,82	30,95	2,12	✓ 0,118	✓ 0,129	**OK**

VERIFICA SISTEMA COMPOSTO CENTINE + CALCESTRUZZO PROIETTATO

© Dott. Ing. Vincenzo Pujia

Titolo: Cunicolo_H120 Verifica 3

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	29,05	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
☐ Rck a 2 giorni	E_{cm}	32 588	[N/mm²]	Modulo elastico	
☒ Rck a 28 giorni	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	16,46	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Acciaio centine	Qualità	S275			
	f_{yk}	275	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_{M0}	1,05	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	261,90	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_{M0}$	

DATI

Larghezza di riferimento della sezione	b	100	[cm]
Numero profili accoppiati centina		1	[-]
Tipo profilo		HE 140 B	
Passo profili centina		150	[cm]
Altezza della sezione SPRITZ C28/35	h	15	[cm]
Area sezione centina 1 HE 140 B	A_s	42,96	[cm²]
	J_s	1 509,00	[cm⁴]
Area sezione SPRITZ C28/35 H=15 cm	A_c	2 250,00	[cm²]
	J_c	28 125,00	[cm⁴]
Sforzo normale caratteristico	N_k	255,00	[kN/m]
Sforzo di Taglio caratteristico	V_k	10,50	[kN/m]
Momento flettente caratteristico	M_k	0,14	[kNm/m]
Coeff. Parziale per le azioni (tab. 6.2.I NTC2008)	γ_G	1,30	[-]
Sforzo normale di progetto	N_d	331,50	[kN/m]
Sforzo di Taglio di progetto	V_d	13,65	[kN/m]
Momento flettente di progetto	M_d	0,18	[kNm/m]

VERIFICA

Numero di elementi centina presenti nella sezione mista	n	0,67	[-]

Comb. #	Elemento	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]
1)	centina 1 HE 140 B/150 cm	54,48	5,26	0,07	✓ 25,70	✓ 0,098	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	442,77	15,21	0,20	-	-	✓ 1,97	✓ 0,120
2)	centina 1 HE 140 B/150 cm	54,48	13,65	0,18	✓ 48,07	✓ 0,184	-	-
	CLS SPRITZ C28/35 H=15 cm	442,77	0,00	0,00	-	-	1,97	✓ 0,120

Si assume che le sollecitazioni di momento flettente e taglio siano assorbite dalle sole centine metalliche

RIEPILOGO

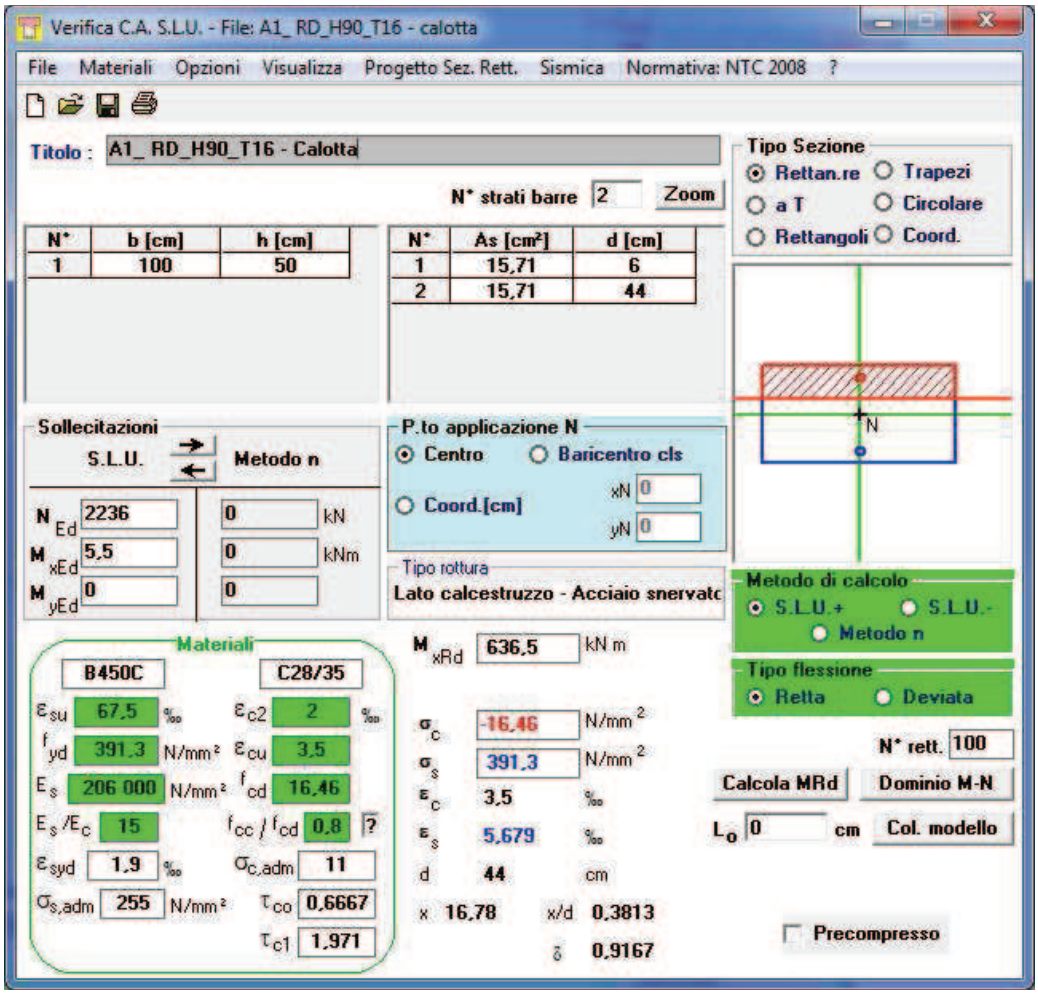
	N_d [kN/m]	V_d [kN/m]	M_d [kNm/m]	σ_{id} [N/mm²]	σ_{CLS} [N/mm²]	σ_{id}/f_{yd} [-]	σ_{CLS}/f_{cd} [-]	VERIFICA
1 HE 140 B/150 cm+SPRITZ 15 cm	331,50	14	0,18	48,07	1,97	✓ 0,184	✓ 0,120	**OK**

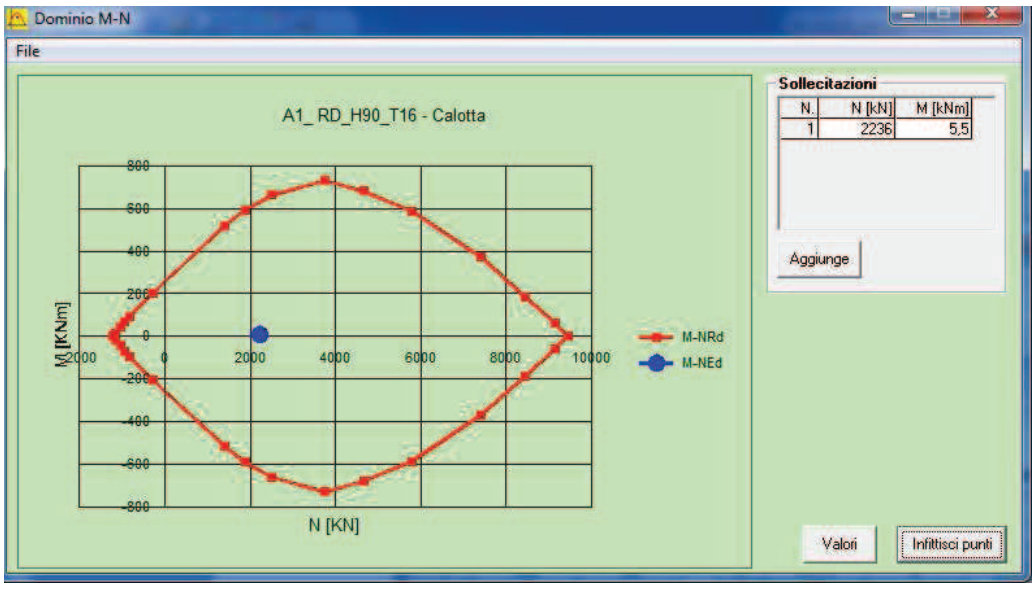
APPENDICE E

Verifiche del rivestimento definitivo

tabella riepilogativa sollecitazioni

n° verifica	Sezione	Analisi	Posizione	s (cm)	armatura	$N_{,d}$ (Kn/m)	$M_{,d}$ (KNm/m)	$T_{,d}$ (kN/m)	M_{rd} (KNm/m)	FS flessione	FS taglio	incidenza kg/mc
1	A1	A1_ RD_H90_T16	Calotta	50	5+5ø20	-2 236,00	5,46	1,80	636,50	0,01	>>1	75,00
2			Murette	50	5+5ø20	-1 628,90	109,20	213,90	556,70	0,20	4,88	75,00
3			Murette	50	5+5ø20	-745,81	109,20	522,10	403,70	0,27	2,00	75,00
4			Arco rovescio	50	5+5ø20	-536,90	31,20	17,90	364,40	0,09	17,36	90,00
5	A1a	A1a_ RD_H60_T17	Calotta	50	5+5ø20	-1 684,80	4,42	0,60	565,50	0,01	>>1	75,00
6			Murette	50	5+5ø20	-1 267,50	80,34	172,90	497,30	0,16	6,03	75,00
7			Murette	50	5+5ø20	-564,20	79,56	374,40	369,60	0,22	2,79	75,00
8			Arco rovescio	50	5+5ø20	-412,10	22,62	20,40	340,60	0,07	14,43	90,00
9	A2	A2_ RD_H150_T10	Calotta	50	5+5ø20	-3 578,90	9,36	1,20	728,40	0,01	>>1	75,00
10			Murette	50	5+5ø20	-1 106,30	176,80	874,90	469,20	0,38	1,19	75,00
11			Murette	50	5+5ø20	-2 367,30	176,80	250,90	650,40	0,27	4,16	75,00
12			Arco rovescio	50	5+5ø20	-746,20	45,50	13,20	403,80	0,11	25,64	90,00
13	B1	B1_RD_H110_T07	Calotta	90	5+5ø20	-2 158,00	472,68	19,70	1 305,00	0,36	31,99	45,00
14			Calotta	90	5+5ø20	-2 792,40	161,20	33,50	1 493,00	0,11	21,47	45,00
15			Murette	90	5+5ø20	-1 671,80	175,50	322,40	1 493,00	0,12	6,18	55,00
16			Arco rovescio	90	5+5ø20	-363,61	246,09	5,10	649,80	0,38	>>1	55,00
17	B2_VTR	B2_VTR_RD_H140_T09	Calotta	90	5+5ø20	-3 378,70	508,30	13,39	1 643,00	0,31	>>1	45,00
18			Calotta	90	5+5ø20	-4 466,80	283,40	98,80	1 867,00	0,15	7,37	45,00
19			Murette	90	5+5ø20	-2 455,70	45,24	487,50	1 396,00	0,03	4,09	55,00
20			Arco rovescio	90	5+5ø20	-471,90	274,69	4,29	692,20	0,40	>>1	55,00
21	B1_VTR	B1_VTR_RD_H30_T01	Calotta	90	5+5ø20	-1 820,00	43,30	9,06	1 195,00	0,04	>>1	45,00
22			Murette	90	5+5ø20	-1 497,60	158,86	4,94	1 081,00	0,15	>>1	55,00
23			Murette	90	5+5ø20	-462,41	39,13	258,00	688,50	0,06	7,72	55,00
24			Arco rovescio	90	5+5ø20	-287,30	102,75	0,30	619,90	0,17	>>1	55,00
25	B1a_VTR	B1a_VTR_RD_H40_T18	Calotta	90	5+5ø20	-3 018,60	42,38	2,60	1 553,00	0,03	>>1	45,00
26			Murette	90	5+5ø20	-1 610,70	243,10	188,50	1 122,00	0,22	10,57	55,00
27			Murette	90	5+5ø20	-742,30	243,10	585,00	797,30	0,30	3,41	55,00
28			Arco rovescio	90	5+5ø20	-341,38	67,60	32,50	641,10	0,11	11,57	55,00
29	Cunicolo	A1_RD_H90_T16	Calotta	40	5+5ø20	-521,00	6,50	6,40	273,90	0,02	43,70	120,00
30			Murette	40	5+5ø20	220,60	7,30	33,80	167,10	0,04	5,48	120,00
31			Murette	40	5+5ø20	93,20	7,30	44,70	185,70	0,04	4,50	120,00


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_ RD_H90_T16 - calotta
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_ RD_H90_T16 - Calotta
N° strati barre 2 Zoom
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 2236 0 kN
M xEd 5,5 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 636,5 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 5,679 ‰
d 44 cm
x 16,78 x/d 0,3813
δ 0,9167
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_ RD_H90_T16 - Calotta
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 2236 5,5
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_RD_H90_T16 - Calotta

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	500	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	500 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	1,80	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	2236,00	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00714	[-]
	k	1,67	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	3,173	[N/mm²]
	v_{min}	0,40	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	385,97	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	449,36	[kN]

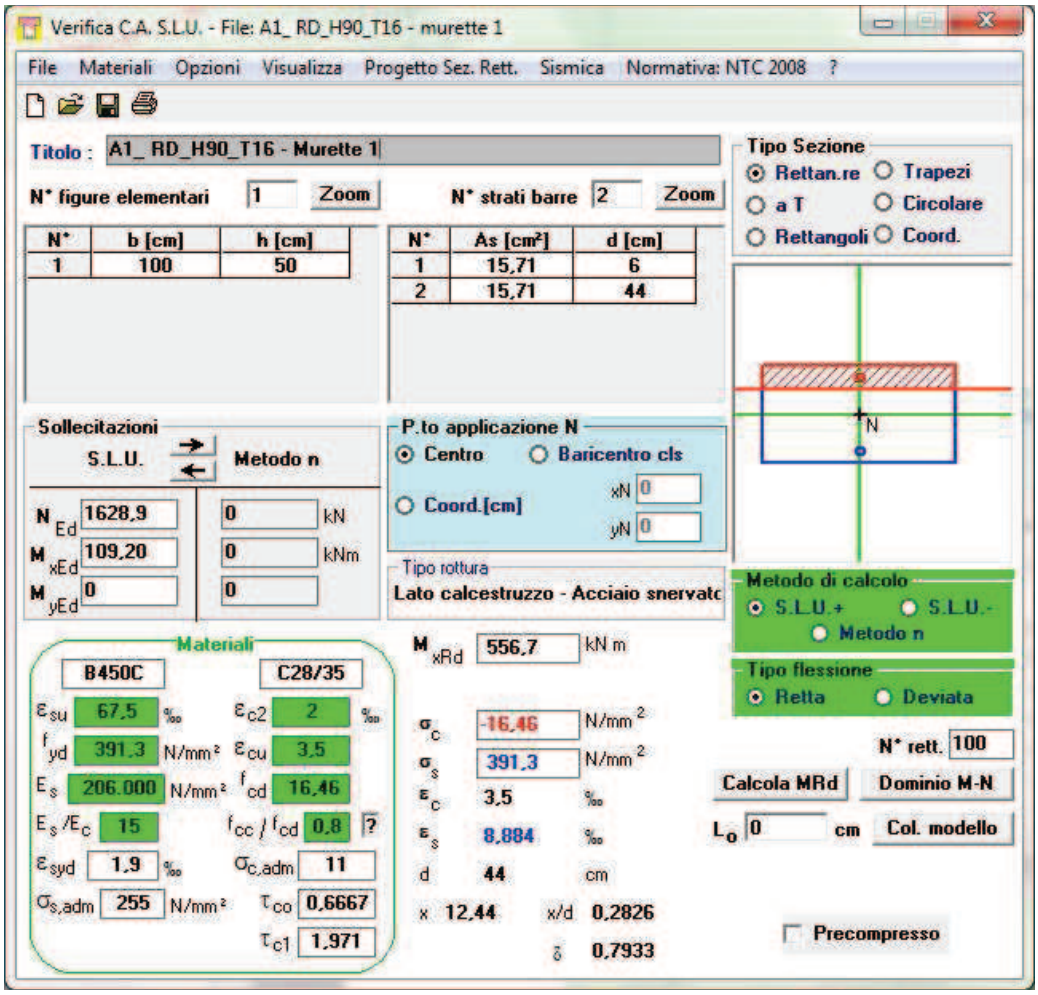
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔249,642 > 1

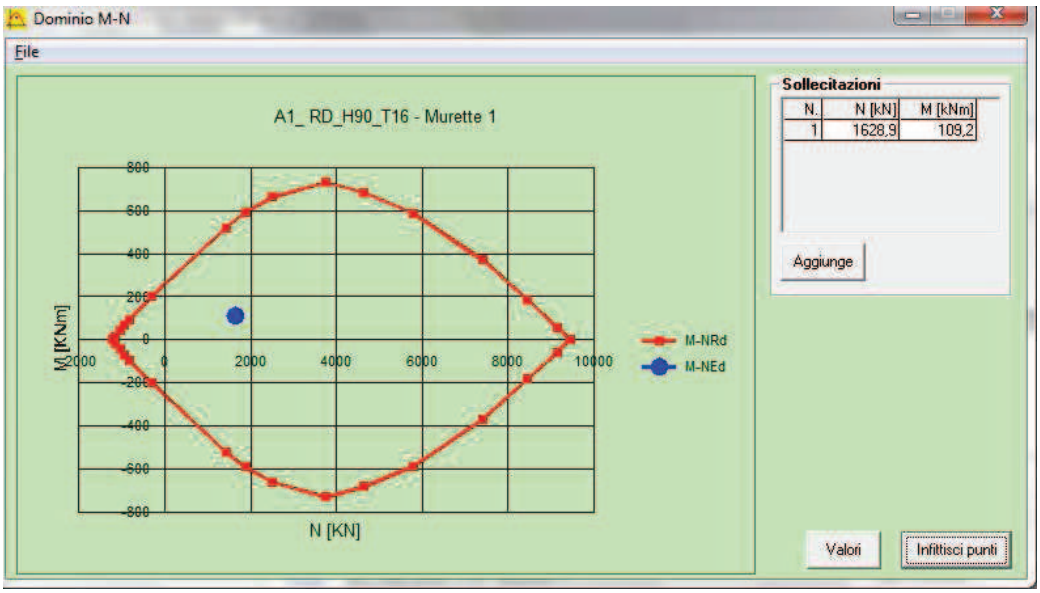
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_ RD_H90_T16 - murette 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_ RD_H90_T16 - Murette 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 1628,9 0 kN
M xEd 109,20 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 556,7 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 8,884 ‰
d 44 cm
x 12,44 x/d 0,2826
δ 0,7933
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L o 0 cm
Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
A1_ RD_H90_T16 - Murette 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 1628,9 109,2
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_RD_H90_T16 - Murette 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	500	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	500 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	213,90	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	1628,90	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

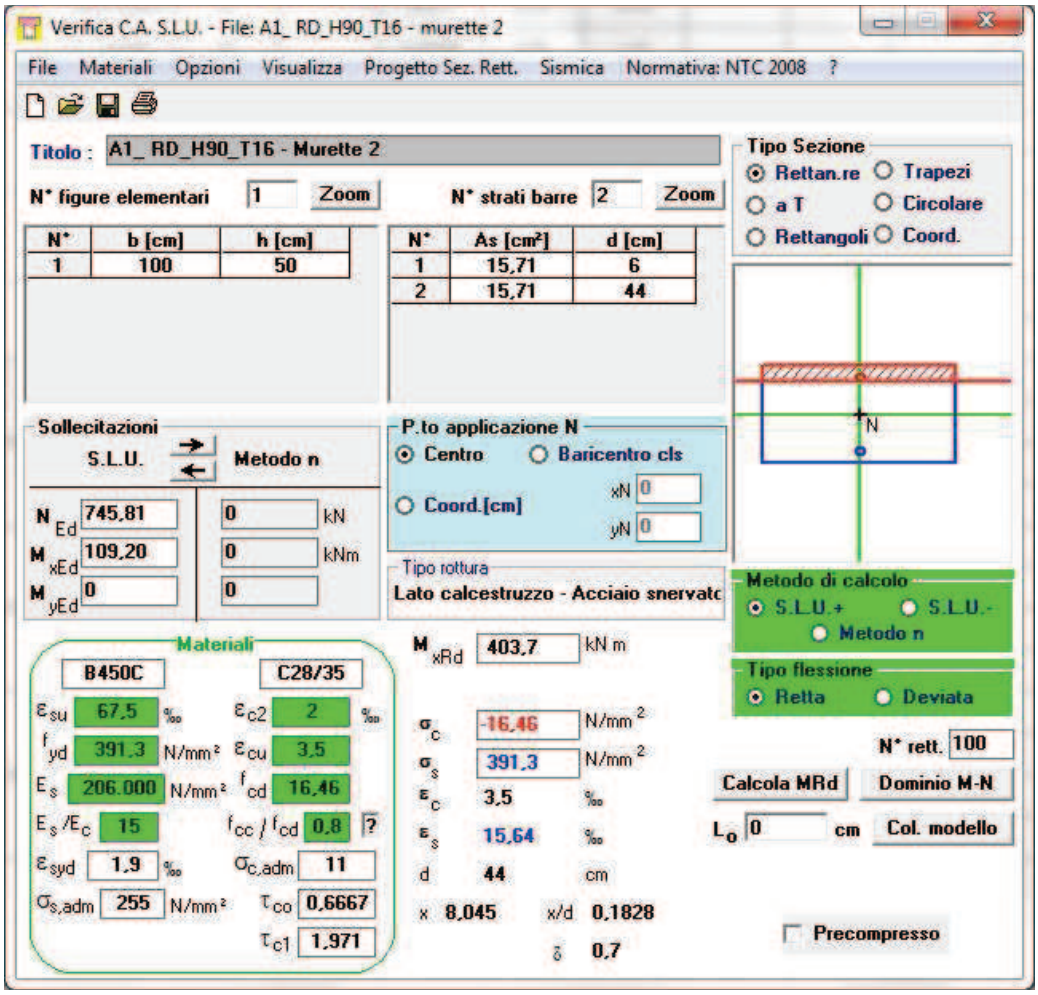
Tensione media di compressione	σ_{cp}	3,258	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,205	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 044	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	1 450	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 044	[kN]

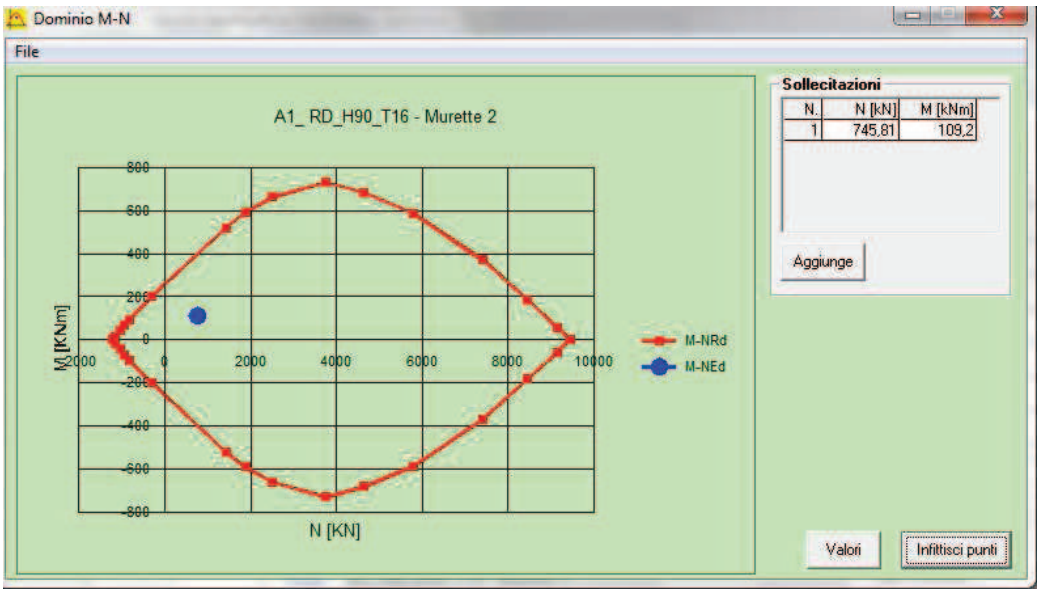
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 4,881

V_{Rd} > V_{Ed} — VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_ RD_H90_T16 - murette 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_ RD_H90_T16 - Murette 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 745,81 0 kN
M xEd 109,20 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 403,7 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 15,64 ‰
d 44 cm
x 8,045 x/d 0,1828
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_ RD_H90_T16 - Murette 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 745,81 109,2
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_RD_H90_T16 - Murette 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0{,}5 f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	500	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	500 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	522,10	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	745,80	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

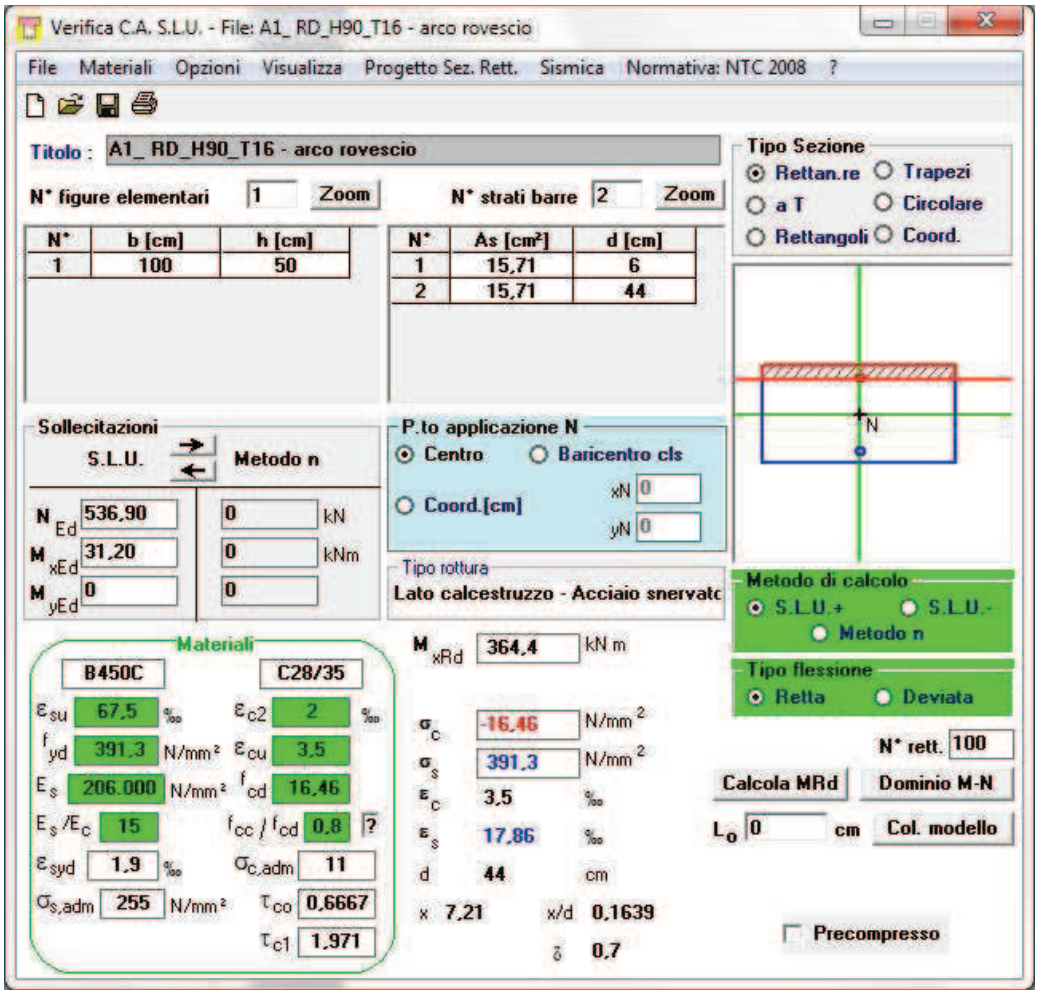
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,492	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,094	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 044	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	1 316	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 044	[kN]

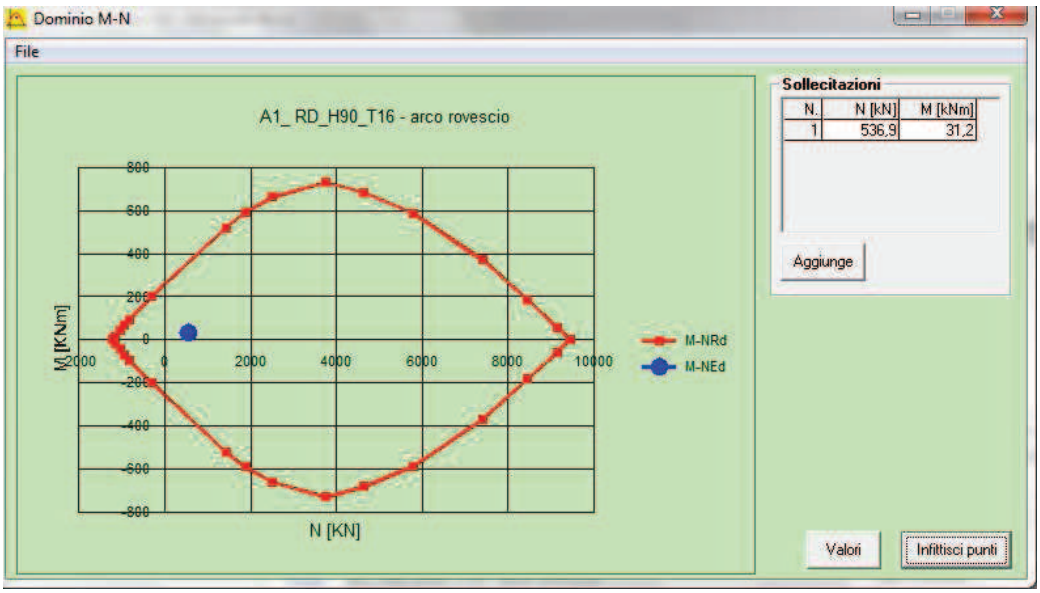
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 2,000

V_{Rd} > V_{Ed} — VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0{,}9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\mathrm{ctg}\alpha + \mathrm{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0{,}9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\mathrm{ctg}\alpha + \mathrm{ctg}\theta) / (1 + \mathrm{ctg}^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_ RD_H90_T16 - arco rovescio
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_ RD_H90_T16 - arco rovescio
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 536,90 0 kN
M xEd 31,20 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 364,4 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 17,86 ‰
d 44 cm
x 7,21 x/d 0,1639
δ 0,7
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
A1_ RD_H90_T16 - arco rovescio
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 536,9 31,2
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_RD_H90_T16 - Arco rovescio

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	500	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	500 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	17,90	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	536,90	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00714	[-]
	k	1,67	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,074	[N/mm²]
	v_{min}	0,40	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	247,40	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	310,79	[kN]

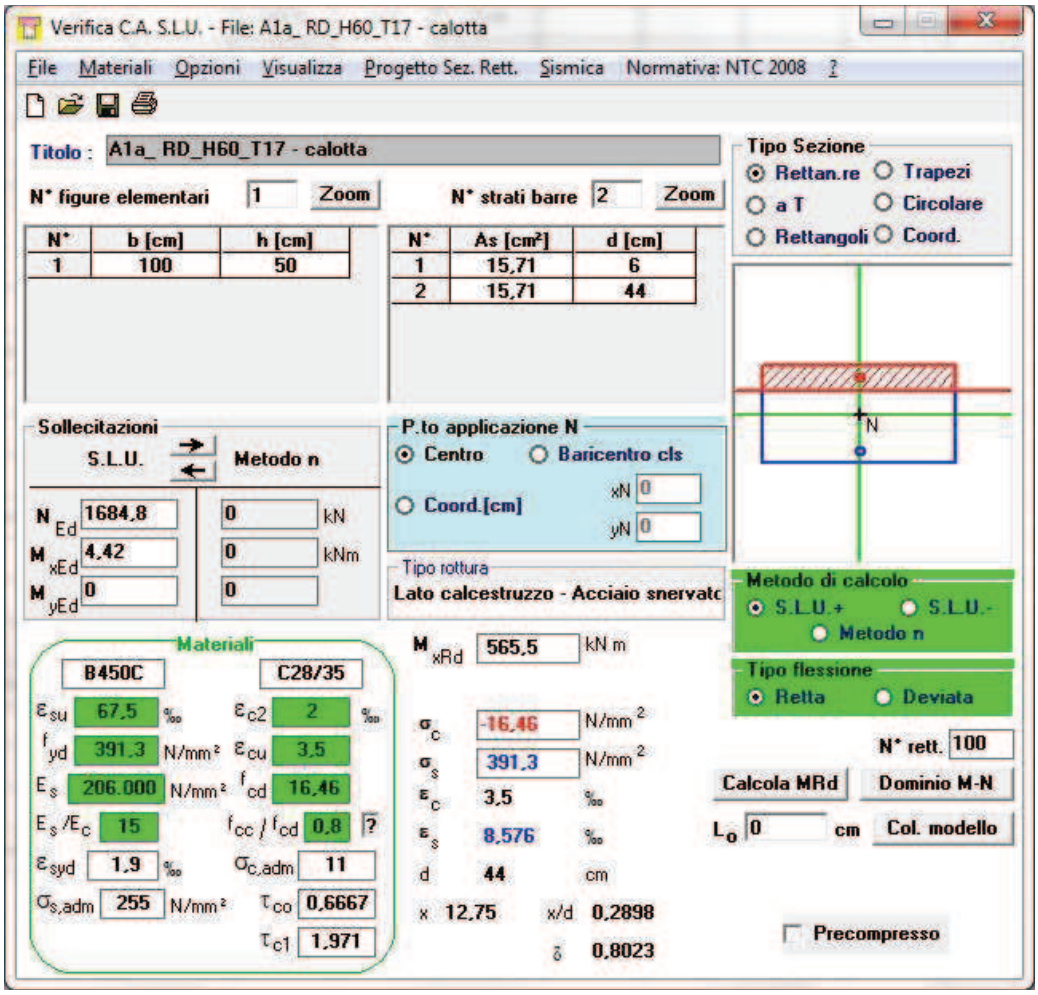
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 17,362 > 1

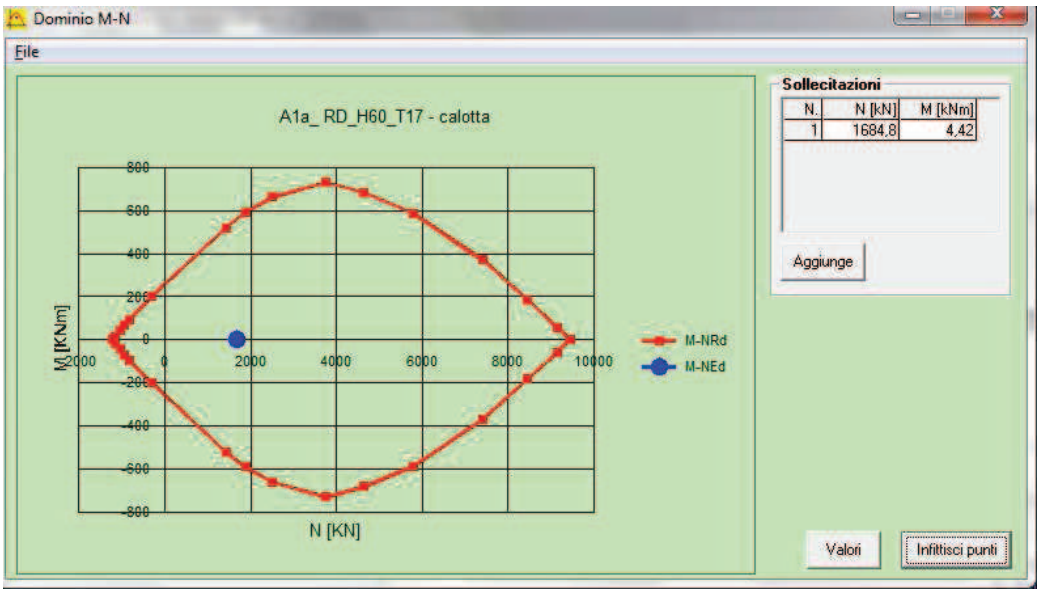
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1a_ RD_H60_T17 - calotta
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_ RD_H60_T17 - calotta
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
N
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 1684,8 0 kN
M xEd 4,42 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 565,5 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 8,576 ‰
d 44 cm
x 12,75 x/d 0,2898
δ 0,8023
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1a_ RD_H60_T17 - calotta
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 1684,8 4,42
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1a_ RD_H60_T17 - Calotta

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	500	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	500 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	0,60	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	1684,80	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00714	[-]
	k	1,67	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	3,173	[N/mm²]
	v_{min}	0,40	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	385,97	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	449,36	[kN]

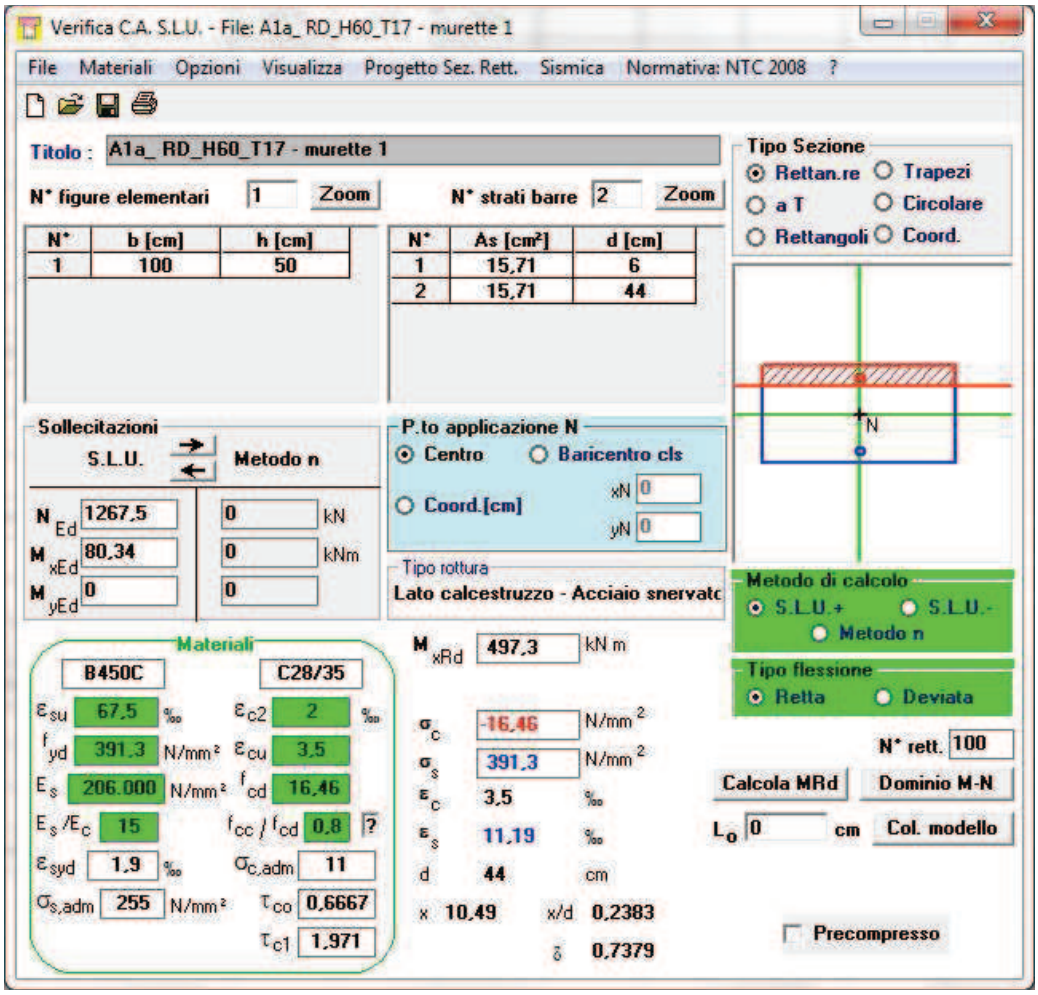
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔748,927 > 1

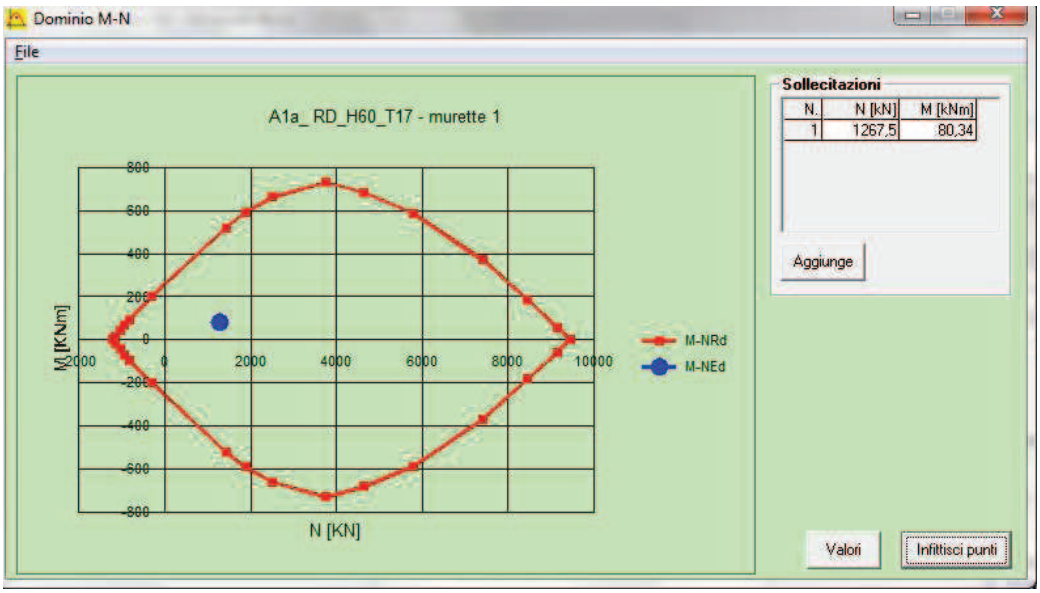
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1a_ RD_H60_T17 - murette 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_ RD_H60_T17 - murette 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 1267,5 0 kN
M xEd 80,34 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 497,3 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 11,19 ‰
d 44 cm
x 10,49 x/d 0,2383
δ 0,7379
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
A1a_ RD_H60_T17 - murette 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 1267,5 80,34
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1a_ RD_H60_T17 - Murette 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	500	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	500 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	172,90	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	1267,50	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

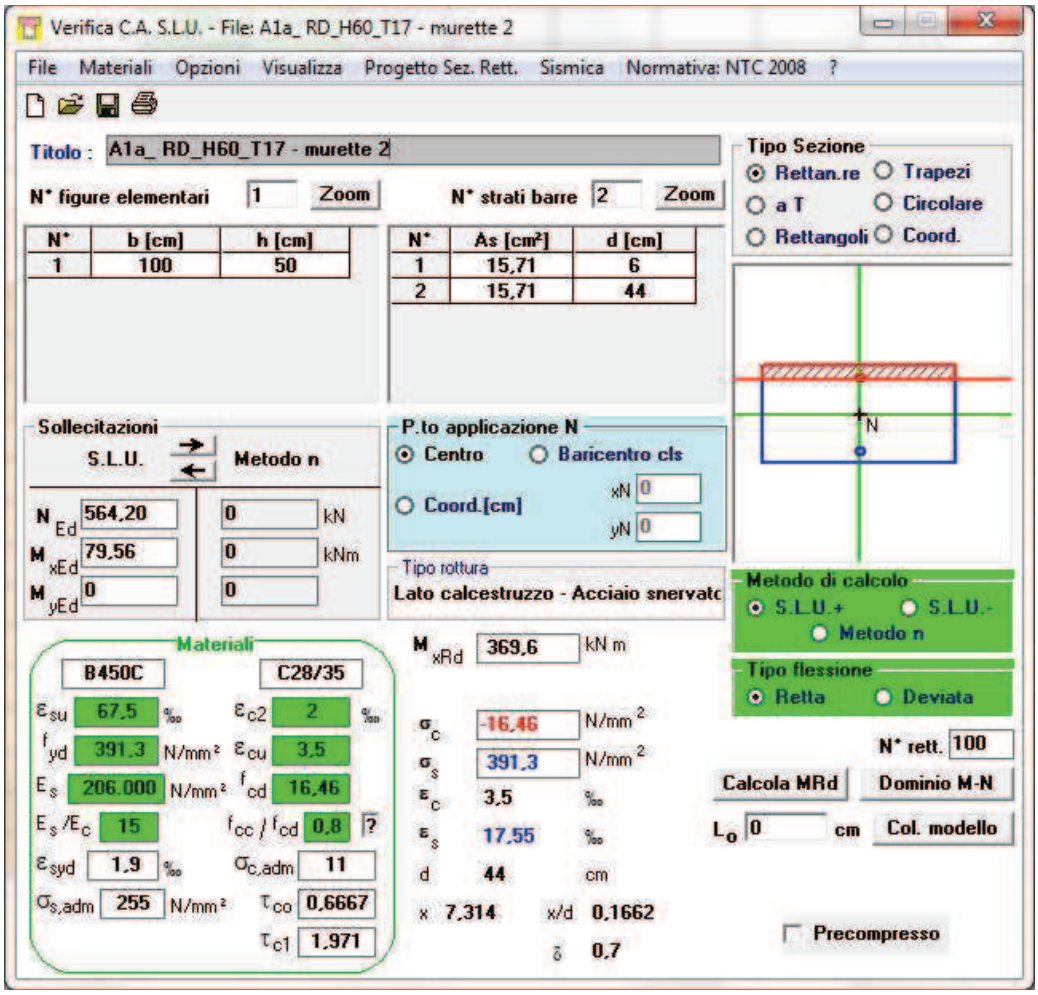
Tensione media di compressione	σ_{cp}	2,535	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,160	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 044	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	1 396	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 044	[kN]

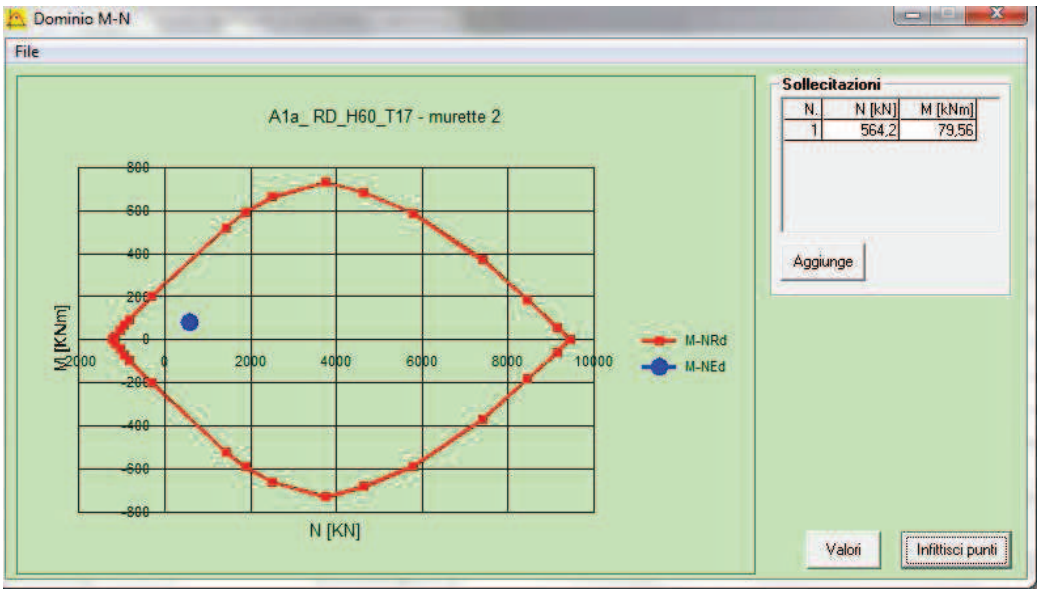
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 6,038

V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1a_ RD_H60_T17 - murette 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_ RD_H60_T17 - murette 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 564,20 0 kN
M xEd 79,56 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 369,6 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 17,55 ‰
d 44 cm
x 7,314 x/d 0,1662
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1a_ RD_H60_T17 - murette 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 564,2 79,56
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1a_ RD_H60_T17 - Murette 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	500	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	500 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	374,40	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	564,20	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

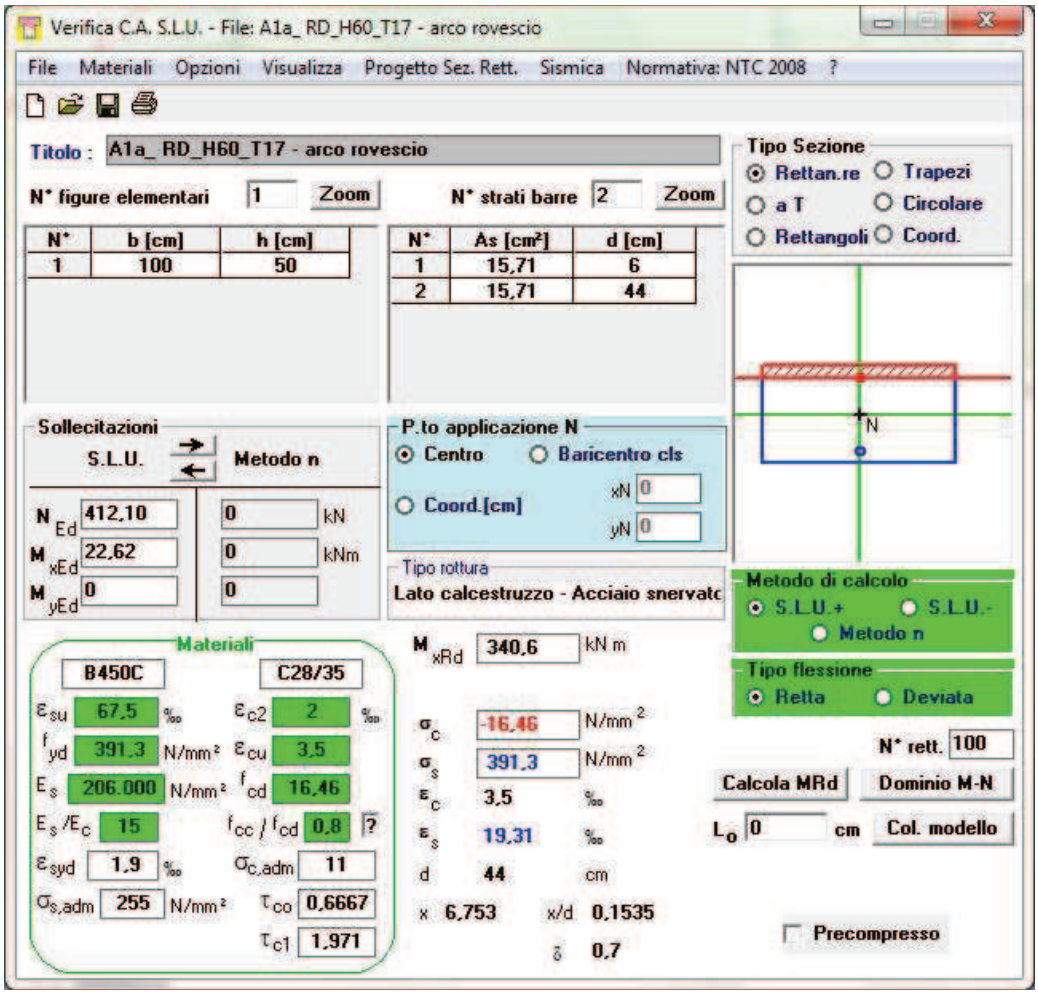
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,128	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,071	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 044	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	1 289	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 044	[kN]

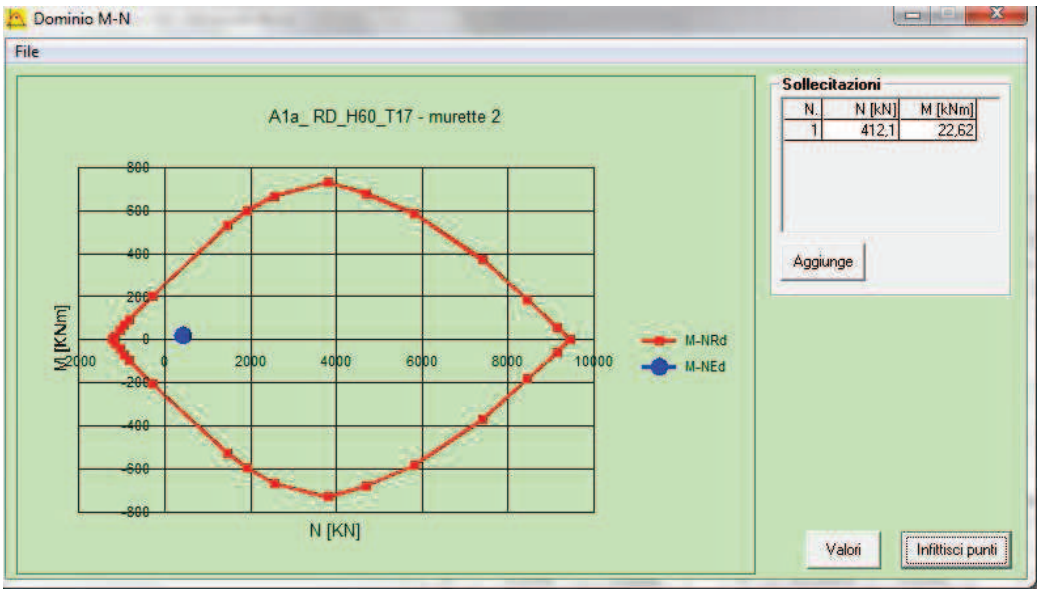
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 2,788

V_{Rd} > V_{Ed} — VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1a_ RD_H60_T17 - arco rovescio
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1a_ RD_H60_T17 - arco rovescio
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 412,10 0 kN
M xEd 22,62 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 340,6 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 19,31 ‰
d 44 cm
x 6,753 x/d 0,1535
δ 0,7
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
A1a_ RD_H60_T17 - murette 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 412,1 22,62
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1a_ RD_H60_T17 - Arco rovescio

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	500	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	500 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	20,40	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	412,10	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00714	[-]
	k	1,67	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0,824	[N/mm²]
	v_{min}	0,40	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	230,92	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	294,31	[kN]

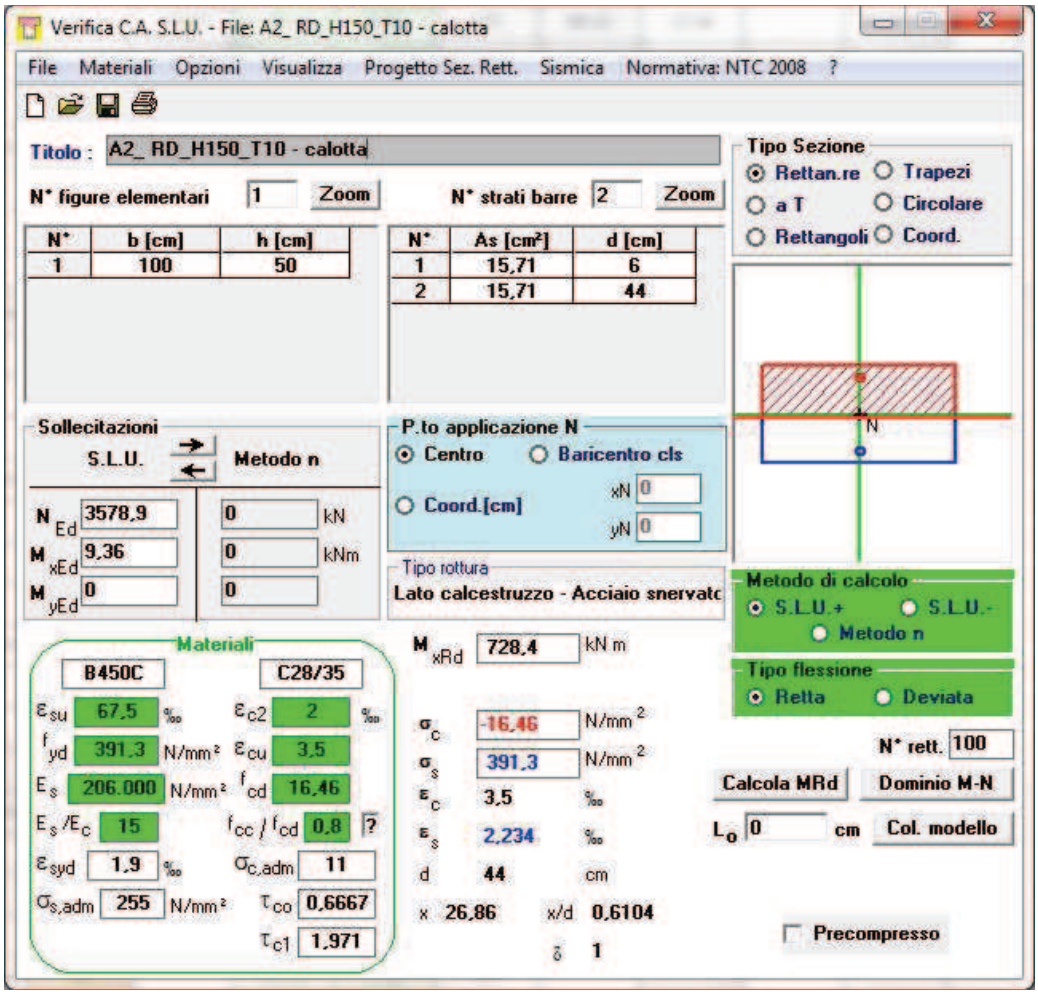
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 14,427 > 1

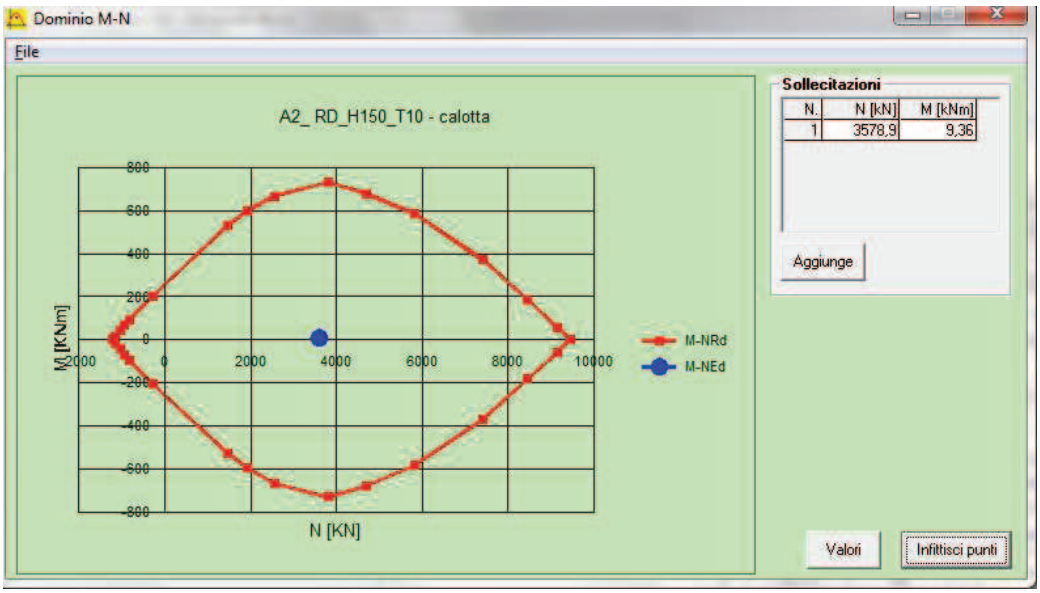
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A2_ RD_H150_T10 - calotta
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A2_ RD_H150_T10 - calotta
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
N
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 3578,9 0 kN
M xEd 9,36 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 728,4 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 2,234 ‰
d 44 cm
x 26,86 x/d 0,6104
δ 1
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A2_ RD_H150_T10 - calotta
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 3578,9 9,36
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A2_ RD_H150_T10 - Calotta

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	500	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	500 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	1,20	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	3578,90	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00714	[-]
	k	1,67	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	3,173	[N/mm²]
	v_{min}	0,40	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	385,97	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	449,36	[kN]

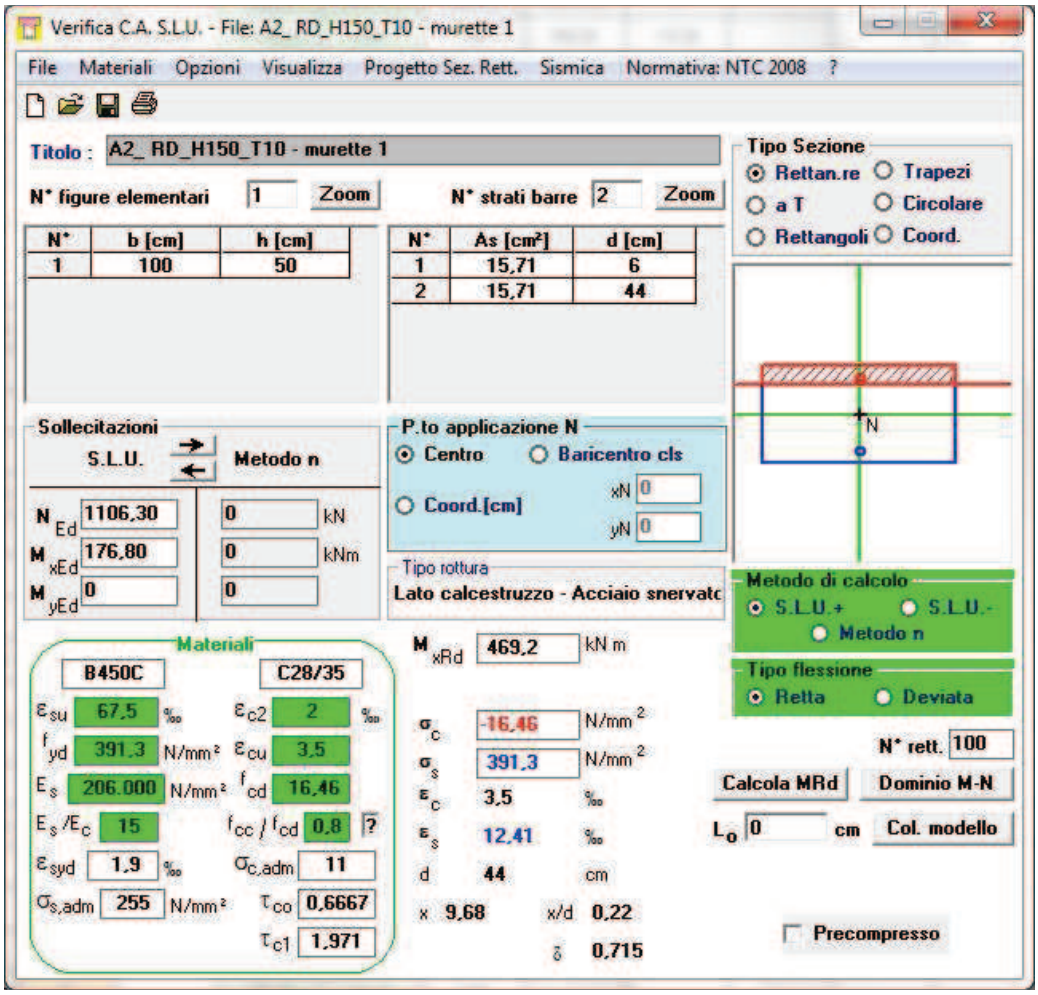
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔374,464 > 1

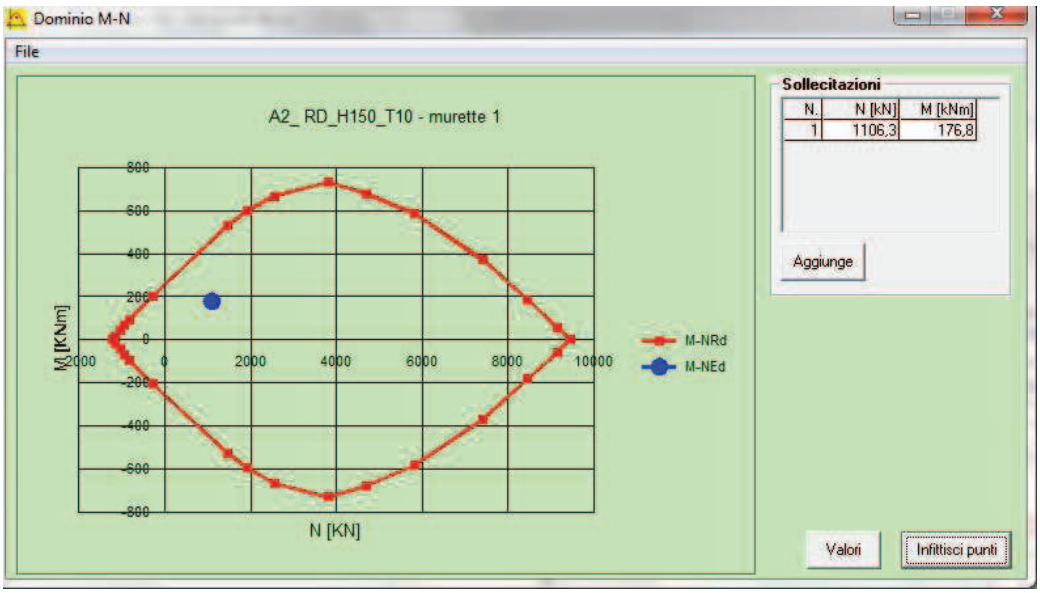
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A2_ RD_H150_T10 - murette 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A2_ RD_H150_T10 - murette 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 1106,30 0 kN
M xEd 176,80 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 469,2 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 12,41 ‰
d 44 cm
x 9,68 x/d 0,22
δ 0,715
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
A2_ RD_H150_T10 - murette 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 1106,3 176,8
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: A2_ RD_H150_T10 - Murette 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0{,}5 f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	500	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	500 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	874,90	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	1106,30	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

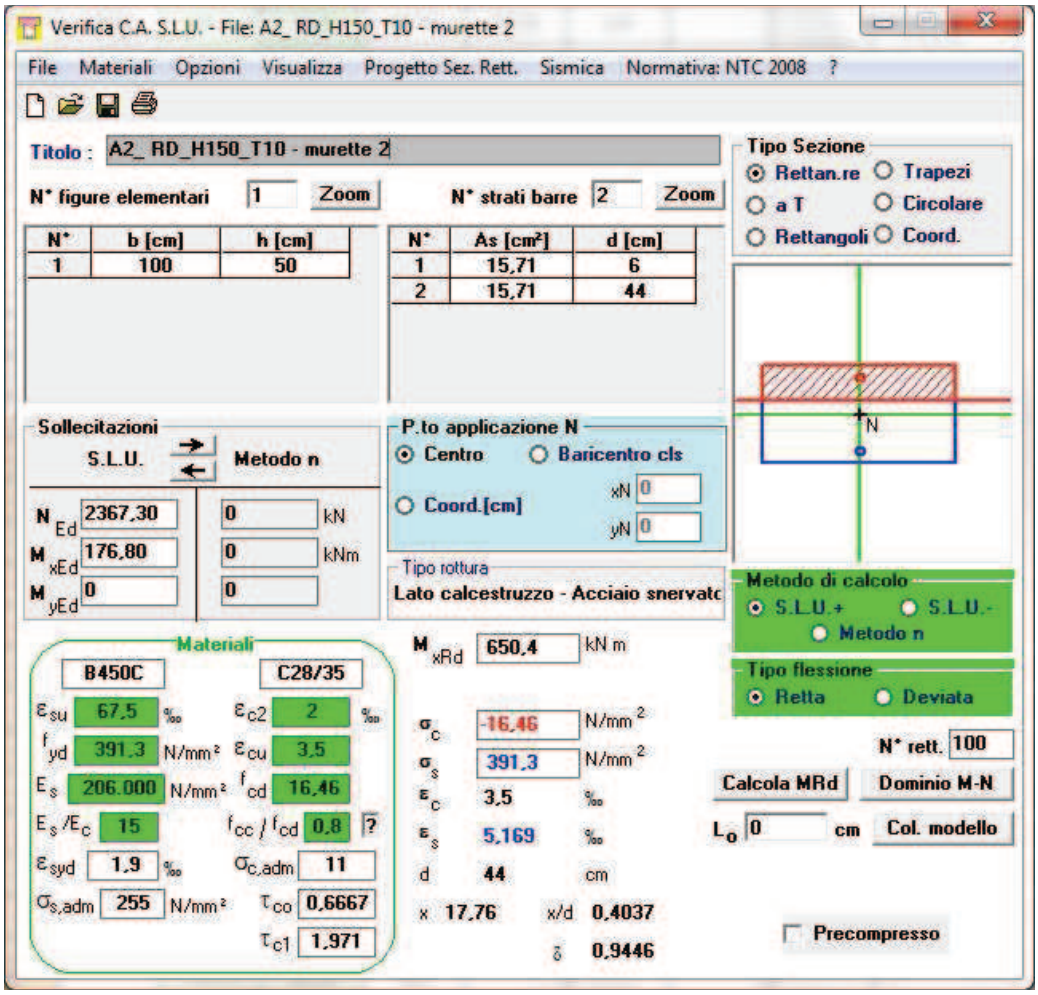
Tensione media di compressione	σ_{cp}	2,213	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,139	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 044	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	1 371	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 044	[kN]

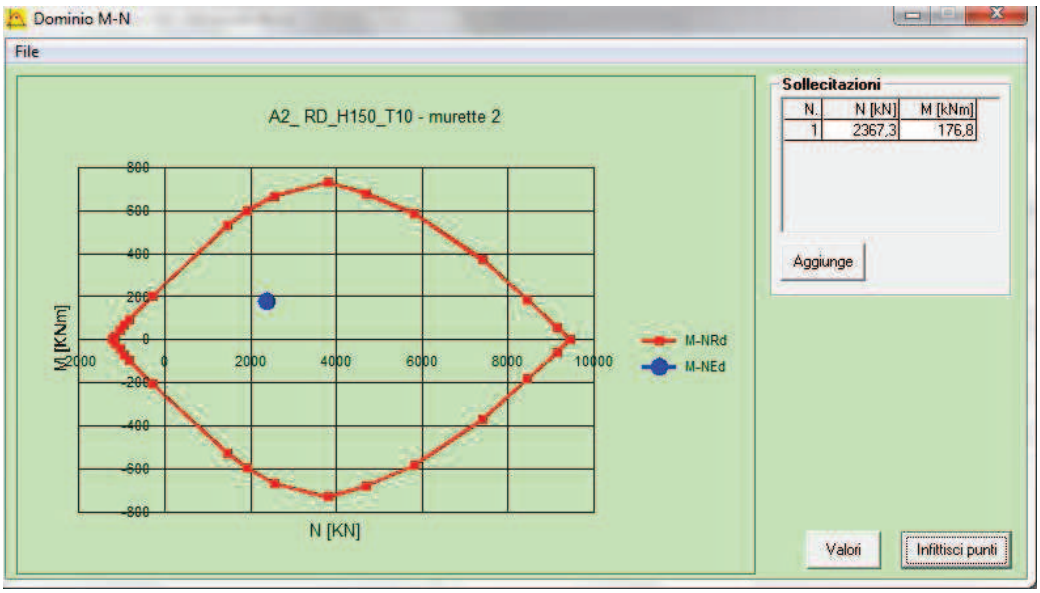
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 1,193

V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0{,}9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\mathrm{ctg}\alpha + \mathrm{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0{,}9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\mathrm{ctg}\alpha + \mathrm{ctg}\theta)/(1 + \mathrm{ctg}^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A2_ RD_H150_T10 - murette 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A2_ RD_H150_T10 - murette 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 2367,30 0 kN
M xEd 176,80 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 650,4 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 5,169 ‰
d 44 cm
x 17,76 x/d 0,4037
δ 0,9446
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A2_ RD_H150_T10 - murette 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 2367,3 176,8
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: A2_ RD_H150_T10 - Murette 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	500	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	500 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	250,90	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	2367,30	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

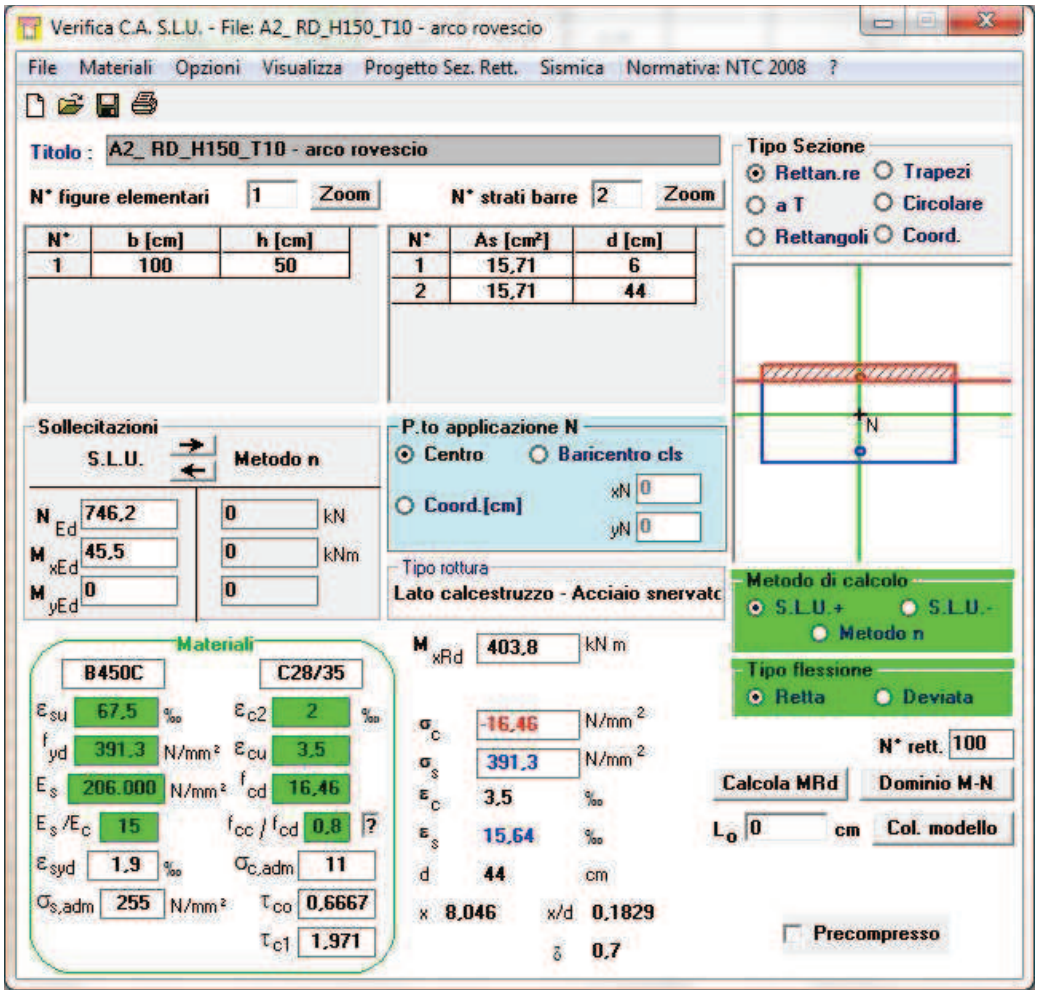
Tensione media di compressione	σ_{cp}	4,735	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,250	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 044	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	1 504	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 044	[kN]

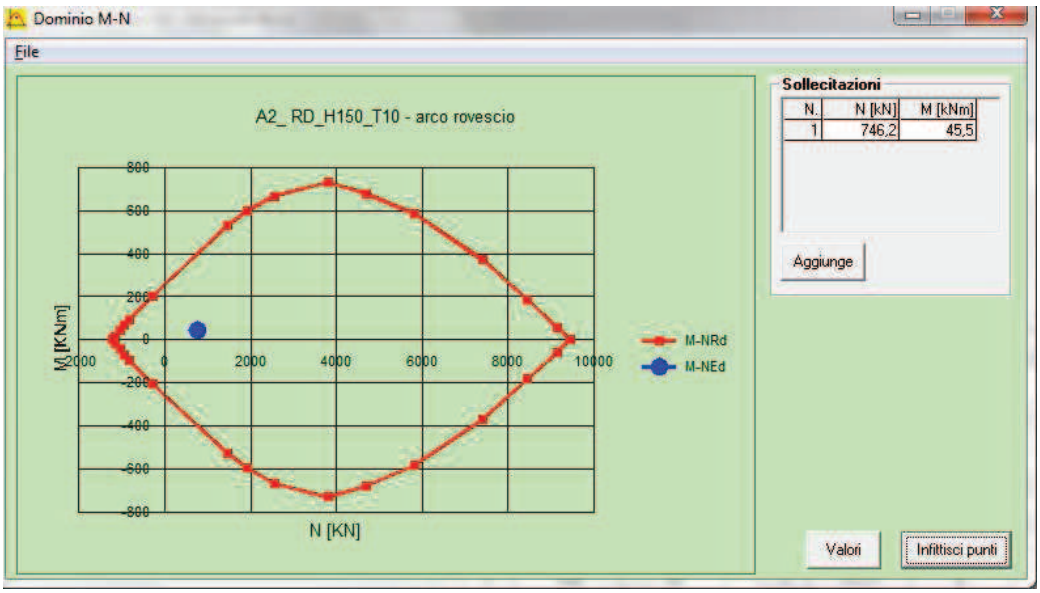
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 4,161

V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A2_ RD_H150_T10 - arco rovescio
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A2_ RD_H150_T10 - arco rovescio
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 50
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 44
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 746,2 0 kN
M xEd 45,5 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 403,8 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 15,64 ‰
d 44 cm
x 8,046 x/d 0,1829
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
A2_ RD_H150_T10 - arco rovescio
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 746,2 45,5
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A2_ RD_H150_T10 - Arco rovescio

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	500	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	440	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	500 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	13,20	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	746,20	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00714	[-]
	k	1,67	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,492	[N/mm²]
	v_{min}	0,40	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	275,03	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	338,41	[kN]

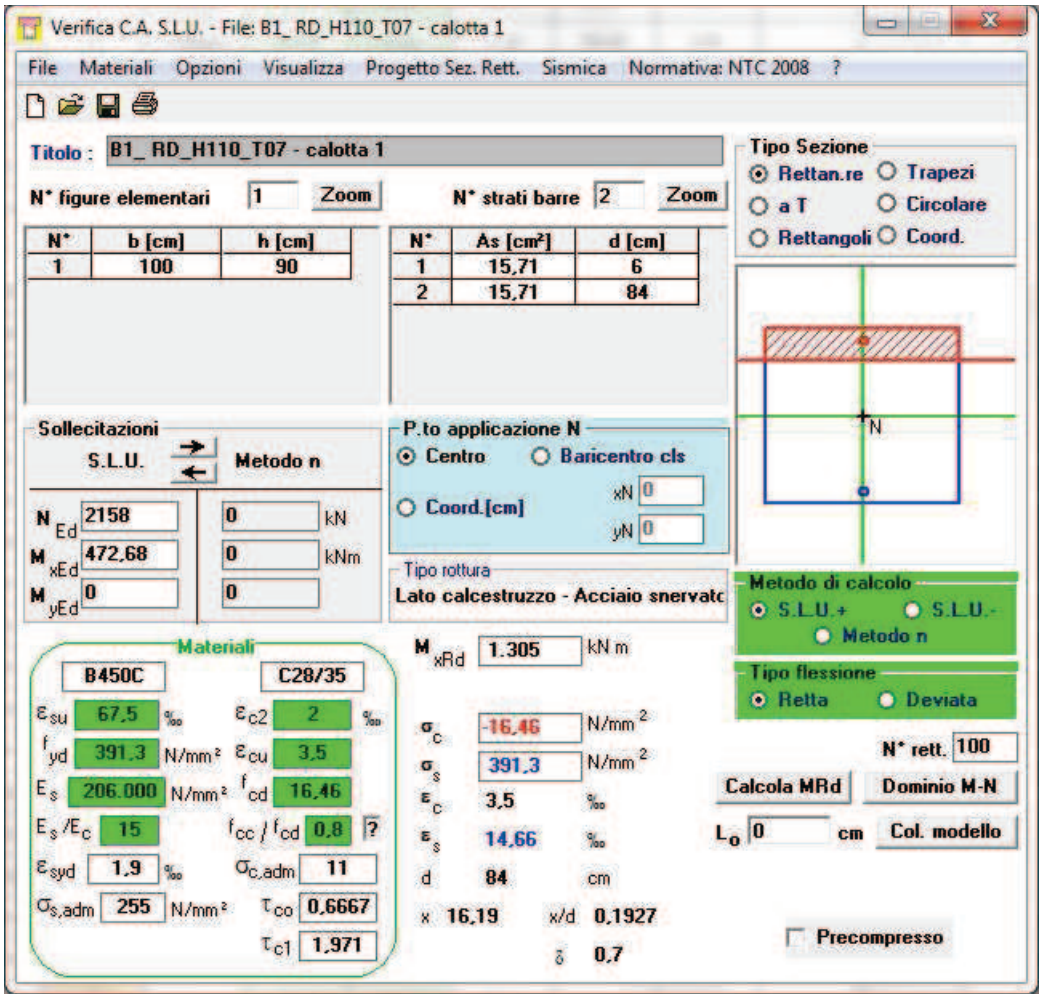
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 25,637 > 1

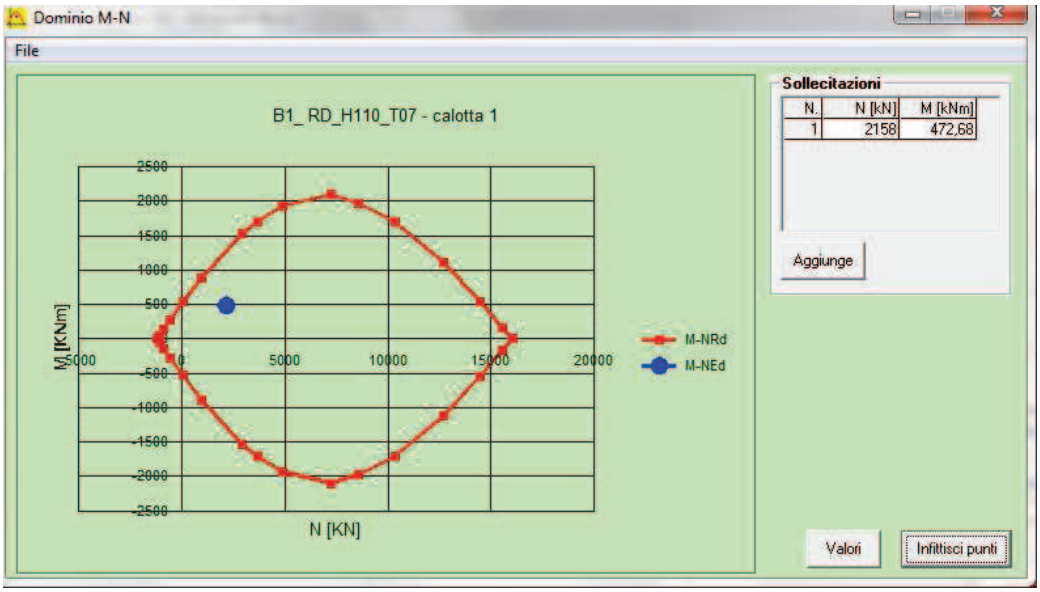
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1_ RD_H110_T07 - calotta 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1_ RD_H110_T07 - calotta 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 2158 0 kN
M xEd 472,68 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C
ε su 67,5 ‰
f yd 391,3 N/mm²
E s 206.000 N/mm²
E s /E c 15
ε syd 1,9 ‰
σ s,adm 255 N/mm²
C28/35
ε c2 2 ‰
ε cu 3,5
f cd 16,46
f cc / f cd 0,8 ?
σ c,adm 11
τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.305 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 14,66 ‰
d 84 cm
x 16,19 x/d 0,1927
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L o 0 cm
Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
B1_ RD_H110_T07 - calotta 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 2158 472,68
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1_RD_H110_T07 - Calotta 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	19,70	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	2158,00	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	2,398	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	584,48	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	630,26	[kN]

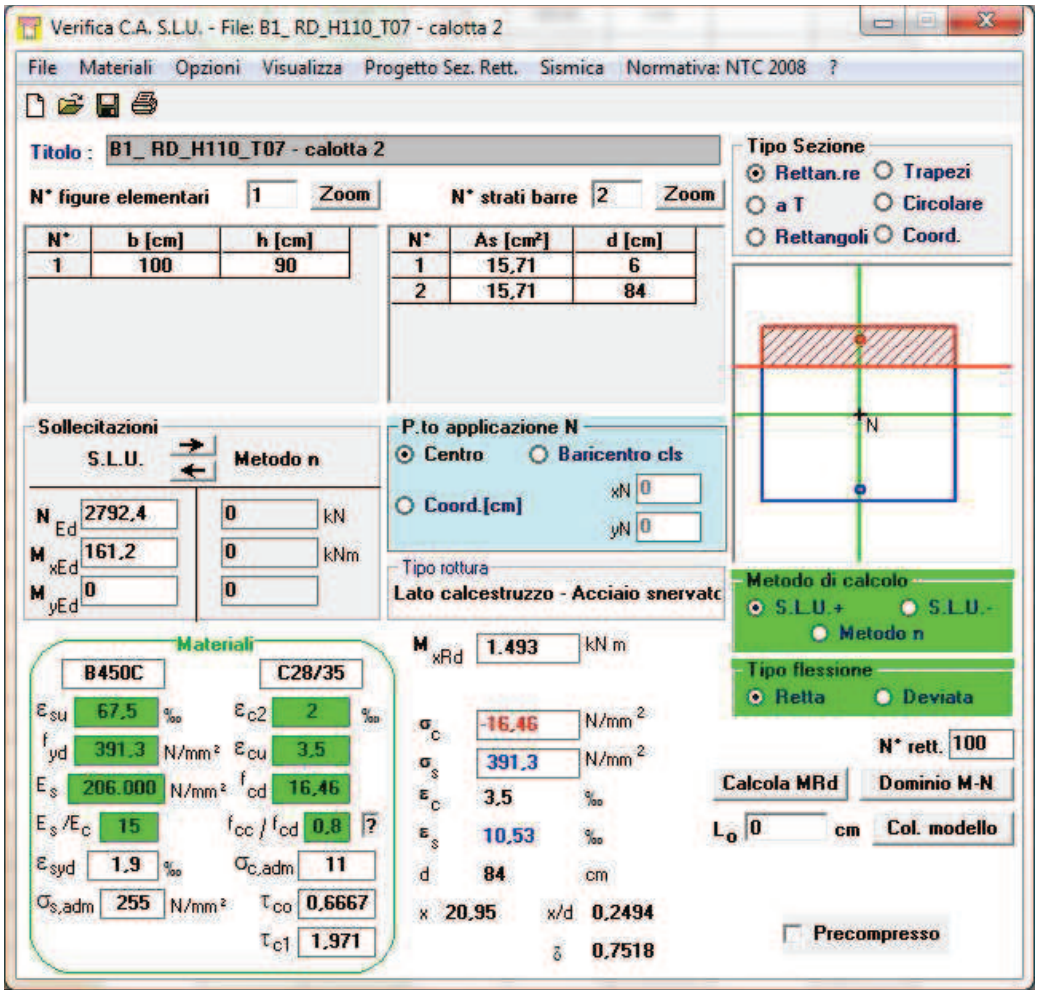
V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 31,993 > 1

$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1_ RD_H110_T07 - calotta 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1_ RD_H110_T07 - calotta 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 2792,4 0 kN
M xEd 161,2 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.493 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 10,53 ‰
d 84 cm
x 20,95 x/d 0,2494
δ 0,7518
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N
Dominio M-N
File
B1_ RD_H110_T07 - calotta 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 2792,4 161,2
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1_RD_H110_T07 - Calotta 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	33,50	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	2792,40	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	3,103	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	673,30	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	719,08	[kN]

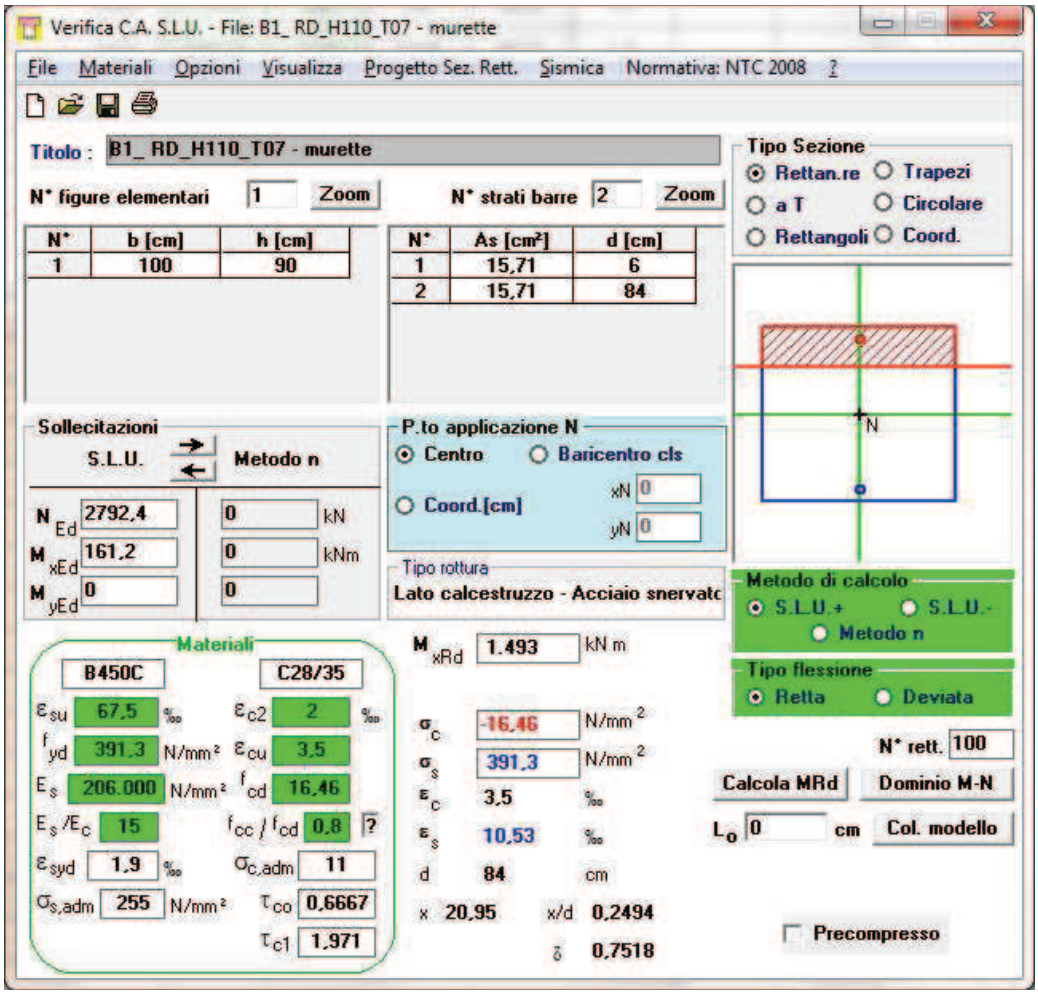
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 21,465 > 1

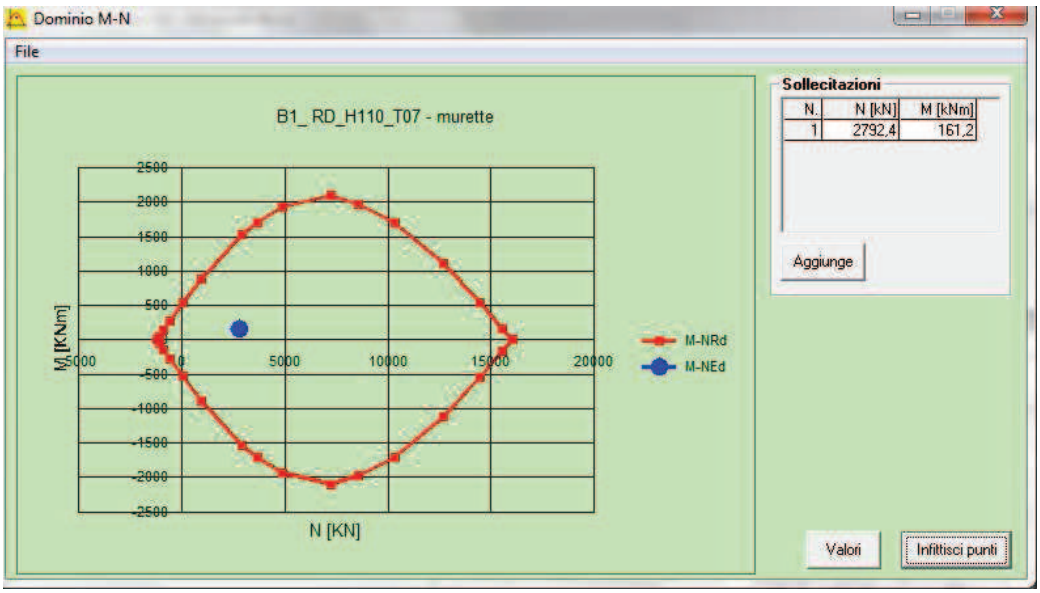
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1_ RD_H110_T07 - murette
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1_ RD_H110_T07 - murette
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 2792,4 0 kN
M xEd 161,2 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.493 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 10,53 ‰
d 84 cm
x 20,95 x/d 0,2494
δ 0,7518
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
B1_ RD_H110_T07 - murette
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 2792,4 161,2
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1_RD_H110_T07 - Murette

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	900	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	900 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	322,40	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	1671,80	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

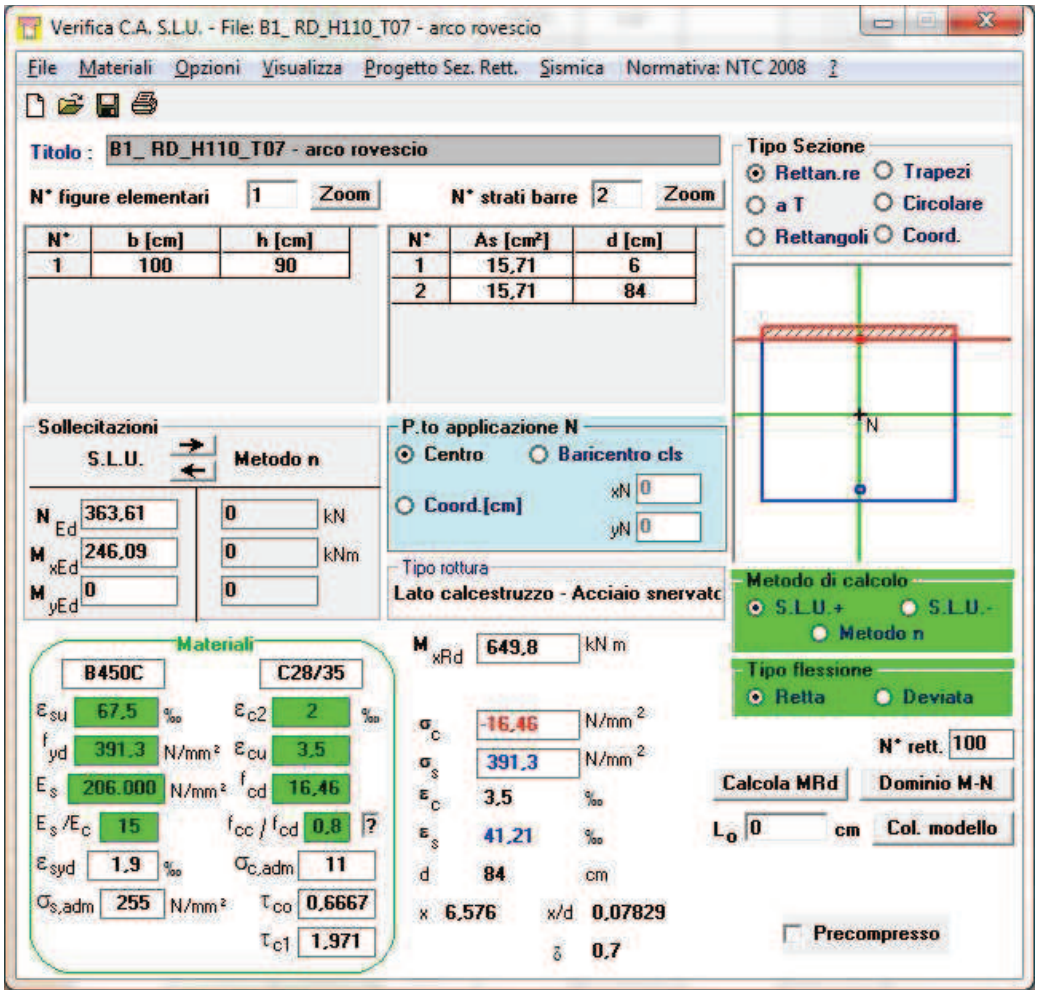
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,858	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,117	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 993	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	2 566	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 993	[kN]

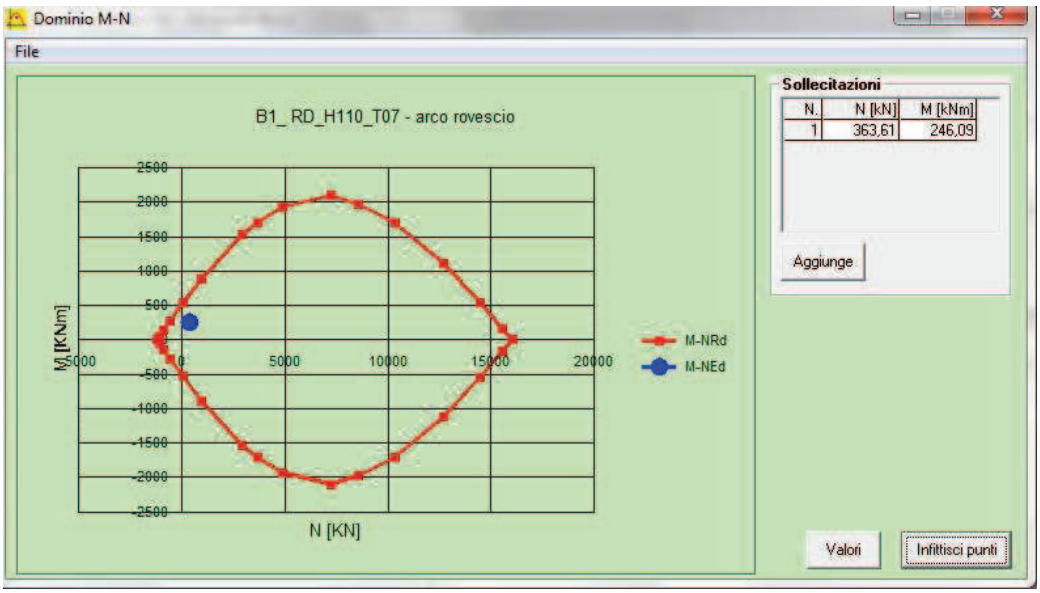
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 6,182

V_{Rd} > V_{Ed} — VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1_ RD_H110_T07 - arco rovescio
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1_ RD_H110_T07 - arco rovescio
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 363,61 0 kN
M xEd 246,09 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 649,8 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 41,21 ‰
d 84 cm
x 6,576 x/d 0,07829
δ 0,7
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
B1_ RD_H110_T07 - arco rovescio
M [KNm]
N [KN]
2500
2000
1500
1000
500
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-5000
0
5000
10000
15000
20000
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 363,61 246,09
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1_RD_H110_T07 - Arco rovescio

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	5,10	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	363,60	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0,404	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	333,27	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	379,04	[kN]

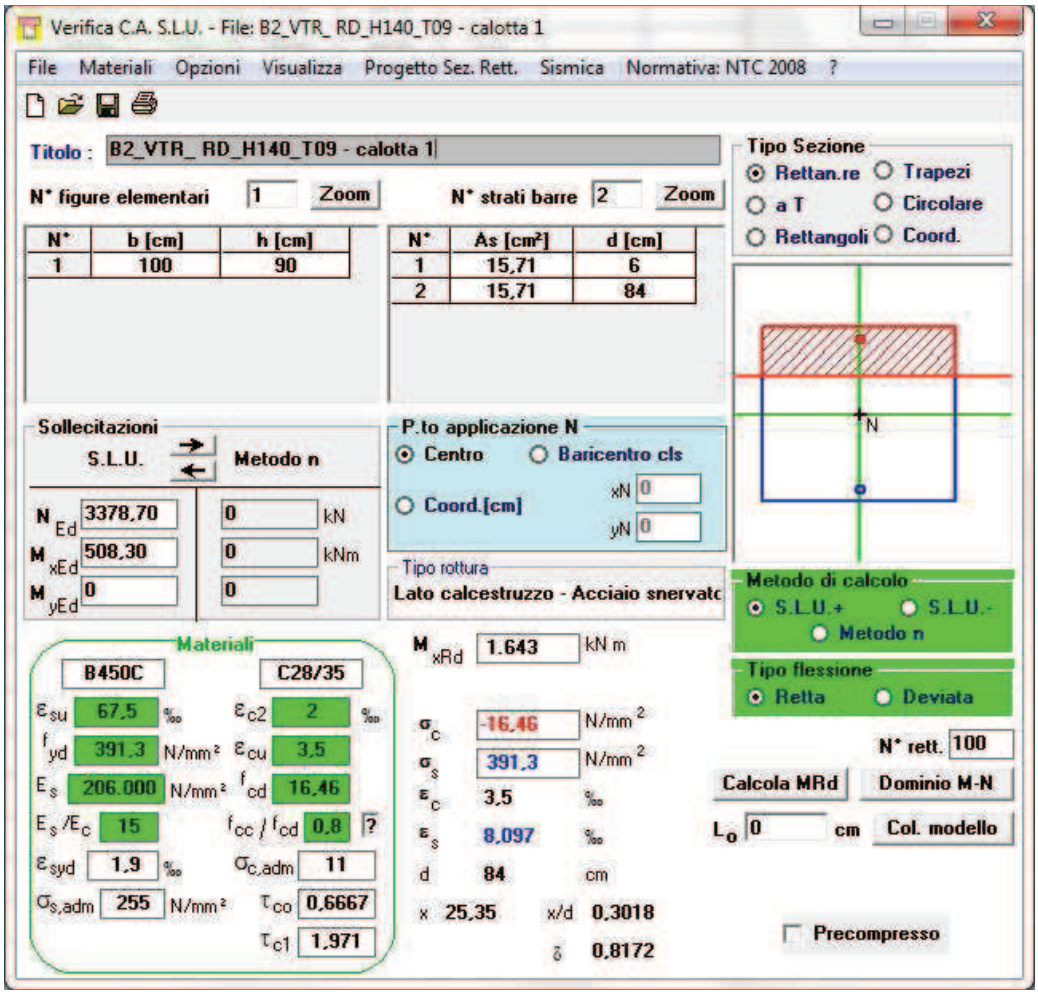
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 74,322 > 1

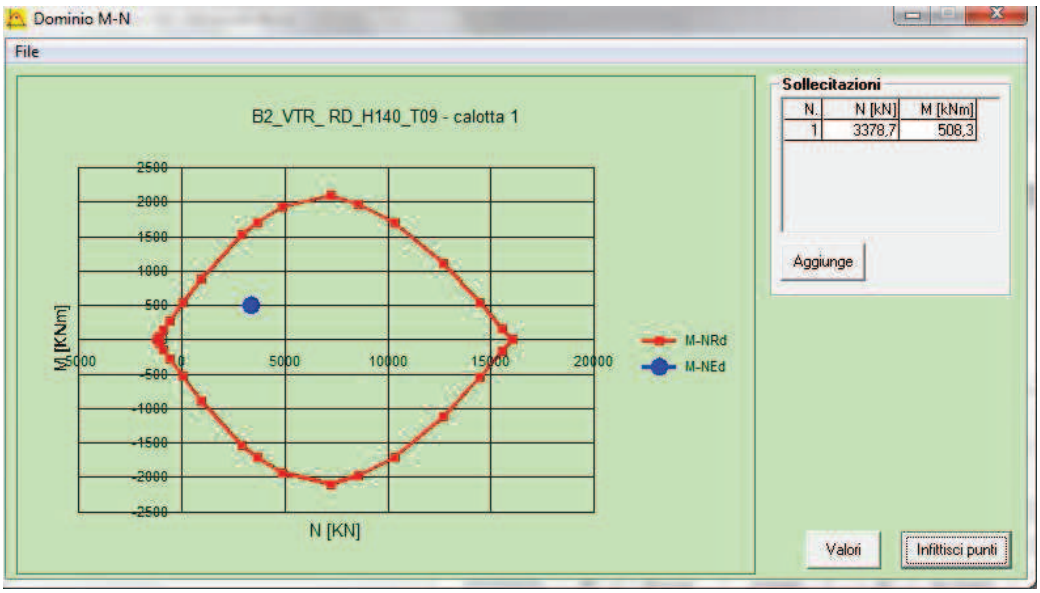
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B2_VTR_ RD_H140_T09 - calotta 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B2_VTR_ RD_H140_T09 - calotta 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 3378,70 0 kN
M xEd 508,30 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.643 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 8,097 ‰
d 84 cm
x 25,35 x/d 0,3018
δ 0,8172
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
B2_VTR_ RD_H140_T09 - calotta 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 3378,7 508,3
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B2_VTR_RD_H140_T09 - Calotta 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	13,39	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	3378,70	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	3,173	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	682,20	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	727,98	[kN]

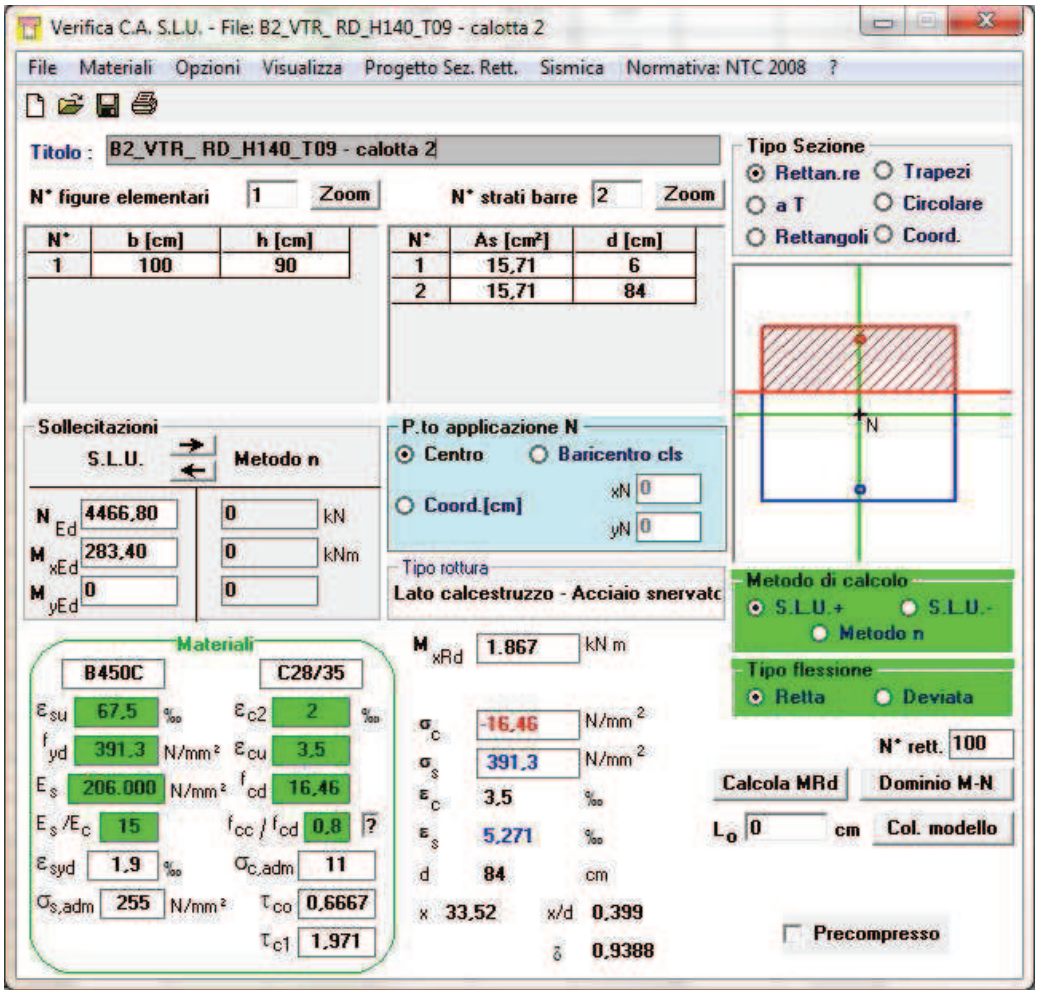
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 54,367 > 1

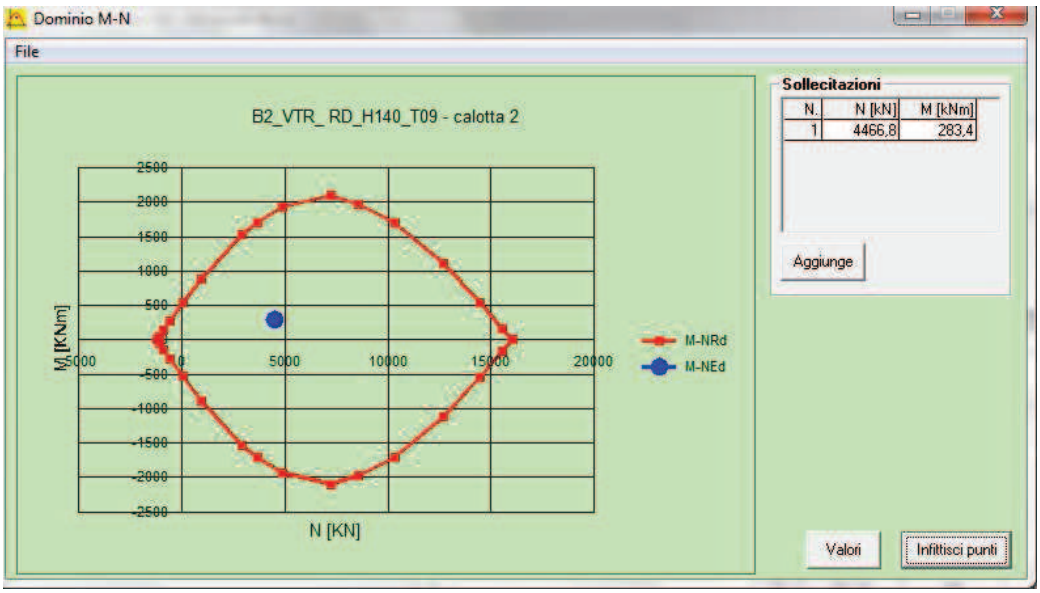
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B2_VTR_ RD_H140_T09 - calotta 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B2_VTR_ RD_H140_T09 - calotta 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
N
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 4466,80 0 kN
M xEd 283,40 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.867 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 5,271 ‰
d 84 cm
x 33,52 x/d 0,399
δ 0,9388
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
B2_VTR_ RD_H140_T09 - calotta 2
M [KNm]
N [KN]
2500
2000
1500
1000
500
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-5000
0
5000
10000
15000
20000
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 4466,8 283,4
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B2_VTR_RD_H140_T09 - Calotta 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	98,80	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	4466,80	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	3,173	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	682,20	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	727,98	[kN]

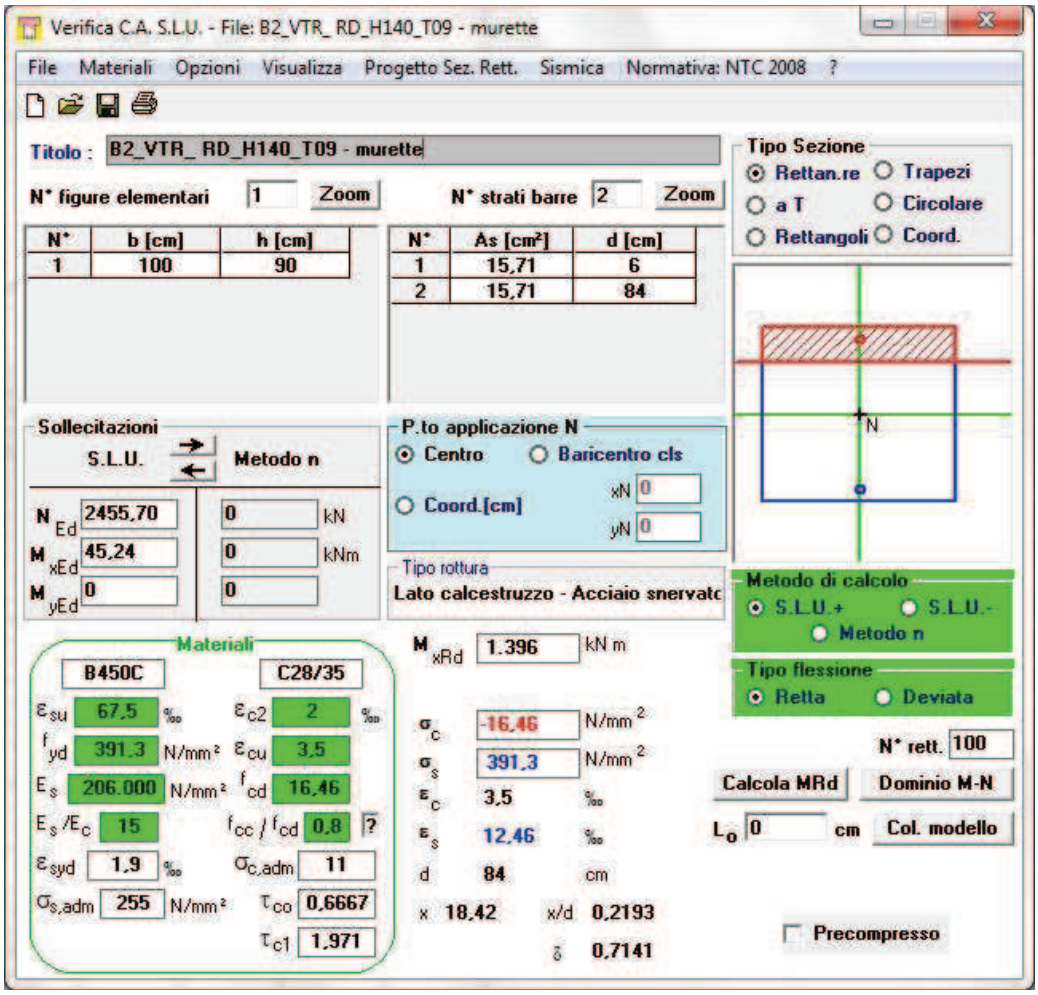
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 7,368 > 1

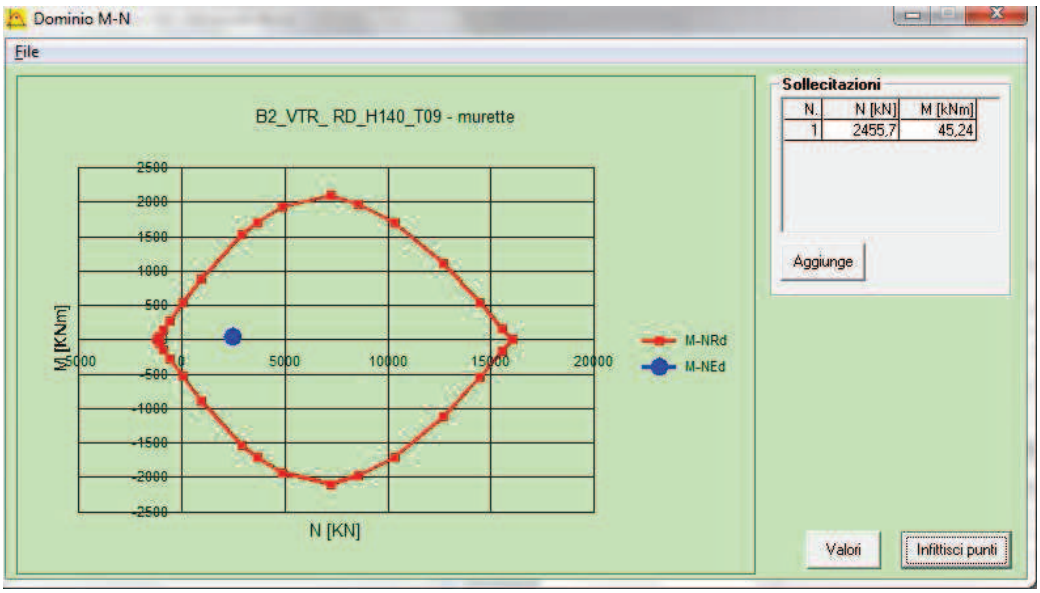
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B2_VTR_ RD_H140_T09 - murette
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B2_VTR_ RD_H140_T09 - murette
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 2455,70 0 kN
M xEd 45,24 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L0 0 cm
Col. modello
Precompresso
Materiali
B450C
ε su 67,5 ‰
f yd 391,3 N/mm²
E s 206.000 N/mm²
E s /E c 15
ε syd 1,9 ‰
σ s,adm 255 N/mm²
C28/35
ε c2 2 ‰
ε cu 3,5
f cd 16,46
f cc / f cd 0,8 ?
σ c,adm 11
τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.396 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 12,46 ‰
d 84 cm
x 18,42 x/d 0,2193
δ 0,7141
N


Dominio M-N
File
B2_VTR_ RD_H140_T09 - murette
M [KNm]
N [KN]
2500
2000
1500
1000
500
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-5000
0
5000
10000
15000
20000
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 2455,7 45,24
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: B2_VTR_RD_H140_T09 - Murette

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	900	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	900 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	487,50	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	2455,70	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

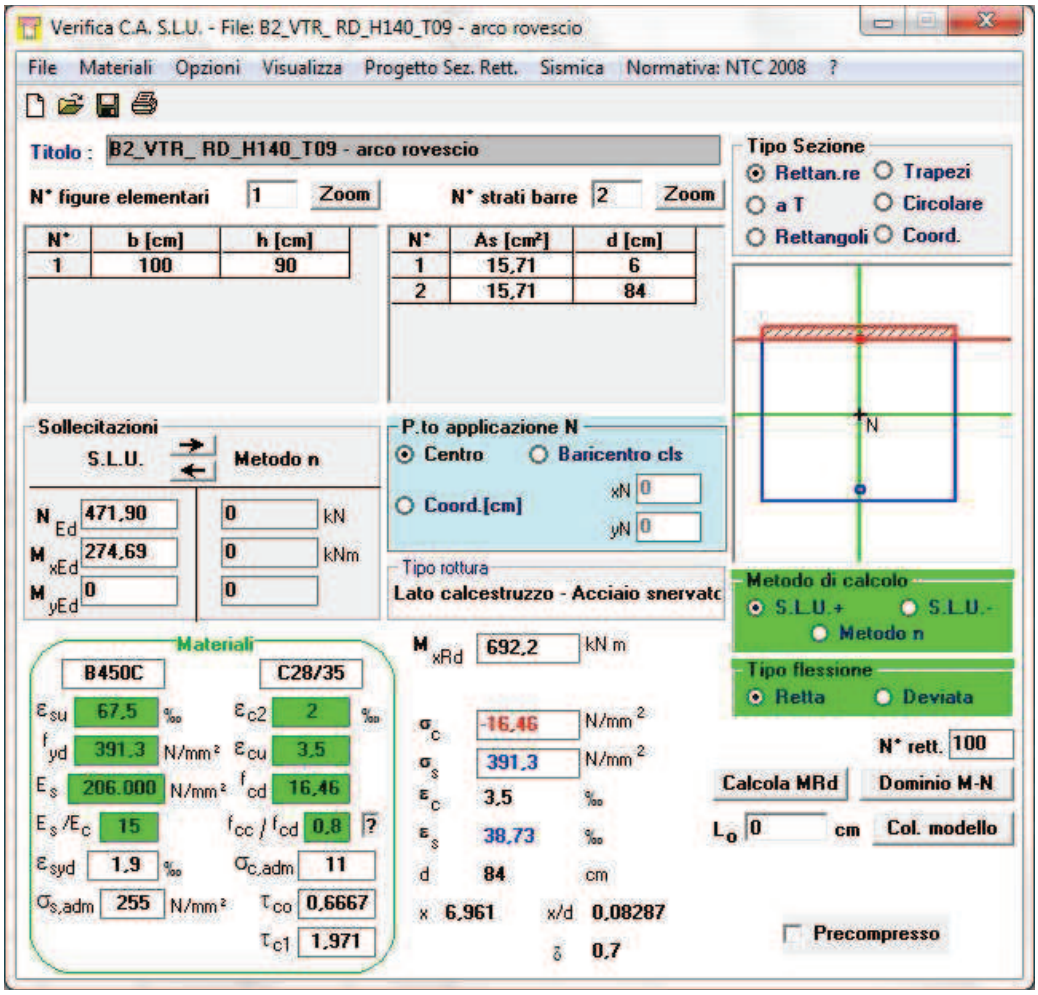
Tensione media di compressione	σ_{cp}	2,729	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,172	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 993	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	2 692	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 993	[kN]

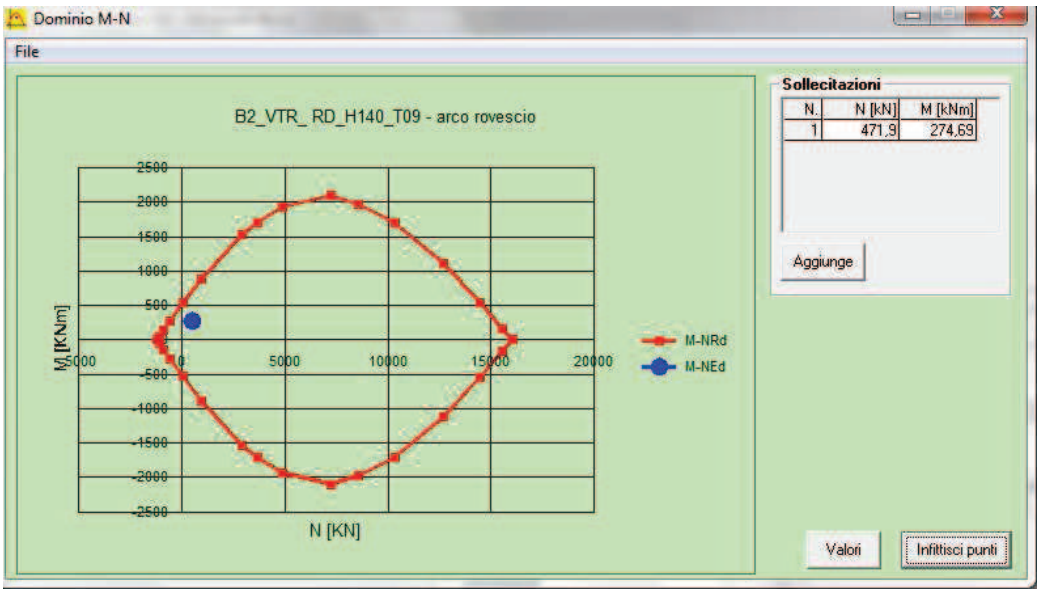
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 4,088

V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B2_VTR_ RD_H140_T09 - arco rovescio
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B2_VTR_ RD_H140_T09 - arco rovescio
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 471,90 0 kN
M xEd 274,69 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 692,2 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 38,73 ‰
d 84 cm
x 6,961 x/d 0,08287
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
B2_VTR_ RD_H140_T09 - arco rovescio
M [KNm]
N [KN]
2500
2000
1500
1000
500
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-5000
0
5000
10000
15000
20000
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 471,9 274,69
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B2_VTR_RD_H140_T09 - Arco rovescio

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	4,29	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	471,90	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0,524	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	348,43	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	394,21	[kN]

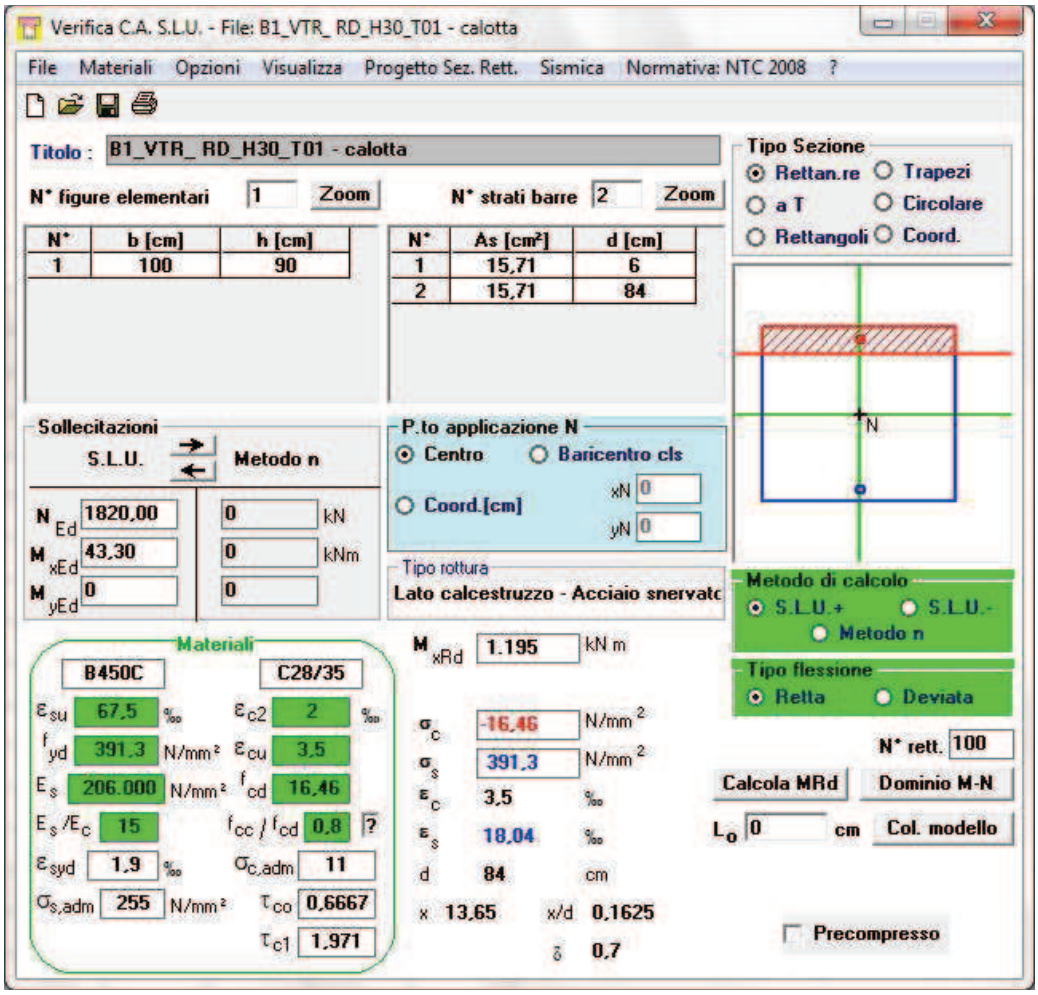
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 91,889 > 1

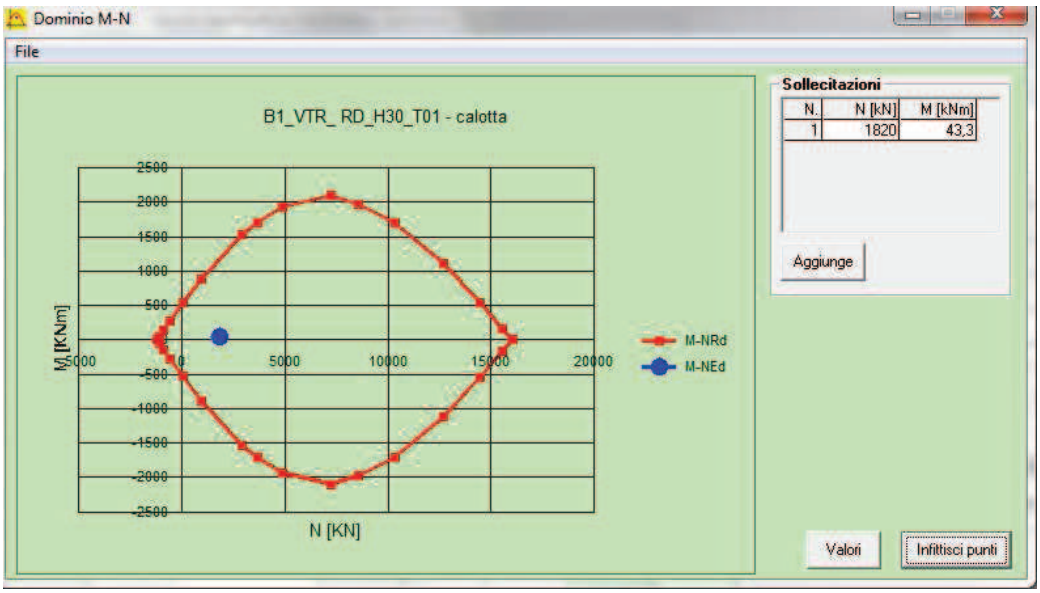
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1_VTR_ RD_H30_T01 - calotta
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1_VTR_ RD_H30_T01 - calotta
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 1820,00 0 kN
M xEd 43,30 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.195 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 18,04 ‰
d 84 cm
x 13,65 x/d 0,1625
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
B1_VTR_ RD_H30_T01 - calotta
M [KNm]
N [KN]
2500
2000
1500
1000
500
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-5000
0
5000
10000
15000
20000
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 1820 43,3
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1_VTR_RD_H30_T01 - Calotta

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	9,06	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	1820,00	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	2,022	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	537,16	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	582,94	[kN]

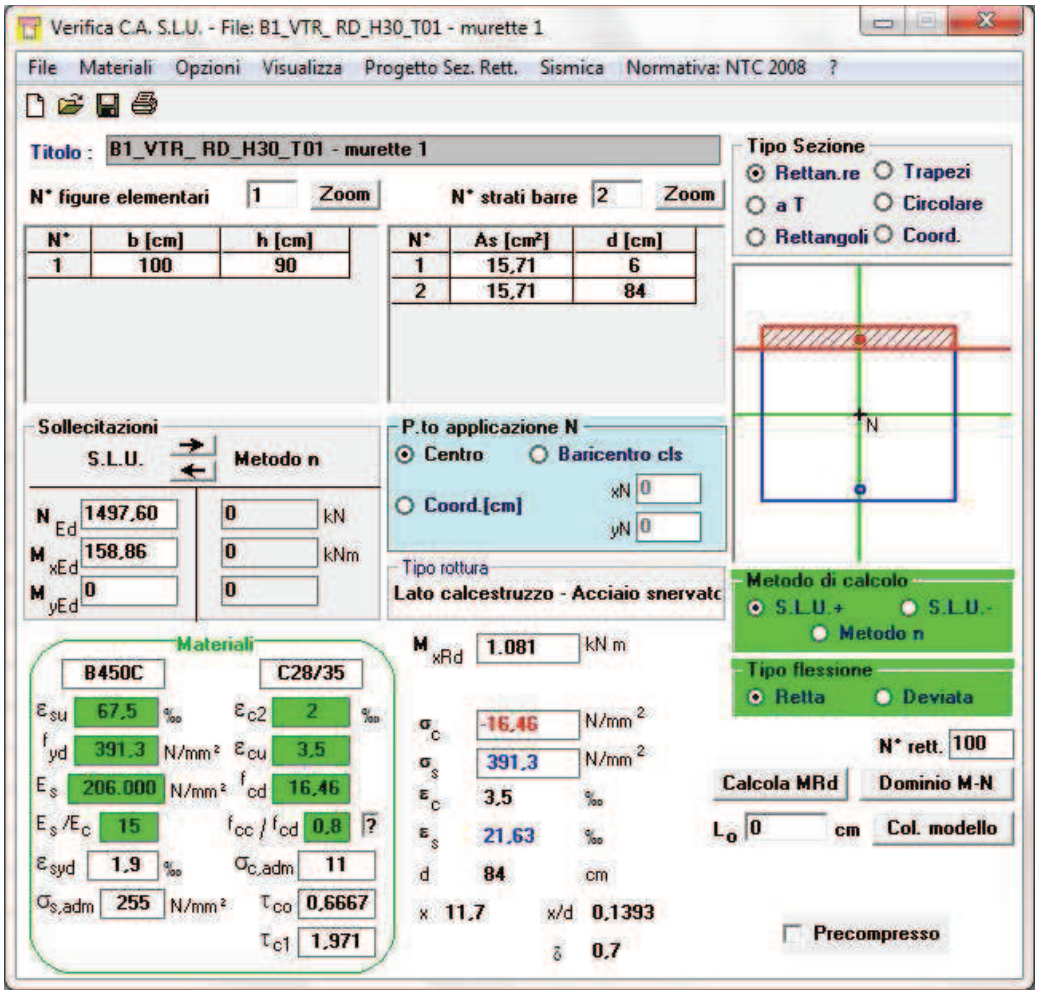
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 64,342 > 1

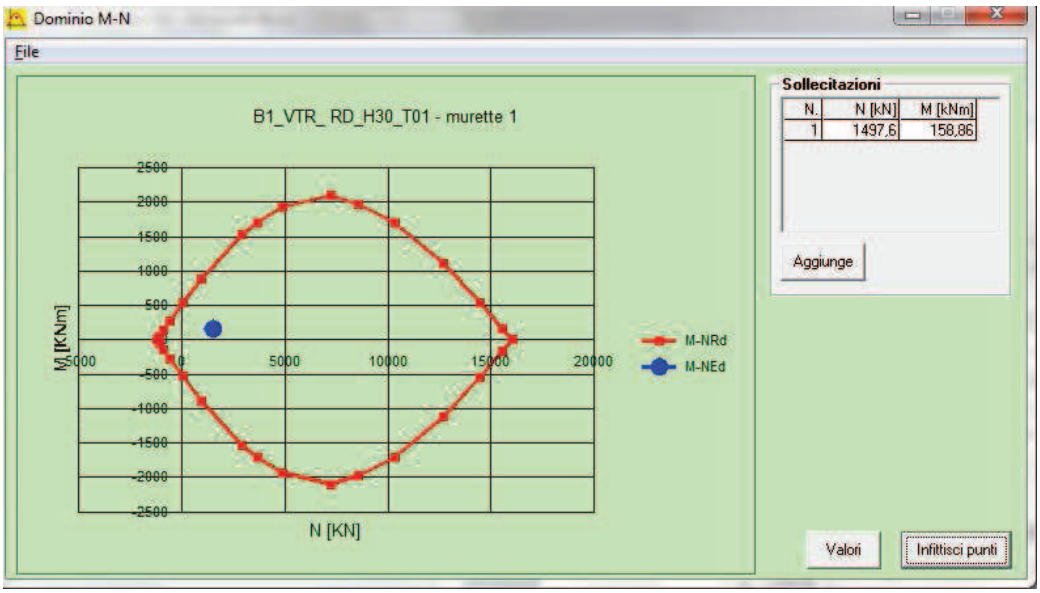
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1_VTR_ RD_H30_T01 - murette 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1_VTR_ RD_H30_T01 - murette 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 1497,60 0 kN
M xEd 158,86 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L0 0 cm
Col. modello
Precompresso
Materiali
B450C
C28/35
ε su 67,5 ‰
f yd 391,3 N/mm²
E s 206.000 N/mm²
E s /E c 15
ε syd 1,9 ‰
σ s,adm 255 N/mm²
ε c2 2 ‰
ε cu 3,5
f cd 16,46
f cc / f cd 0,8
σ c,adm 11
τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.081 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 21,63 ‰
d 84 cm
x 11,7 x/d 0,1393
δ 0,7
N


Dominio M-N
File
B1_VTR_ RD_H30_T01 - murette 1
M [KNm]
N [KN]
2500
2000
1500
1000
500
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-5000
0
5000
10000
15000
20000
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 1497,6 158,86
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1_VTR_RD_H30_T01 - Murette 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	900	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	900 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	4,94	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	1497,60	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

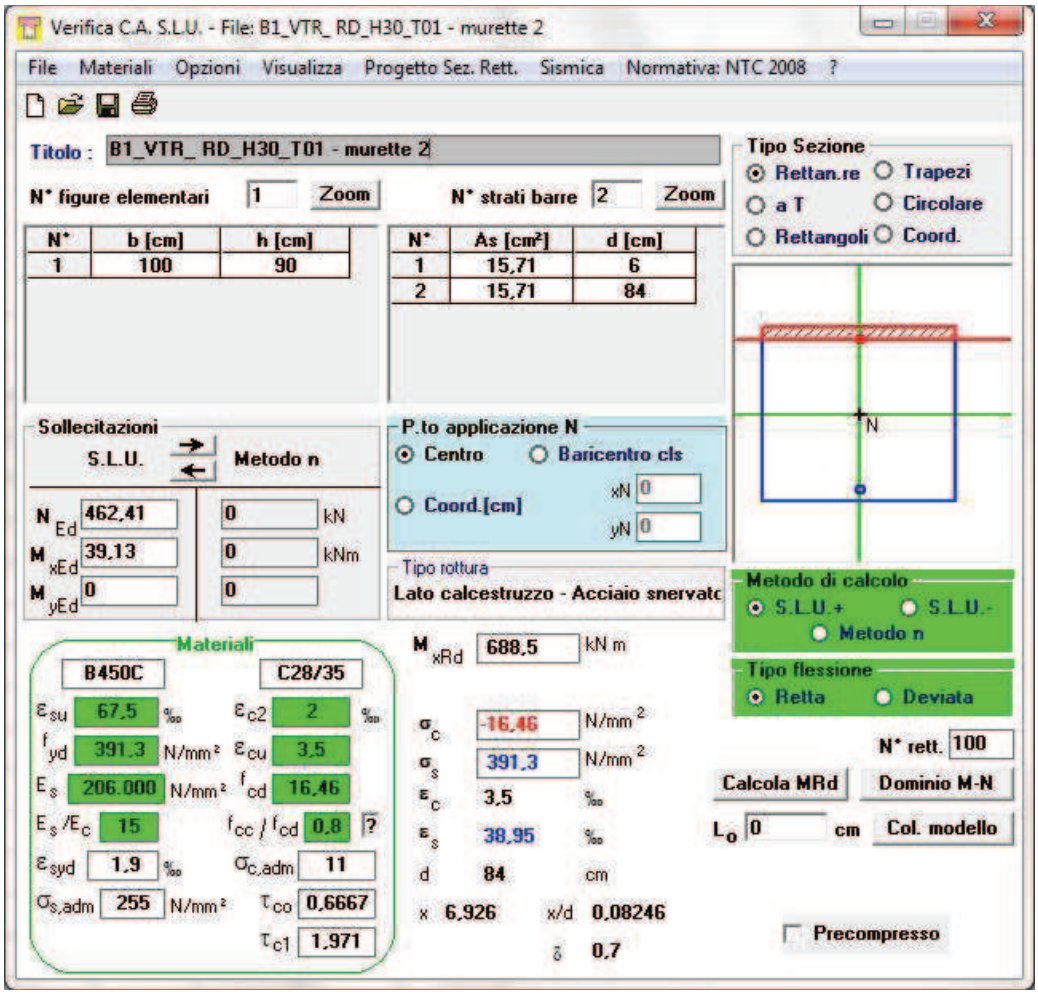
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,664	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,105	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 993	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	2 538	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 993	[kN]

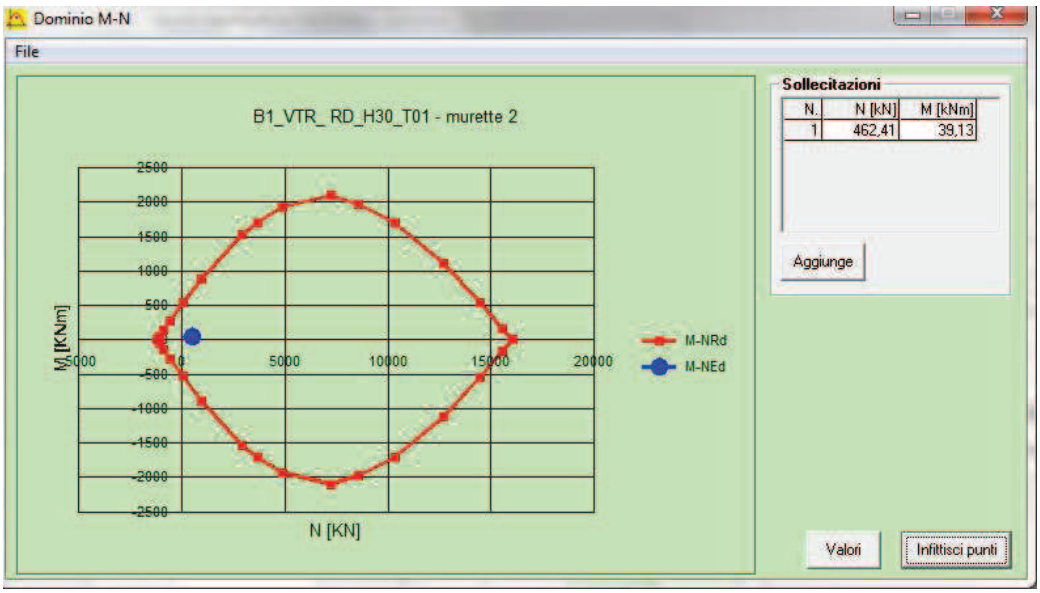
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔403,447

V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1_VTR_ RD_H30_T01 - murette 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1_VTR_ RD_H30_T01 - murette 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 462,41 0 kN
M xEd 39,13 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L0 0 cm
Col. modello
Precompresso
Materiali
B450C
ε su 67,5 ‰
f yd 391,3 N/mm²
E s 206.000 N/mm²
E s /E c 15
ε syd 1,9 ‰
σ s,adm 255 N/mm²
C28/35
ε c2 2 ‰
ε cu 3,5
f cd 16,46
f cc / f cd 0,8
σ c,adm 11
τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 688,5 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 38,95 ‰
d 84 cm
x 6,926 x/d 0,08246
δ 0,7
N


Dominio M-N
File
B1_VTR_ RD_H30_T01 - murette 2
M [KNm]
N [KN]
2500
2000
1500
1000
500
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-5000
0
5000
10000
15000
20000
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 462,41 39,13
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1_VTR_RD_H30_T01 - Murette 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	900	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	900 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	258,00	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	462,40	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

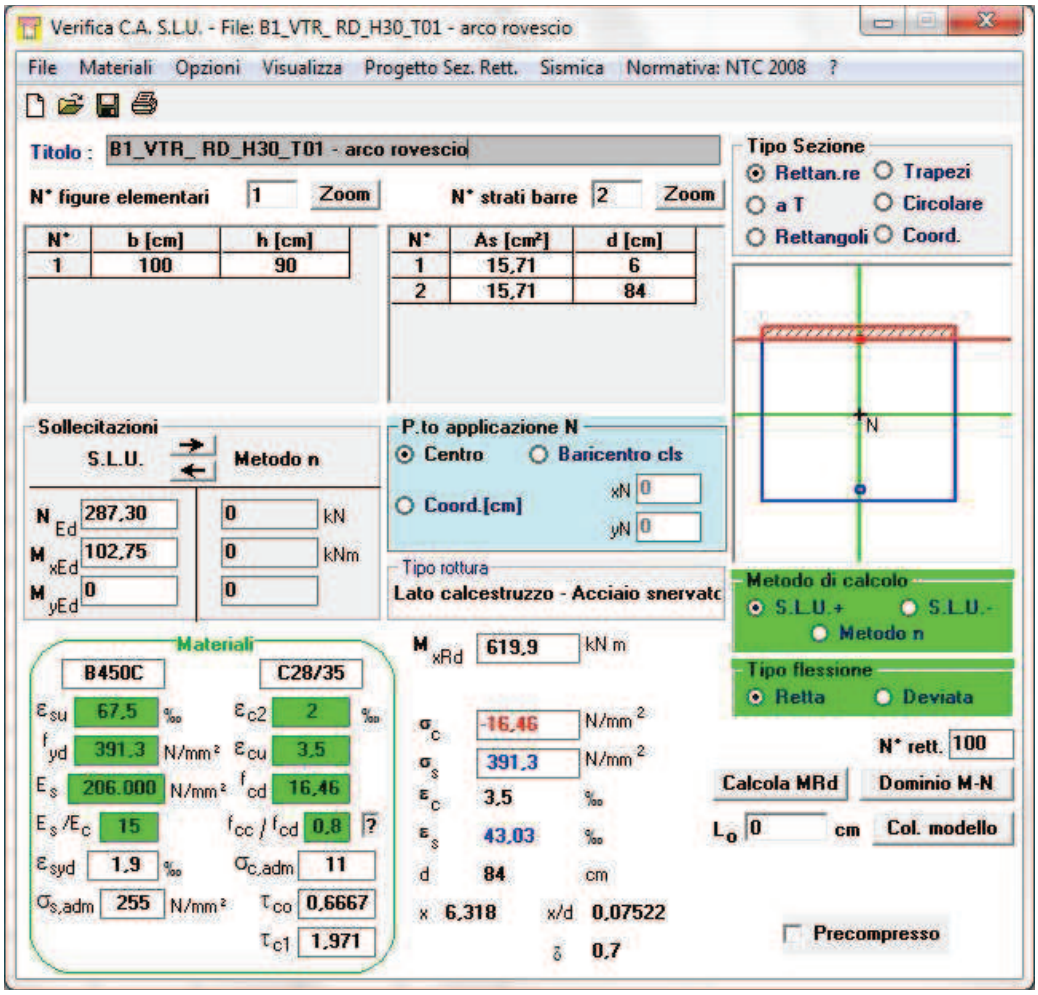
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0,514	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,032	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 993	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	2 372	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 993	[kN]

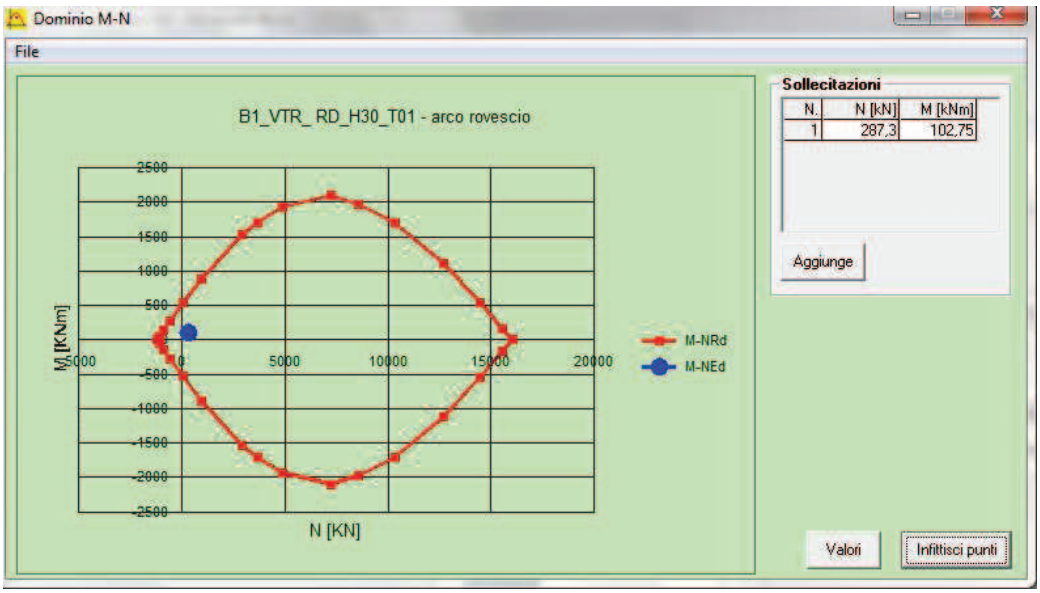
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 7,725

V_{Rd} > V_{Ed} — VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1_VTR_ RD_H30_T01 - arco rovescio
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1_VTR_ RD_H30_T01 - arco rovescio
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 287,30 0 kN
M xEd 102,75 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 619,9 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 43,03 ‰
d 84 cm
x 6,318 x/d 0,07522
δ 0,7
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
B1_VTR_ RD_H30_T01 - arco rovescio
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 287,3 102,75
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1_VTR_RD_H30_T01 - Arco rovescio

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	0,30	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	287,30	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0,319	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	322,59	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	368,36	[kN]

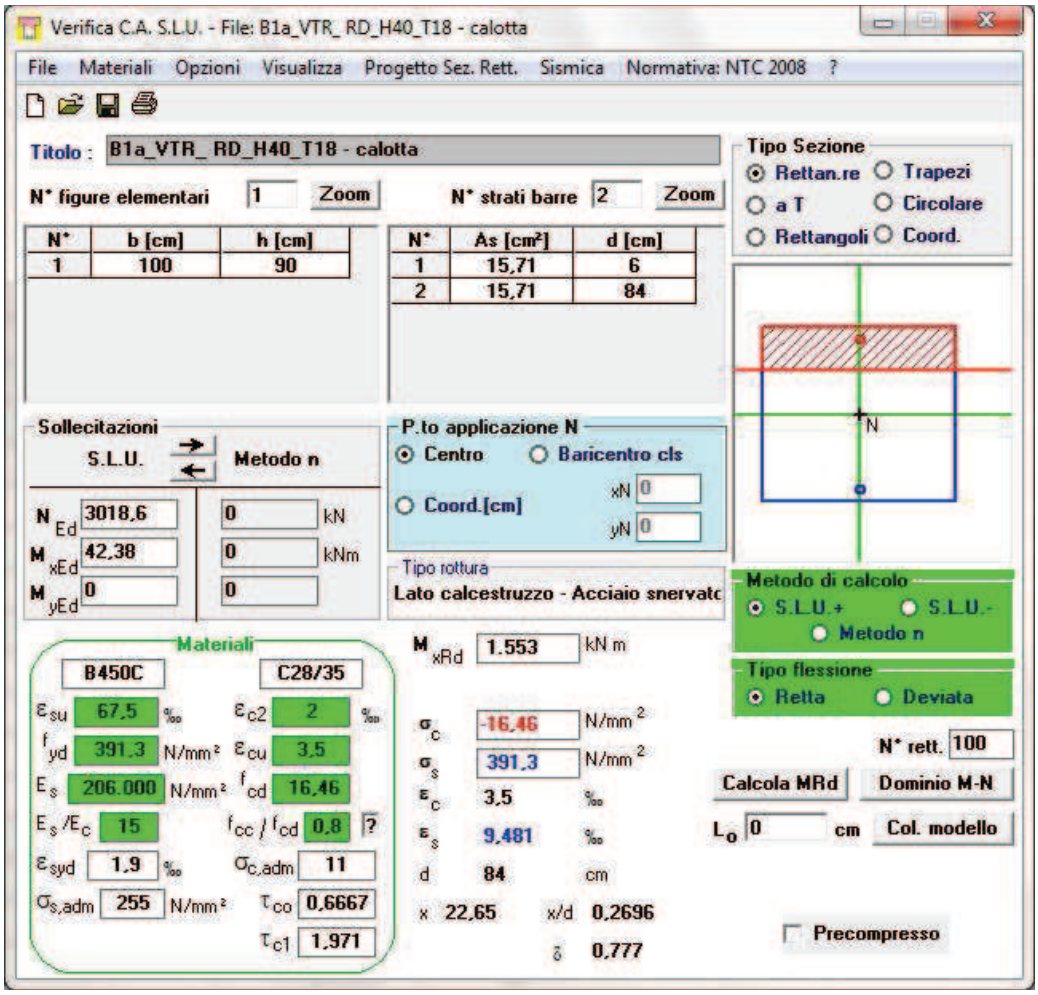
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔1227,871 > 1

$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1a_VTR_ RD_H40_T18 - calotta
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1a_VTR_ RD_H40_T18 - calotta
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 3018,6 0 kN
M xEd 42,38 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.553 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 9,481 ‰
d 84 cm
x 22,65 x/d 0,2696
δ 0,777
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N
Dominio M-N
File
B1a_VTR_ RD_H40_T18 - calotta
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 3018,6 42,38
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1a_VTR_RD_H40_T18 - Calotta

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	2,60	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	3018,60	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	3,173	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	682,20	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	727,98	[kN]

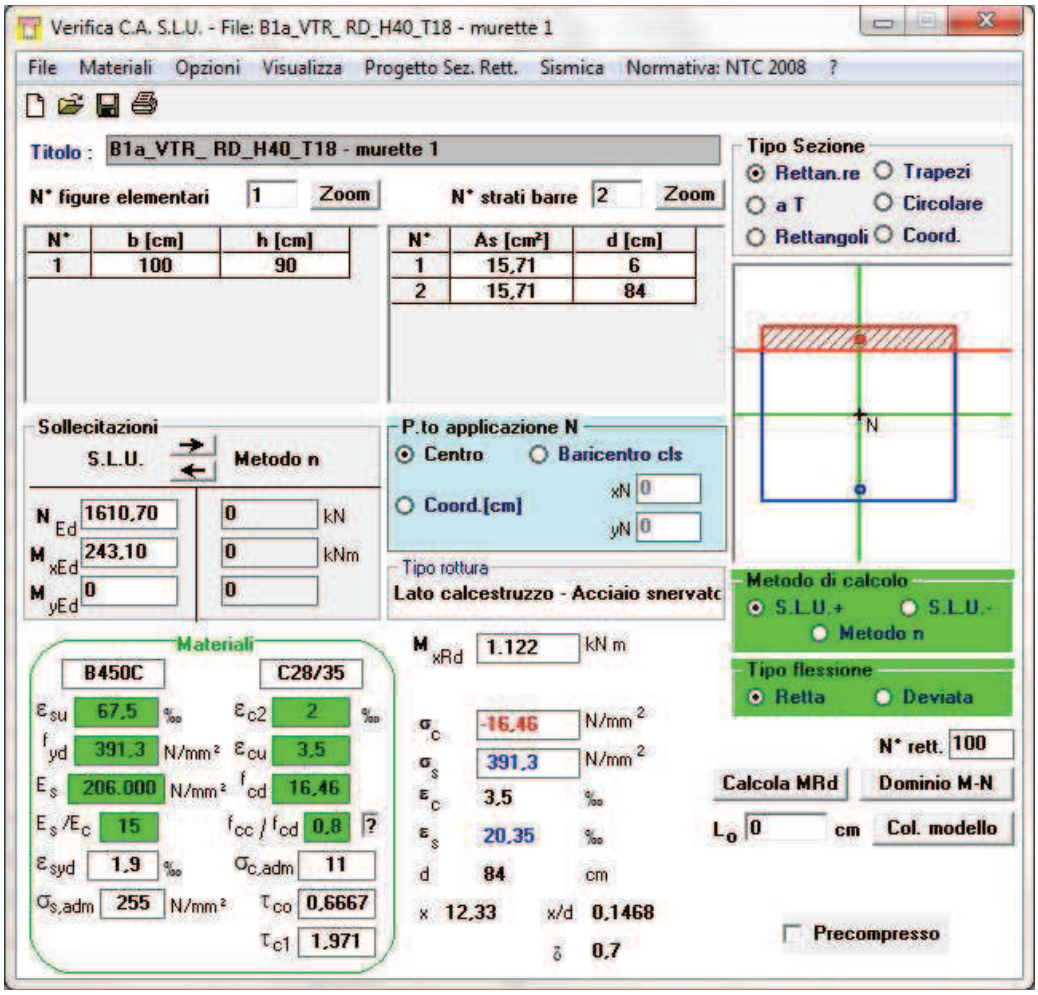
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔279,992 > 1

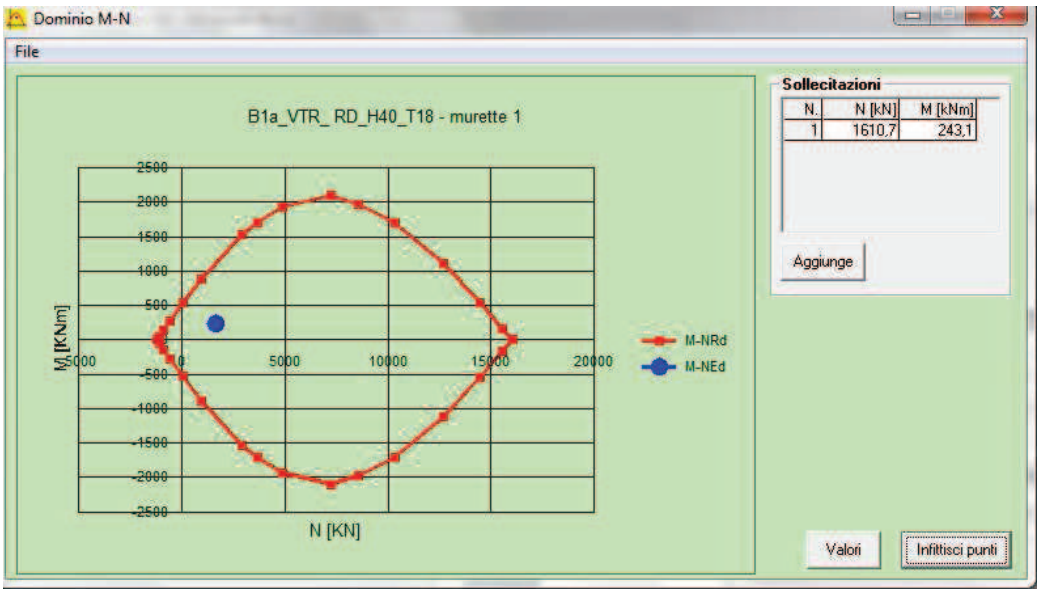
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1a_VTR_ RD_H40_T18 - murette 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1a_VTR_ RD_H40_T18 - murette 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 1610,70 0 kN
M xEd 243,10 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L0 0 cm
Col. modello
Precompresso
Materiali
B450C
C28/35
ε su 67,5 ‰
f yd 391,3 N/mm²
E s 206.000 N/mm²
E s /E c 15
ε syd 1,9 ‰
σ s,adm 255 N/mm²
ε c2 2 ‰
ε cu 3,5
f cd 16,46
f cc / f cd 0,8
σ c,adm 11
τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 1.122 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 20,35 ‰
d 84 cm
x 12,33 x/d 0,1468
δ 0,7
N


Dominio M-N
File
B1a_VTR_ RD_H40_T18 - murette 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 1610,7 243,1
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1a_VTR_RD_H40_T18 - Murette 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	900	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	900 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	188,50	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	1610,70	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

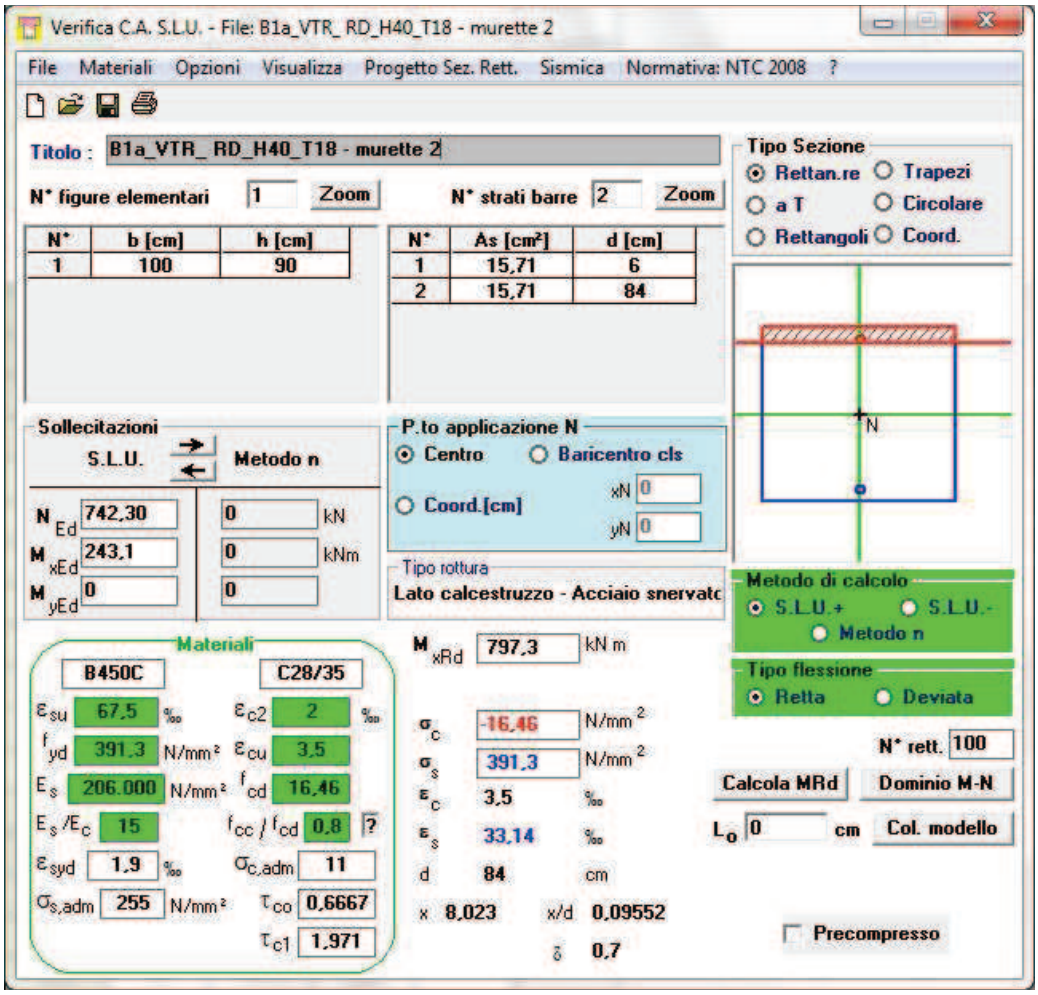
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,790	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,113	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 993	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	2 556	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 993	[kN]

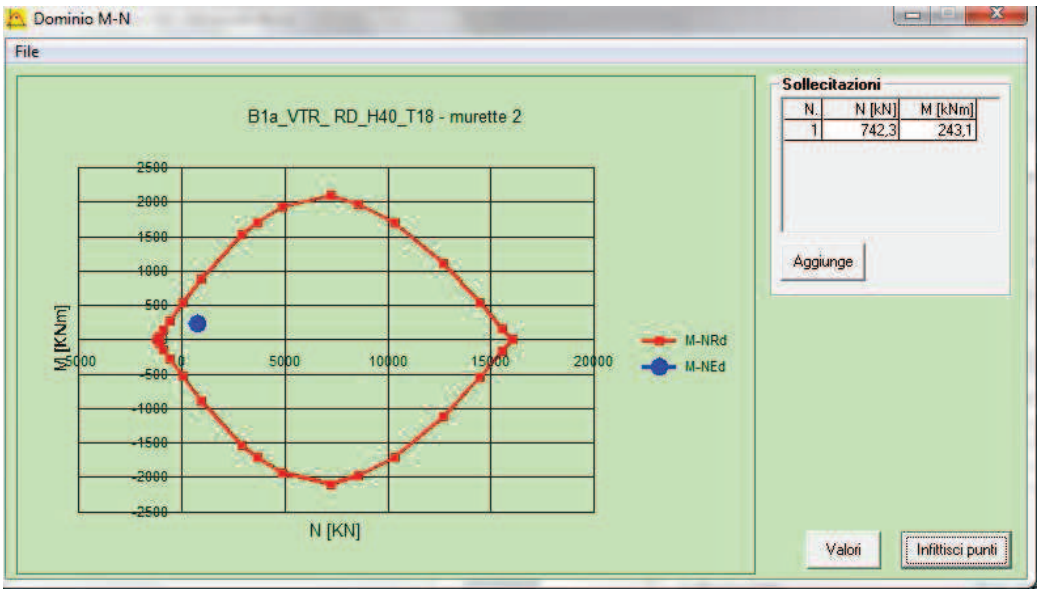
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 10,573

V_{Rd} > V_{Ed} — VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1a_VTR_ RD_H40_T18 - murette 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1a_VTR_ RD_H40_T18 - murette 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 742,30 0 kN
M xEd 243,1 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206.000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 797,3 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 33,14 ‰
d 84 cm
x 8,023 x/d 0,09552
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
B1a_VTR_ RD_H40_T18 - murette 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 742,3 243,1
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.2. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1a_VTR_RD_H40_T18 - Murette 2

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
	f_{cd}'	7,93	[N/mm²]	$=0,5f_{ck}$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	210 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione	b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione	h	900	[mm]
Copriferro	c	60	[mm]
Altezza utile della sezione	d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo	A_c	900 000	[mm²]
Numero staffe	n_{sw}	1,00	[-]
Diametro staffe	ø	20	[mm]
Numero bracci staffe	n	2,00	[-]
Passo staffe	p	20,00	[cm]
Area staffe	A_{sw}	6,28	[cm²]
Inclinazione staffe rispetto all'asse trave	α	90,00	[°]
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	θ	25,00	[°]
Taglio agente	V_{Ed}	585,00	[kN]
Sforzo normale	N_{Ed}	742,30	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

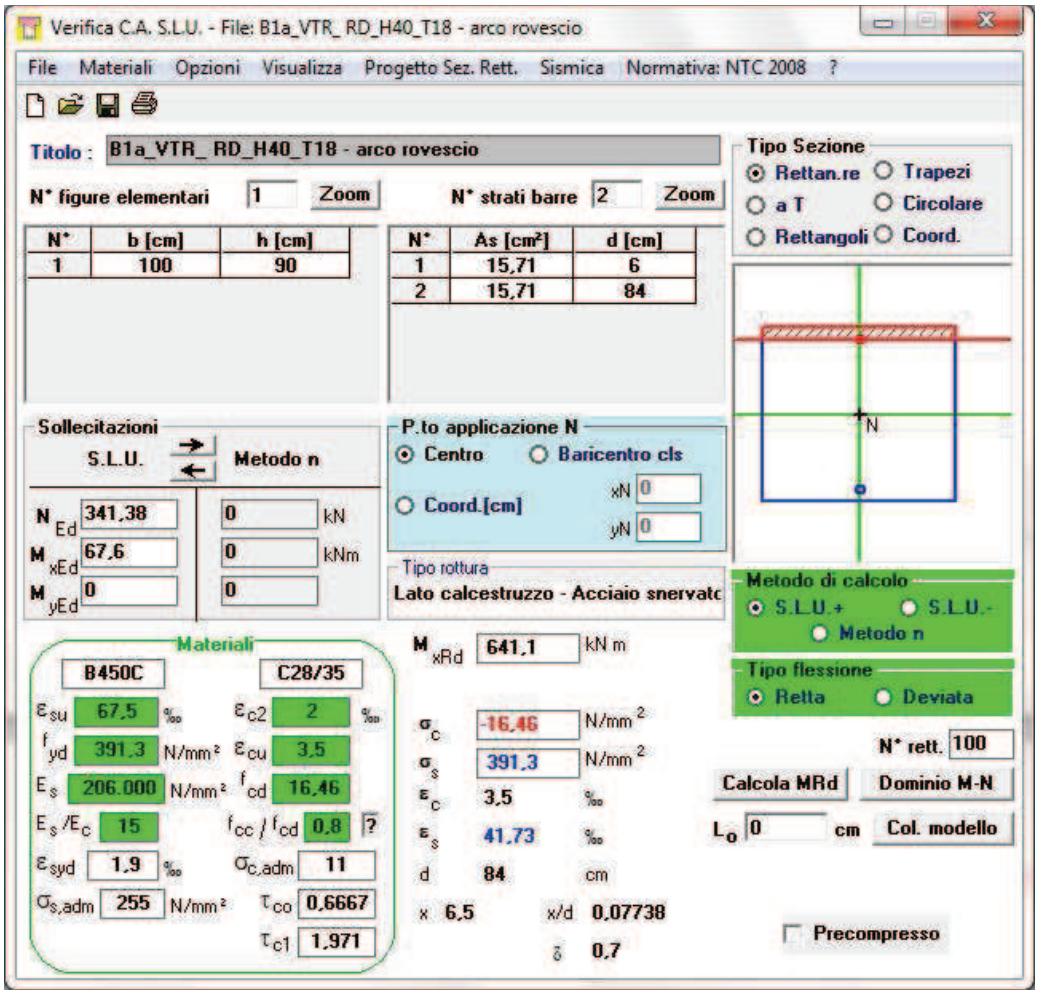
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0,825	[N/mm²]
Coefficiente maggiorativo	α_c	1,052	
Resistenza di calcolo a taglio-trazione	V_{Rsd}	1 993	[kN]
Resistenza di calcolo a taglio-compressione	V_{Rcd}	2 417	[kN]
Resistenza a taglio	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	1 993	[kN]

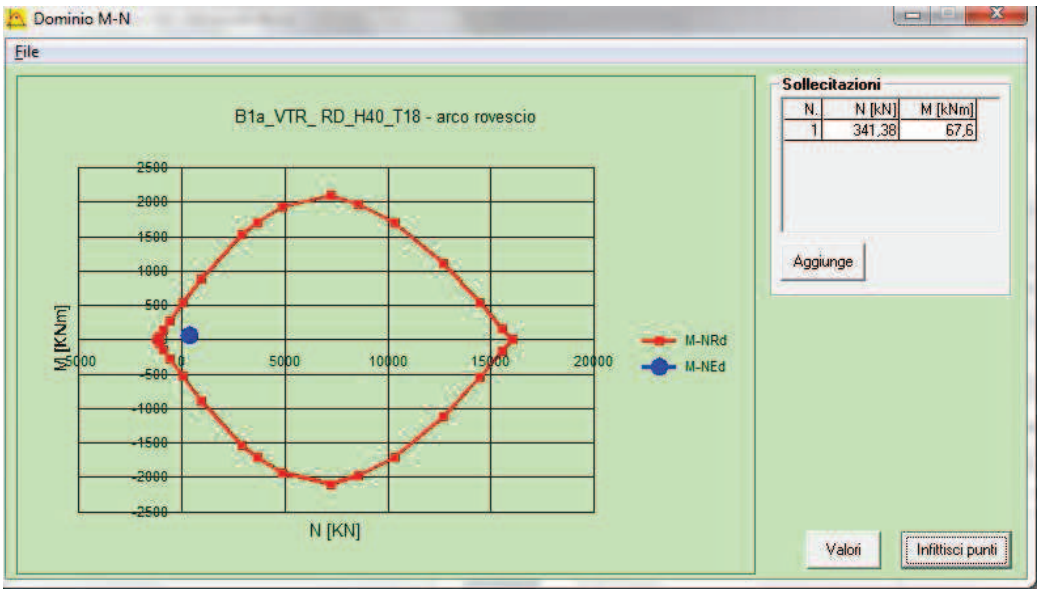
V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 3,407

V_{Rd} > V_{Ed} — VERIFICATO

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta)/(1 + ctg^2\theta)$$


Verifica C.A. S.L.U. - File: B1a_VTR_ RD_H40_T18 - arco rovescio
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : B1a_VTR_ RD_H40_T18 - arco rovescio
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 90
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 84
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 341,38 0 kN
M xEd 67,6 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd
Dominio M-N
L0 0 cm
Col. modello
Precompresso
Materiali
B450C
ε su 67,5 ‰
f yd 391,3 N/mm²
E s 206.000 N/mm²
E s /E c 15
ε syd 1,9 ‰
σ s,adm 255 N/mm²
C28/35
ε c2 2 ‰
ε cu 3,5
f cd 16,46
f cc / f cd 0,8
σ c,adm 11
τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 641,1 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 41,73 ‰
d 84 cm
x 6,5 x/d 0,07738
δ 0,7
N


Dominio M-N
File
B1a_VTR_ RD_H40_T18 - arco rovescio
M [KNm]
N [KN]
2500
2000
1500
1000
500
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-5000
0
5000
10000
15000
20000
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 341,38 67,6
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: B1a_VTR_RD_H40_T18 - Arco rovescio

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	900	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	840	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	900 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	32,50	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	341,38	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00374	[-]
	k	1,49	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0,379	[N/mm²]
	v_{min}	0,34	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	330,16	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	375,93	[kN]

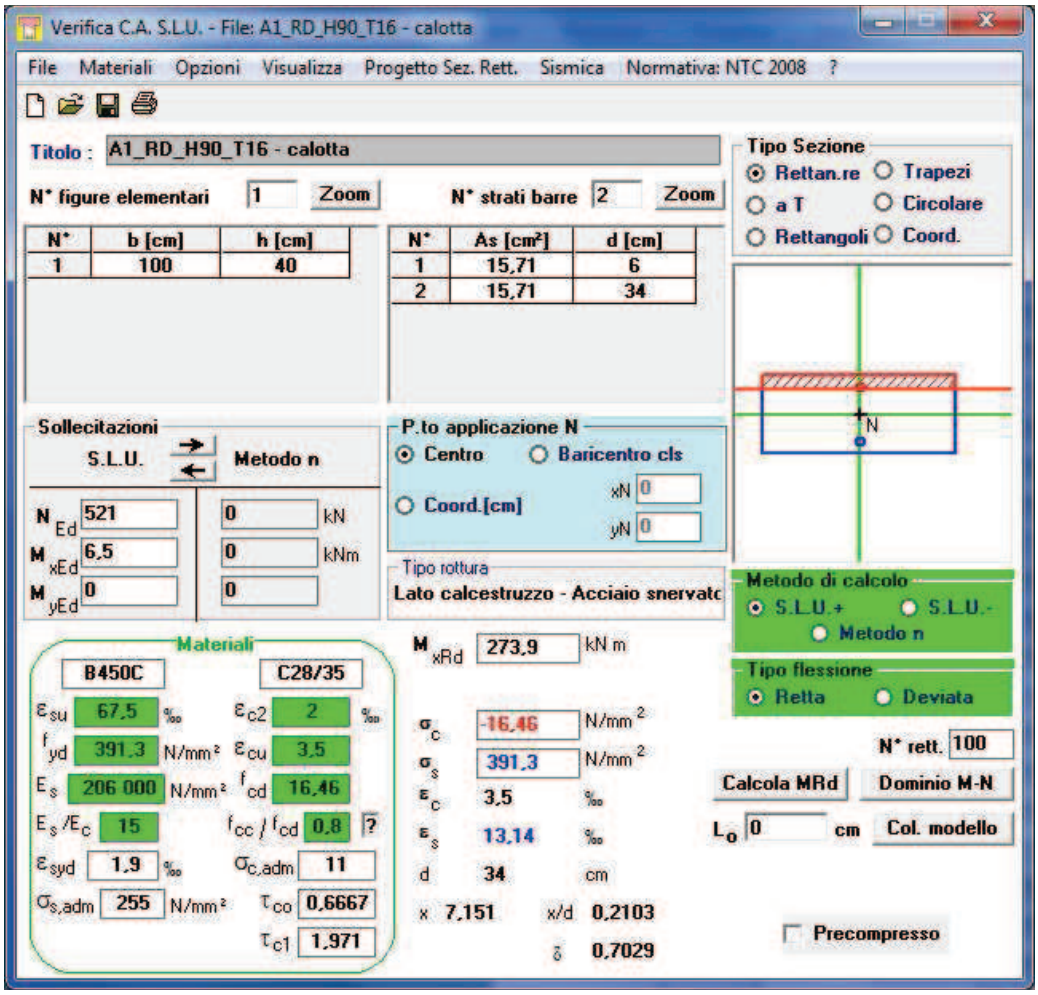
V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 11,567 > 1

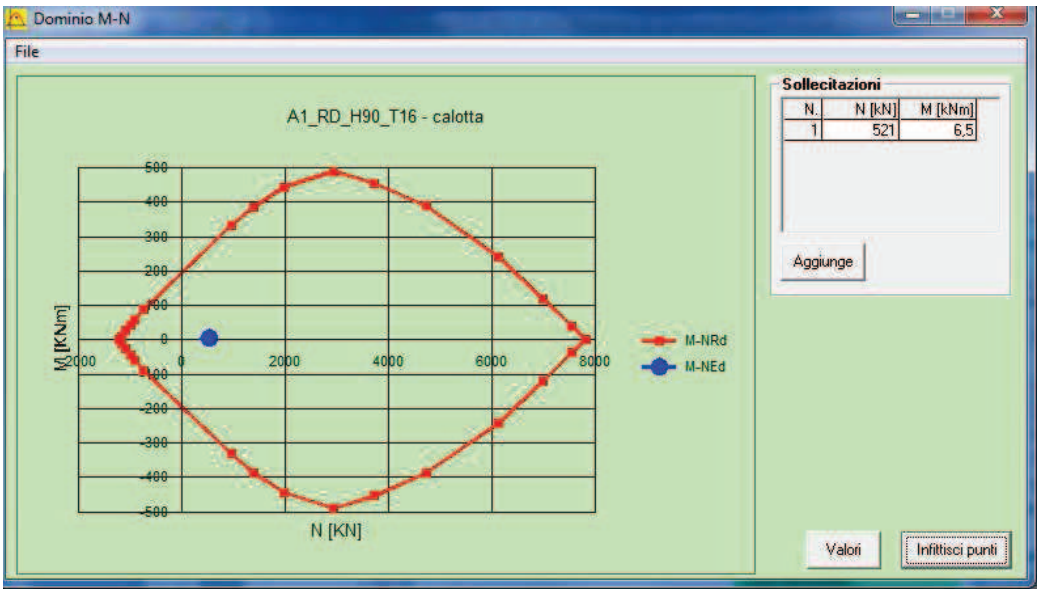
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_RD_H90_T16 - calotta
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_RD_H90_T16 - calotta
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 40
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 34
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 521 0 kN
M xEd 6,5 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 273,9 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 13,14 ‰
d 34 cm
x 7,151 x/d 0,2103
δ 0,7029
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
A1_RD_H90_T16 - calotta
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 521 6,5
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_RD_H90_T16 - Calotta

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	400	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	340	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	400 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	6,40	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	521,00	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00924	[-]
	k	1,77	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	1,303	[N/mm²]
	v_{min}	0,43	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	214,33	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	279,65	[kN]

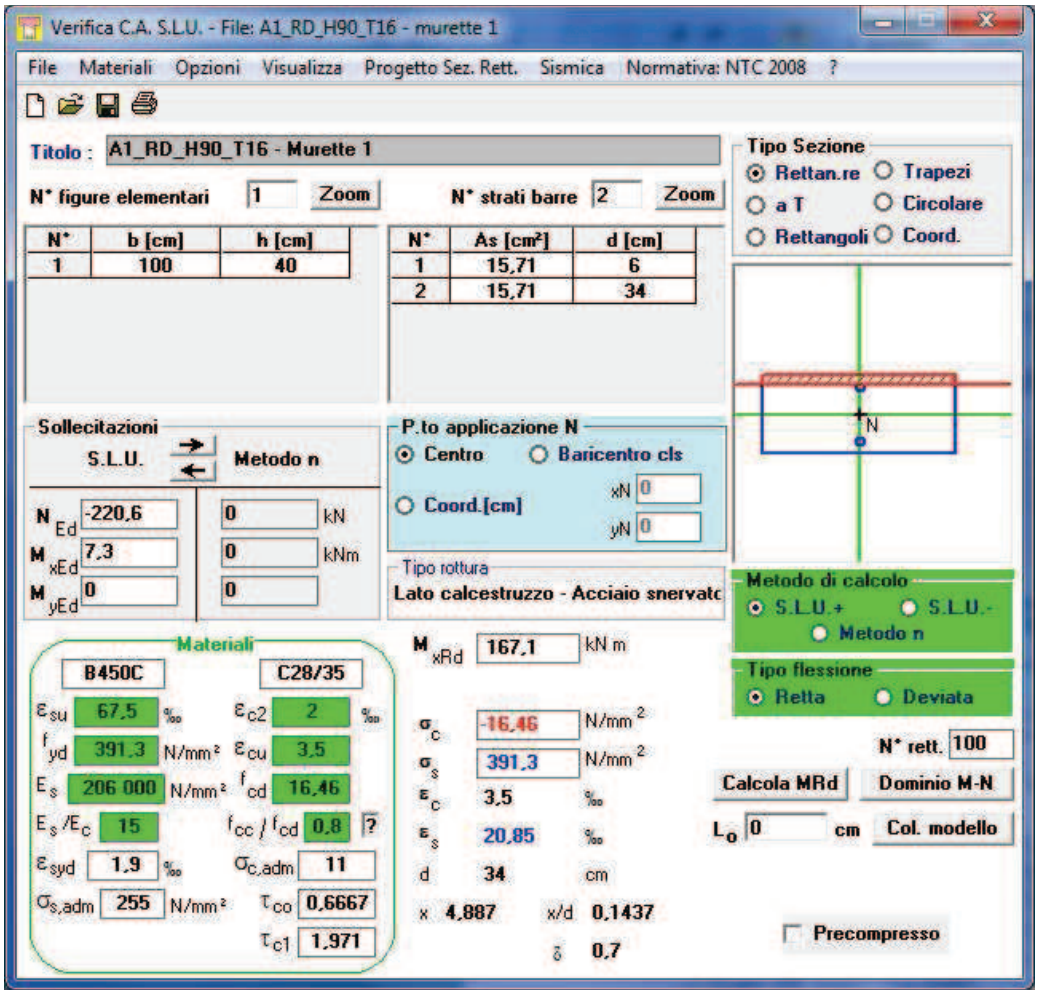
V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 43,695 > 1

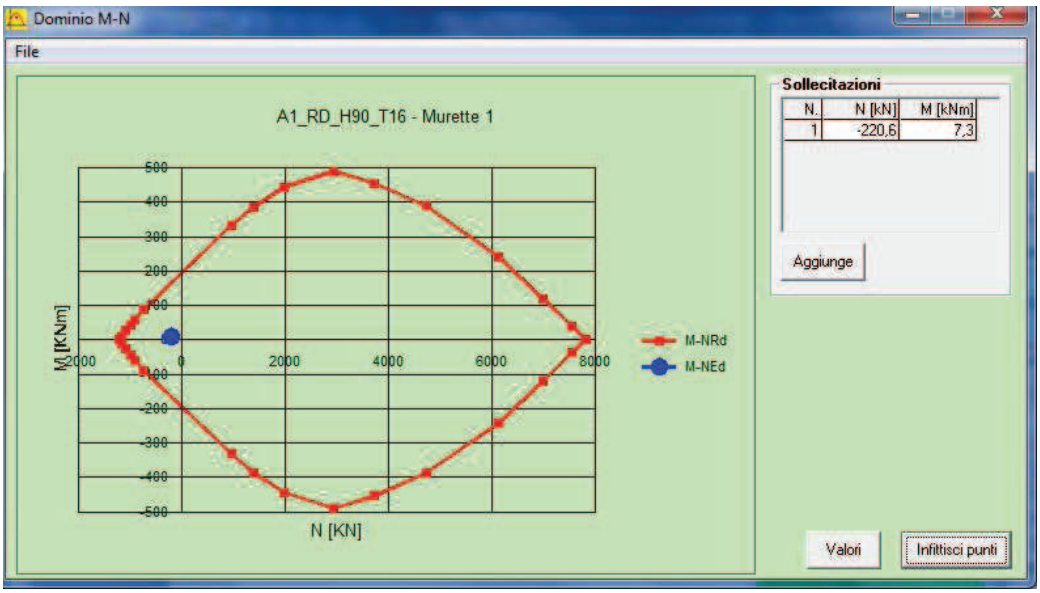
$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_RD_H90_T16 - murette 1
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_RD_H90_T16 - Murette 1
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 40
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 34
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed -220,6 0 kN
M xEd 7,3 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 167,1 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 20,85 ‰
d 34 cm
x 4,887 x/d 0,1437
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso
N


Dominio M-N
File
A1_RD_H90_T16 - Murette 1
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 -220,6 7,3
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (NS 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: A1_RD_H90_T16 - Murette 1

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	400	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	340	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	400 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	33,80	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	-220,60	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ_l	0,00924	[-]
	k	1,77	[-]
Tensione media di compressione	σ_{cp}	-0,552	[N/mm²]
	v_{min}	0,43	[-]
Taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	119,77	[kN]
Taglio resistente	V_{Rd}	185,10	[kN]

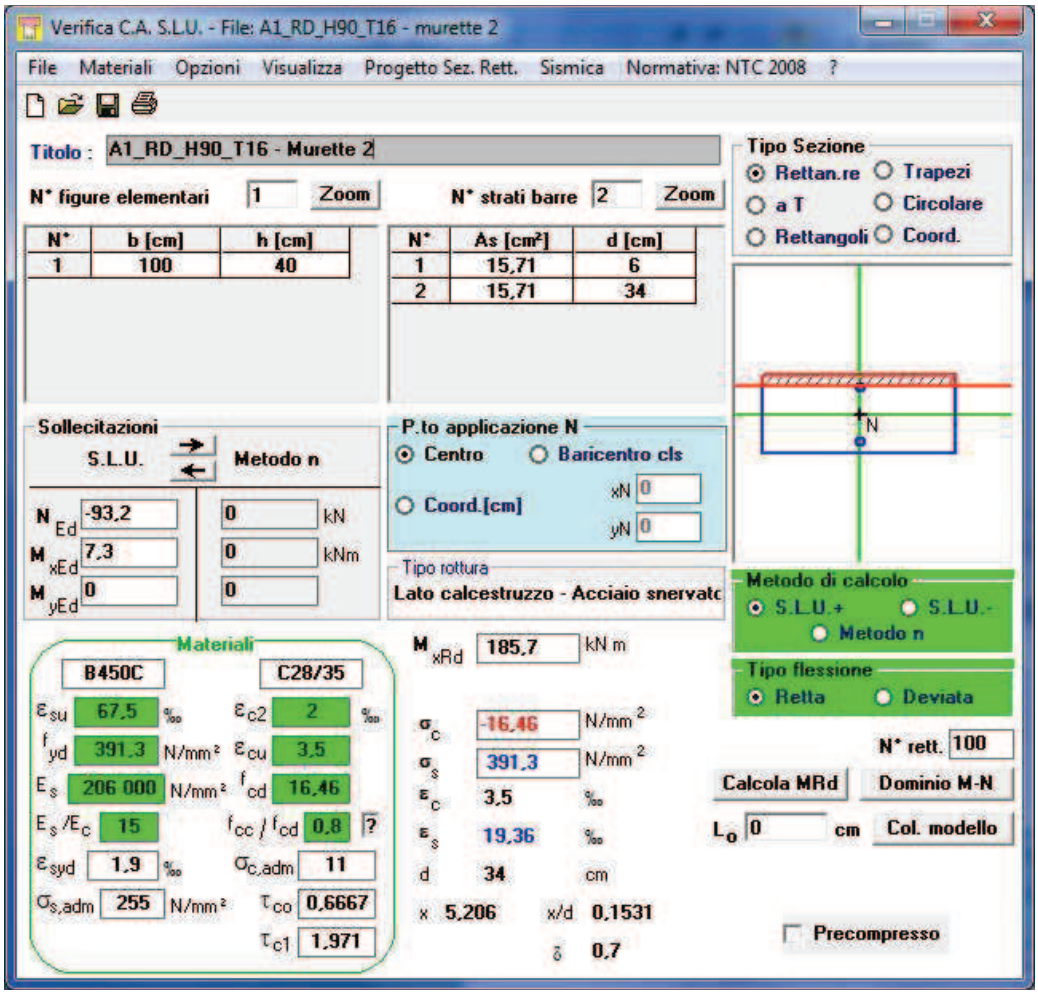
V_{Rd} > V_{Ed} VERIFICATO V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 5,476 > 1

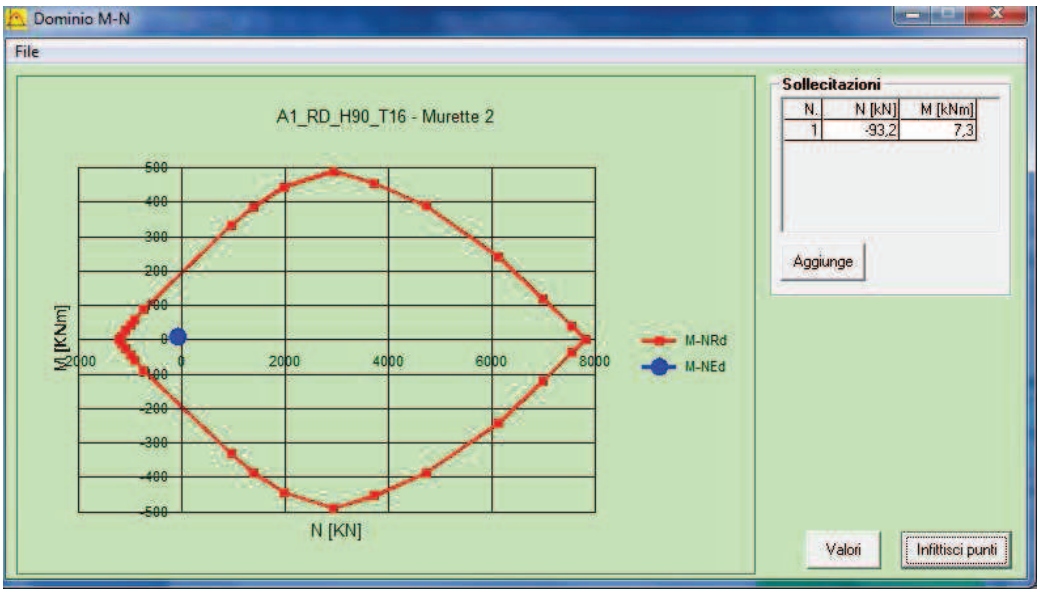
$$V_{Rd} = \{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$


Verifica C.A. S.L.U. - File: A1_RD_H90_T16 - murette 2
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?
Titolo : A1_RD_H90_T16 - Murette 2
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 40
N° As [cm²] d [cm]
1 15,71 6
2 15,71 34
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed -93,2 0 kN
M xEd 7,3 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervatc
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
Materiali
B450C C28/35
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 206 000 N/mm² f cd 16,46
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,9 ‰ σ c,adm 11
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,6667
τ c1 1,971
M xRd 185,7 kN m
σ c -16,46 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 19,36 ‰
d 34 cm
x 5,206 x/d 0,1531
δ 0,7
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
Precompresso


Dominio M-N
File
A1_RD_H90_T16 - Murette 2
M [KNm]
N [KN]
M-NRd
M-NEd
Sollecitazioni
N. N [kN] M [kNm]
1 -93,2 7,3
Aggiunge
Valori
Infittisci punti

VERIFICA A TAGLIO DI ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (N§ 4.1.2.1.3.1. NTC 14-01-2008)

Titolo: **A1_RD_H90_T16 - Murette 2**

MATERIALI

Calcestruzzo	Classe	C28/35		R_{ck} = 35	[N/mm²]
	f_{ck}	28,00	[N/mm²]	Resistenza cilindrica	
	E_{cm}	32 308	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_c	1,50	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	α_{cc}	0,85	[-]		
	f_{cd}	15,87	[N/mm²]	$=\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	
Armature da calcestruzzo	Qualità	B 450 C			
	f_{yk}	450	[N/mm²]	Tensione di snervamento	
	E_s	206 000	[N/mm²]	Modulo elastico	
	γ_s	1,15	[-]	Coeff. parziale sicurezza	
	f_{yd}	391,30	[N/mm²]	$=f_{yk}/\gamma_s$	

DATI

Larghezza minima della sezione		b_w	1 000	[mm]
Altezza sezione		h	400	[mm]
Copriferro		c	60	[mm]
Altezza utile della sezione		d	340	[mm]
Area sezione calcestruzzo		A_c	400 000	[mm²]
Armatura longitudinale	5ø20+5ø20+0ø+0ø	A_{sl}	31,42	[cm²]
Taglio agente		V_{Ed}	44,70	[kN]
Sforzo normale		N_{Ed}	-93,20	[kN]

VERIFICA A TAGLIO

Rapporto geometrico di armatura longitudinale		ρ_l	0,00924	[-]
		k	1,77	[-]
Tensione media di compressione		σ_{cp}	-0,233	[N/mm²]
		v_{min}	0,43	[-]
Taglio resistente minimo		$V_{Rd,min}$	136,02	[kN]
Taglio resistente		V_{Rd}	201,34	[kN]

V_{Rd} > V_{Ed} **VERIFICATO** V_{Rd}/V_{Ed} = ✔ 4,504 > 1

$$V_{Rd} = \left\{0{,}18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0{,}15 \cdot \sigma_{cp}\right\} \cdot b_w \cdot d \geq$$

con

$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$

$v_{min} = 0{,}035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$