Regione Liguria

Città Metropolitana di Genova

COMUNE DI GENOVA

OPERE DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEI TRATTI TOMBINATI DEI RIVI VEILINO E SANT'ANTONINO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

STATO DI CONSISTENZA DEGLI SCATOLARI DEI RIVI VEILINO E SANT'ANTONINO

RTP:

MANDATARIA

EDes Earth Design

Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI
Dott. Ing. Luca GATTIGLIA
Dott. Ing. Chiara PALESE

MANDANTI

ENARCH S.r.l.
Dott. Ing. Paolo RUGGIERI
Dott. Arch. Grazia PRASSA

Dott. Ing. Andrea MASCARO

Dott. Ing. Silvia MATARRESE

Dott. Archeol. Fabrizio DEL PRETE

EDes Ingegneri Associati P.IVA 10759750010
Via Postumia 49, 10142 Torino
Tel. +39 011.0262900 Fax. +39 011.0262902
www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu

Elaborato		Codice	Revisione	Data
9		19037-DE27-0_SCV	0	MAR.2020
Scala	-			

COMMITTENTE:	Comune di Genova
R.U.P.:	Dott. Ing. Stefano PINASCO
	Via Garibaldi 9, Palazzo Tursi, 16124 Genova

REGIONE LIGURIA

CITTA' METROPOLITANA

DI GENOVA



COMUNE DI GENOVA

OPERE DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEI TRATTI TOMBINATI DEI RIVI VEILINO E SANT'ANTONINO

RELAZIONE STATO DI CONSISTENZA STRUTTURALE

R.T.P.:
Mandataria: Edes Ingegneri Associati
Mandanti: Enarch S.r.l.
Dott. Ing. Andrea Mascaro
Dott. Ing. Silvia Matarrese
Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

1. RILIEVO STRUTTURALE E STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE

Le fasi di rilievo strutturale rivestono una parte fondamentale per la corretta progettazione degli interventi su strutture esistenti. I sopralluoghi ispettivi svolti all'interno delle tombinature oggetto di intervento, effettuati fra dicembre 2019 e gennaio 2020 hanno permesso di individuare le tipologie costruttive degli elementi strutturali esistenti e di valutare dello stato di conservazione di quest'ultimi.

Nell'organizzazione dell'attività ispettiva si è tenuto in conto della previsione progettuale connessa all'intervento di adeguamento idraulico dei tratti tombinati del rio Veilino e Sant'Antonino suddividendo l'analisi dell'esistente in zone caratterizzate da diverse azioni progettuali; in particolare si riporta di seguito la descrizione dello stato di consistenza delle porzioni dei rii sopracitati dividendoli nei seguenti tratti:

- Imbocco tratto tombinato rio Veilino;
- Tombinatura rio Veilino tra imbocco ed edificio Galleria Montino;
- Tombinatura rio Veilino in corrispondenza edificio Galleria Montino;
- Tombinatura rio Veilino tra edificio Galleria Montino ed edificio a lato ingresso al cimitero (Tempio cinerario);
- Tombinatura rio Veilino in corrispondenza edificio a lato ingresso al cimitero (Tempio cinerario);
- Tombinatura rio Veilino esterna all'area cimiteriale;
- Imbocco tratto tombinato rio Sant'Antonino;
- Tombinatura rio Sant'Antonino in corrispondenza edificio Galleria Sant'Antonino;
- Tombinatura rio Sant'Antonino tra edificio Galleria Sant'Antonino ed innesto rio Veilino.

La geometria dell'infrastruttura oggetto di ispezione e futuro intervento risulta compiutamente descritta dall'attività di rilievo di dettaglio svolta con la tecnica della scansione laser e rappresentata nelle tavole descrittive dello stato di fatto delle tombinature; pertanto, di seguito, si porrà esclusiva attenzione all'aspetto marcatamente strutturale connesso alla descrizione tecnologica ed dello stato di conservazione degli elementi strutturali visitati essenzialmente rappresentati dai muri d'argine e dagli impalcati di copertura dei rii.

1.1 RIO VEILINO

<u>Imbocco tratto tombinato rio Veilino</u>

Il tratto di rio posto a monte dell'imboccatura della tombinatura si mostra completamente antropizzato presentando una sezione trasversale composta da due muri d'argine in calcestruzzo, di cui uno armato, e da un fondo plateato in calcestruzzo. In prossimità dell'imbocco della tombinatura, in sponda sinistra, risulta presente un imponente edificio denominato Nuova Cripta posto in adiacenza al rio e costituente esso stesso argine con i muri di perimetro della propria parte interrata. L'accesso agli atti presso gli uffici del servizio cimiteri del comune di Genova ha permesso di verificarne le geometrie e valutare la contestuale edificazione dell'edificio e dell'attuale sistemazione del tratto di alveo in questione.



Figura 1 - Imboccatura tratto tombinato rio Veilino- Argine sinistro

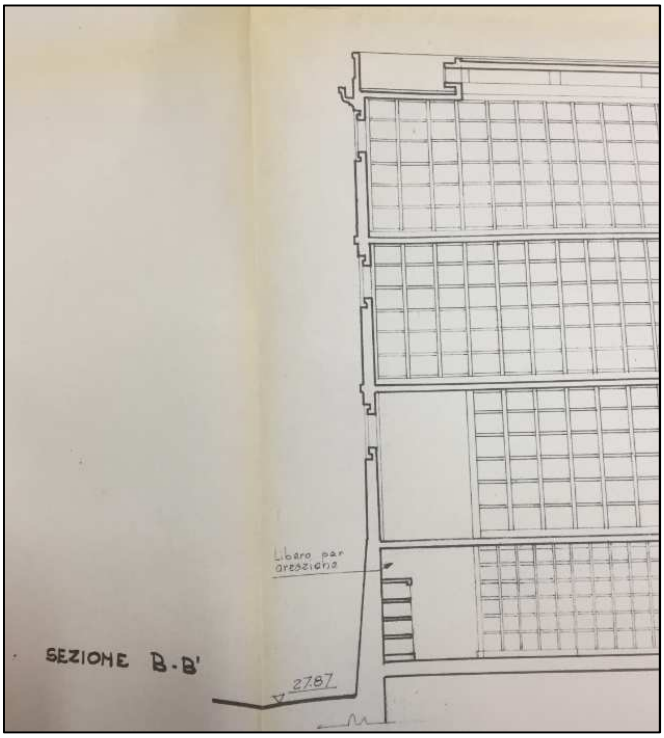


Figura 2 - Imboccatura tratto tombinato rio Veilino- Sezione tipica edificio nuova cripta costituente l'argine sinistro.

In sponda destra l'argine è costituito da un muro di contenimento del piano stradale della viabilità interna cimiteriale posta a collegamento della zona prospiciente la Via superiore del Veilino; detto muro in conglomerato si presenta realizzato in due fasi successive e caratterizzato da discontinuità interessate dalla presenza di vegetazione spontanea che ne occulta la visione unitaria.



Figura 3 - Imboccatura tratto tombinato rio Veilino - Argine destro

<u>Tombinatura rio Veilino tra imbocco ed edificio Galleria Montino;</u>

Il tratto di tombinatura in esame risulta costituito da un fondo plateato in calcestruzzo, due muri d'argine in pietra e calcestruzzo posti a sostegno di un impalcato in calcestruzzo armato realizzato interamente in opera. L'orizzontamento di copertura del Rio Veilino, corrispondente al sedime della viabilità cimiteriale Via Inferiore Veilino, è costituito da una soletta piena nervata di spessore cm 12 irrigidita da travi rettangolari larghe 24cm e ribassate di 50cm rispetto all'intradosso piano e poste ad interasse 150cm.

L'esposizione all'ambiente particolarmente umido, la presenza di umidità sempre alta in prossimità degli appoggi delle nervature e l'azione meccanica offerta dall'acqua e dal trasporto solido defluente nella tombinatura in occasione degli eventi di piena, hanno causato un diffuso deterioramento del copriferro con conseguente ossidazione delle orditure metalliche degli elementi in c.a.; l'osservazione dei punti di locale espulsione del copriferro all'intradosso delle nervature, ha permesso, di rilevare l'orditura metallica delle stesse.



Figura 4 - Particolare tipico orditura inferiore nervature solaio di copertura tombinatura-5 barre Φ20 di tipo liscio, di cui 2 correnti, 2 rialzate ad 80cm dagli appoggi ed 1 a 1m a costituzione dell'orditura a taglio integrativa alla staffatura diametro Φ10/25cm rilevata in prossimità degli appoggi e Φ10/40cm altrove.

Le nervature in c.a. si mostrano tutte identiche e caratterizzate dalla medesima orditura inferiore costituita da 5 barre Φ20 di tipo liscio, di cui 2 correnti, 2 rialzate ad 80cm dagli appoggi ed 1 a 1m a costituzione dell'orditura a taglio integrativa alla staffatura diametro Φ10/25cm rilevata in prossimità degli appoggi e Φ10/40cm altrove. La soletta costituente il piano stradale, caratterizzata da una diffusa espulsione del copriferro nel tratto iniziale della tombinatura e nelle zone in prossimità dei fori di scarico delle acque bianche provenienti alla soprastante carreggiata stradale, si mostra armata, con barre lisce diametro Φ10/25 disposte solo trasversalmente alle nervature.

Il calcestruzzo costituente le strutture di copertura della tombinatura mostra un'importante presenza di inerti di significativa pezzatura immersi in matrice fine; tuttavia il calcestruzzo nelle parti di nucleo ed in quelle non ammalorate, si mostra compatto e di buona qualità.



Figura 5 - Particolare tipico orditura inferiore nervature e solaio di copertura tombinatura - La soletta costituente il piano stradale, caratterizzata da una diffusa espulsione del copriferro nel tratto iniziale della tombinatura e nelle zone in prossimità dei fori di scarico delle acque bianche provenienti alla soprastante carreggiata stradale, si mostra armata, con barre lisce diametro Φ10/25 disposte solo trasversalmente alle nervature.

I muri d'argine non presentano evidenti fenomeni fessurativi attribuibili a carenze strutturali dei paramenti o cedimenti del piano di fondazione; si rilevano solo localmente, in corrispondenza delle zone di intersezione con tubazioni o cunicoli di scarico, dei fenomeni di locale sfornellamento che mostrano la tecnologia costruttiva e l'effettiva importanza geometrica dei suddetti paramenti (spessori dell'ordine del metro).



Figura 6 - Particolare muri d'argine costituiti in pietre e calcestruzzo - localmente, in corrispondenza delle zone di intersezione con tubazioni o cunicoli di scarico, fenomeni di locale sfornellamento mostrano l'effettiva la tecnologia costruttiva ed importanza geometrica dei paramenti (spessori dell'ordine del metro).

Tombinatura rio Veilino in corrispondenza edificio Galleria Montino

Le caratteristiche generali della tombinatura descritte per il tratto precedente risultano rappresentative anche del tratto in esame a sola eccezione del locale infittimento ed irrobustimento delle nervature poste in proiezione delle arcate del soprastante edificio; in particolare in corrispondenza della proiezione del perimetro della Galleria Montino e del suo asse. In detti punti di infittimento, in prossimità degli appoggi delle nervature, risultano presenti le imposte di tre arconi che, in parte, impegnano direttamente l'impalcato della tombinatura.



Figura 7 – Porzione dell'edificio Galleria Montino – portale in corrispondenza della tombinatura – in rosso limiti tombinatura ed in giallo porzioni incidenti sull'impalcato (porzione imposte arconi). Situazione presente in corrispondenza della proiezione del perimetro della Galleria Montino e del suo asse; in detti punti le sottostanti nervature si presentano sia infittite sia irrobustite.

In corrispondenza delle suddette imposte degli arconi dell'edificio, le nervature dell'impalcato di copertura della tombinatura si presentano disposte in tripletta, luce netta tra le nervature 30cm; i locali fenomeni di distacco o modesto spessore del copriferro hanno permesso di valutare l'orditura inferiore di dette nervature costituita da 6 barre Φ20 di tipo liscio, di cui 2 correnti, 2 rialzate ad 80cm dagli appoggi e 2 a 1m a costituzione dell'orditura a taglio integrativa alla staffatura diametro Φ10/20cm rilevata in prossimità degli appoggi e Φ10/25cm altrove.



Figura 8 – Infittimento locale nervature in corrispondenza della Galleria Montino - In corrispondenza delle imposte degli arconi dell'edificio, le nervature dell'impalcato di copertura della tombinatura si presentano disposte in tripletta, luce netta tra le nervature 30cm con orditura costituita da 6 barre Φ20 di tipo liscio, di cui 2 correnti, 2 rialzate ad 80cm dagli appoggi e 2 a 1m a costituzione dell'orditura a taglio integrativa alla staffatura diametro Φ10/20cm rilevata in prossimità degli appoggi e Φ10/25cm altrove. Si rileva la presenza di modesti interventi di risanamento e ricostruzione locale del copriferro ammalorato.

La visita ispettiva ha posto in luce, in detto tratto, alcuni modesti interventi di risanamento e ricostruzione locale del copriferro ammalorato a testimonianza della non recente manifestazione del fenomeno degenerativo oggi rilevabile anche su tutte le altre ed analoghe porzioni dell'impalcato.

<u>Tombinatura rio Veilino tra edificio Galleria Montino e Tempio cinerario</u>

In tale tratto valgono le medesime considerazioni svolte per il tratto di tombinatura posto a monte dell'edificio Galleria Montino.

<u>Tombinatura rio Veilino in corrispondenza edificio a lato ingresso al cimitero (Tempio cinerario);</u>

Ferme restando le caratteristiche generali della struttura costituente la tombinatura, in corrispondenza dell'edificio posto a lato dell'ingresso al cimitero, le operazioni di rilievo hanno evidenziato il particolare ruolo statico dell'impalcato in esame in quanto risulta posto a sostegno di tutto il perimetro sud-ovest e di una porzione di calpestio del soprastante manufatto; la struttura dell'edificio risulta pertanto "in falso" sul solaio nervato per una fascia pari a circa 1.5m così come facilmente deducibile dai punti di scarico dei pluviali a filo facciata visibili percorrendo la tombinatura.



Figura 9 – Fori scarico pluviali e caditoie disposte a filo facciata dell'edificio presente al di sopra della soletta di copertura della tombinatura – Edificio in falso sul solaio per circa 1.5m dall'appoggio sull'argine sinistro.

La presenza dell'edificio "in falso", seppur costituendo sovraccarico del solaio ed alcuni problemi locali di ammaloramento in corrispondenza dei fori di scarico delle acque di copertura, ha tuttavia protetto dal deterioramento l'appoggio del solaio in sponda sinistra che si mostra in condizioni decisamente migliori di quello opposto. Infatti, a partire da questo tratto, si rileva un significativo ammaloramento degli appoggi delle nervature in sponda destra.



Figura 10 – Appoggio nervature in sponda destra – fenomeni diffusi di umidità e di deterioramento locale delle testate delle travi.

A partire dal tratto in esame, fino allo sbocco della tombinatura, si è potuta notare una variazione della tecnologia di esecuzione del manufatto in calcestruzzo armato, rilevando la variazione della tecnica di orditura delle nervature. Le zone ammalorate, sprovviste localmente del copriferro, evidenziano la presenza di moiette o staffe a ganci in luogo delle staffe chiuse rilevate nei tratti di monte. Tale tecnica di orditura "tipo Hennebique" si caratterizza, presumibilmente con l'assenza di orditura a lembo superiore e l'impiego di diametri maggiori a costituzione delle orditure correnti e rialzate necessarie ad equilibrare le azioni su di esse incidenti.

I muri d'argine, procedendo verso lo sbocco della tombinatura, risultano, per quanto osservabile, costituiti da importanti murature in conci lapidei di consistenti dimensioni disposte secondo piani di posa regolari e giunti in malta sottili, protette da intonaco. La parte sommitale a contenimento del getto del solaio risulta completata con elementi lapidei di minor pezzatura. Come per gli argini fin qui descritti, non è stato rilevato nessun quadro fessurativo imputabile a carenze strutturali del manufatto.

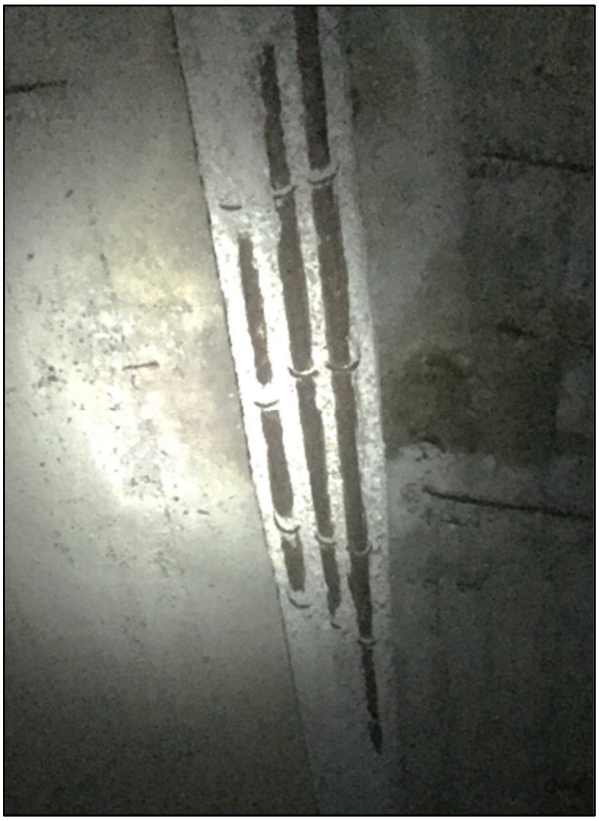


Figura 11 – A partire dal tratto in esame, fino allo sbocco della tombinatura, si nota una variazione della tecnologia di esecuzione del manufatto in calcestruzzo armato. Le zone ammalorate, sprovviste localmente del copriferro, evidenziano la presenza di moiette o staffe a ganci in luogo delle staffe chiuse rilevate nei tratti di monte.

Tombinatura rio Veilino esterna all'area cimiteriale.

La porzione di tombinatura esterna all'area cimiteriale si pone al di sotto del piazzale adibito a parcheggio, frontistante l'ingresso al cimitero, ed in corrispondenza della sede stradale posta a connessione tra Via Piacenza e Via Superiore del Veilino. La realizzazione della tombinatura attuale risulta tuttavia postuma alle porzioni di copertura, costituite da ponti ad arco in muratura, poste in corrispondenza di Via Piacenza ed a prosecuzione di Via Bobbio verso le attuali Gallerie Frontali del cimitero. Le strutture in calcestruzzo armato costituenti la copertura della tombinatura si pongono dunque in continuità con le precedenti strutture murarie di attraversamento costituendo un unico manufatto continuo. Le porzioni in calcestruzzo armato conservano, anche qui, sempre le medesime geometrie precedentemente descritte e risultano eseguite secondo la più antica tecnica "tipo Hennebique" sopra annunciata.

Le opere storiche di attraversamento si presentano in ottimo stato di conservazione ed esenti da lesioni ascrivibili a carenza strutturali delle stesse; queste sono costituite da spalle verticali in muratura portante di ottime caratteristiche meccaniche e realizzative, sulle quali risulta impostato un arco ad unica curvatura in muratura. Detto arco mostra alcuni fenomeni di infiltrazione che, localmente, hanno determinato la formazione di sali a scapito della qualità meccanica della malta di allettamento.



Figura 12 – Copertura su Via Piacenza – sbocco tombinatura - Le opere storiche di attraversamento si presentano in ottimo stato di conservazione ed esenti da lesioni ascrivibili a carenze strutturali delle stesse; queste sono costituite da spalle verticali in muratura portante di ottime caratteristiche meccaniche e realizzative, sulle quali risulta impostato un arco ad unica curvatura in muratura.

Per quanto riguarda lo stato di conservazione degli elementi in calcestruzzo armato, in questo tratto, occorre porre in evidenza un importante e diffuso fenomeno di ammaloramento dell'appoggio in sponda destra del solaio nervato che ha esposto alla corrosione un'importante quota parte delle orditure metalliche con conseguente incremento della progressione del fenomeno degenerativo delle sezioni resistenti del manufatto. Detto fenomeno risulta sicuramente correlato alla qualità del calcestruzzo ma anche alla significativa presenza di acqua rilevabile sia in corrispondenza della zona di appoggio in sommità dell'argine, sia nell'intorno delle caditoie recapitanti in alveo non correttamente eseguite.



Figura 13 – Tratto tra Via Bobbio e Via Piacenza - importante e diffuso fenomeno di ammaloramento dell'appoggio in sponda destra del solaio nervato che ha esposto alla corrosione un'importante quota parte delle orditure metalliche con conseguente incremento della progressione del fenomeno degenerativo delle sezioni resistenti del manufatto – Particolare espulsione copriferro.



Figura 14 – Tratto tra Via Bobbio e Via Piacenza - Importante e diffuso fenomeno di ammaloramento dell'appoggio in sponda destra del solaio nervato - Degrado armature in corrispondenza dei fori per lo scarico delle acque bianche correlato alla qualità del calcestruzzo ma anche alla significativa presenza di acqua rilevabile sia in corrispondenza della zona di appoggio, sia nell'intorno delle caditoie recapitanti in alveo non correttamente eseguite.

R.T.P.:
Mandataria: Edes Ingegneri Associati
Mandanti: Enarch S.r.l.
Dott. Ing. Andrea Mascaro
Dott. Ing. Silvia Matarrese
Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

1.2 RIO SANT'ANTONINO

Imbocco tratto tombinato rio Sant'Antonino

Il tratto di rio posto a monte dell'imboccatura della tombinatura si mostra completamente antropizzato presentando una sezione di deflusso ad altezza variabile, caratterizzata dalla presenza di un fondo plateato a pendenza variabile per favorire l'ingresso dell'acqua nel tratto tombinato. Gli argini risultano costituiti da un muro in calcestruzzo in ottimo stato di conservazione in sponda destra e da un muro in pietre e calcestruzzo, impostato sul substrato roccioso ma localmente eroso in prossimità della propria imposta.

L'ingresso della tombinatura pone in luce la struttura della stessa offrendone una visione d'insieme ed evidenziandone la ripetitività e la similitudine concettuale, in piccolo, a quella già esaminata del rio Veilino.



Figura 15 – Imbocco tratto tombinato rio Sant'Antonino - Fondo plateato a pendenza variabile per favorire l'ingresso dell'acqua nel tratto tombinato. Gli argini risultano costituiti da un muro in calcestruzzo in ottimo stato di conservazione in sponda destra (sopra) e da un muro in pietre e calcestruzzo, impostato sul substrato roccioso ma localmente eroso in prossimità della propria imposta (sotto).



Figura 16 – Imbocco della tombinatura rio Sant'Antonino.

Tombinatura rio Sant'Antonino in corrispondenza edificio Galleria Sant'Antonino

Il tratto di tombinatura in esame risulta costituito da un fondo plateato in calcestruzzo, due muri d'argine in pietra e calcestruzzo posti a sostegno di un impalcato in calcestruzzo armato realizzato interamente in opera e dunque concettualmente analogo a quello del rio Veilino. L'orizzontamento è costituito da una soletta piena nervata di spessore cm 12 irrigidita da travi rettangolari larghe 20cm e ribassate di 35cm rispetto all'intradosso piano e poste ad interasse 150cm.

L'esposizione all'ambiente particolarmente umido ma soprattutto l'azione meccanica dirompente offerta dall'acqua e dal trasporto solido defluente nella tombinatura in occasione degli eventi di piena, hanno causato un diffuso deterioramento del copriferro con conseguente ossidazione delle orditure metalliche degli elementi in c.a.; l'osservazione dei punti di locale espulsione del copriferro all'intradosso delle nervature, ha permesso, di rilevare l'orditura metallica delle stesse.



Figura 17 – Particolare tipico orditura inferiore nervature solaio di copertura tombinatura-3 barre Φ16 di tipo liscio, di cui 2 correnti e 1 rialzata a 60cm dagli appoggi a costituzione dell'orditura a taglio integrativa alla staffatura diametro Φ10/30cm rilevata lungo la trave.

Le nervature in c.a. si mostrano tutte identiche e caratterizzate dalla medesima orditura inferiore costituita da 3 barre Φ16 di tipo liscio, di cui 2 correnti e 1 rialzata a 60cm dagli appoggi a costituzione dell'orditura a taglio integrativa alla staffatura diametro Φ10/30cm rilevata lungo la trave. La soletta costituente l'orizzontamento, si mostra armata, con barre lisce diametro Φ10/25 disposte solo trasversalmente alle nervature.

Dette nervature, in corrispondenza dell'edificio Galleria Sant'Antonino, si mostrano localmente gravemente danneggiate dai pregressi eventi di piena ed in maniera diffusa presentano quadri fessurativi attribuibili ad una non efficace tecnologia costruttiva; infatti, in alcune sezioni risultano presenti sovrapposizioni

dell'orditura inferiore in campata e carenze connesse al modestissimo copriferro che non ha garantito la protezione delle barre metalliche oggi completamente ossidate.



Figura 18 – Particolari principali danneggiamenti nervature – Sovrapposizioni barre in campata; completa esposizione orditura e conseguente ossidazione ed asportazione meccanica della stessa durante gli eventi di piena; ossidazione e tranciatura della staffatura.



Figura 19 – Tipiche lesioni verticali rilevate in mezzeria delle nervature per effetto della carenza di orditura conseguente il proprio deterioramento e difetto realizzativo.

Tombinatura rio Sant'Antonino tra edificio Galleria Sant'Antonino e innesto rio Veilino

Le caratteristiche generali della tombinatura risultano, in questo tratto, praticamente inalterate rispetto a quelle precedentemente descritte fatta eccezione della presenza di due salti di quota dell'orizzontamento funzionali al raccordo altimetrico della tombinatura in questione con quella del rio Veilino.

A valle della Galleria Sant'Antonino sono presenti due camini di accesso alla tombinatura realizzati in seconda fase e costituiti da pareti in calcestruzzo armato gravanti sugli argini della tombinatura e da un impalcato in grigliato metallico sostenuto da travi tipo HE.

Di questo tratto se ne prevede la completa demolizione e pertanto le osservazioni in merito allo stato di conservazione delle nervature sopra fatte, seppur anche qui valide, assumono un connotato di scarsa rilevanza strutturale.

2. CONSIDERAZIONI SULLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE

A conclusione del presente elaborato si ritiene opportuno effettuare alcune considerazioni relativamente allo stato di conservazione delle opere oggi costituenti le tombinature interessate dall'intervento di adeguamento idraulico.

Conformemente a quanto previsto in sede di progettazione preliminare, gli interventi di adeguamento idraulico avranno l'effetto, in molti tratti, di costituire una nuova struttura completamente sostitutiva di quella esistente prevedendo cioè la sostituzione dei solai ed il completo placcaggio delle strutture d'argine. Tuttavia, esistono alcune zone, rappresentate dal tratto terminale della tombinatura del rio Veilino e dal tratto della tombinatura del rio Sant'Antonino corrispondente alla Galleria Sant'Antonino, dove l'intervento di adeguamento idraulico non avrà alcun effetto sull'attuale grado di sicurezza strutturale dei manufatti che verranno mantenuti.

Il fine dell'intervento di adeguamento idraulico sarà dunque esclusivamente quello di consentire il corretto deflusso delle portate di massima piena previste per i rii in esame, lasciando come effetto secondario quello dell'adeguamento strutturale dei tratti oggetto di completo rifacimento della tombinatura. Per quanto riguarda le porzioni oggetto di intervento sulla sola sezione idraulica (solo abbassamento del fondo alveo), tuttavia risulta possibile affermare che il miglioramento del deflusso idraulico determinerà l'eliminazione di tutte le componenti di danneggiamento e deterioramento strutturale degli attuali manufatti che verranno mantenuti indotto dall'insufficienza idraulica e dall'assenza dei franchi di sicurezza di cui si ha avuto riscontro in sede di visita ispettiva.

Da un punto di vista generale, l'attuazione degli interventi di adeguamento idraulico, incideranno su tutti i muri d'argine dei tratti interessati dall'intervento rendendoli strutturalmente adeguati alle attuali norme di sicurezza delle costruzioni, mentre per gli impalcati non oggetto di sostituzione permarranno le attuali condizioni di sicurezza.

In questa sede si vogliono definire preliminarmente le portate degli orizzontamenti non interessati dal proprio rifacimento ma coinvolti dall'intervento; in particolare si vogliono valutare le portate del solaio tipico relativo alle porzioni interne all'area cimiteriale, e di quello tipico delle aree esterne. Il senso di questa valutazione preliminare sarà quello di individuare le corrette procedure operative per lo svolgimento in sicurezza delle operazioni di cantiere, ma anche quello di individuare l'opportunità di un possibile intervento di rifacimento di alcune porzioni dei manufatti esistenti per mezzo di un futuro approfondimento del loro stato di consistenza.

Nella determinazione preliminare delle portate, in questa fase, vengono eseguite una serie di ipotesi analitiche volte a schematizzare, prudenzialmente, le effettive caratteristiche geometriche e meccaniche dei componenti strutturali assumendo ci0è valori verosimili di resistenza di riferimento dei materiali da costruzione, associati a bassi livelli di conoscenza degli stessi. In particolare, per la determinazione delle portate di riferimento si analizzeranno le caratteristiche di resistenza delle sole nervature principali rappresentate dalle due tipologie di trave precedentemente descritte e meglio specificare nei seguenti paragrafi.

2.1 VALUTAZIONI PRELIMINARI DI PORTATA IMPALCATO ESTERNO ALLA ZONA CIMITERIALE

La porzione di solaio più consistente ed importante che verrà mantenuta sarà quella relativa alla zona esterna all'area cimiteriale. Tale area risulta caratterizzata da due differenti destinazioni d'uso: l'area destinata a parcheggio veicolare; l'area di transito veicolare.

Come rilevabile dalla figura sotto riportata, nell'ambito delle aree esterne al cimitero, la porzione d'impalcato presente tra i due ponti storici corrispondenti a Via Bobbio e Via Piacenza, risulta completamente impegnata dalla sede stradale, mentre la rimanete porzione ricade sulla proiezione dell'area destinata a parcheggio veicolare e viabilità veicolare proveniente dall'interno dell'area cimiteriale. Ciò premesso, risulta necessario determinare, seppur preliminarmente, in relazione al modesto livello di approfondimento conoscitivo della struttura esistente, la portata del solaio sia in termini di carico uniformemente distribuito sia in relazione al carico veicolare di tipo localizzato (veicolo convenzionale) per correttamente gestire le future operazioni ed operatività di cantiere infatti gli unici punti di accesso veicolare al cimitero interessano il solaio in questione.

Considerando la sezione e lo schema statico tipico del solaio, si riportano di seguito le determinazioni dei carichi variabili compatibili con le caratteristiche meccaniche delle strutture esistenti.

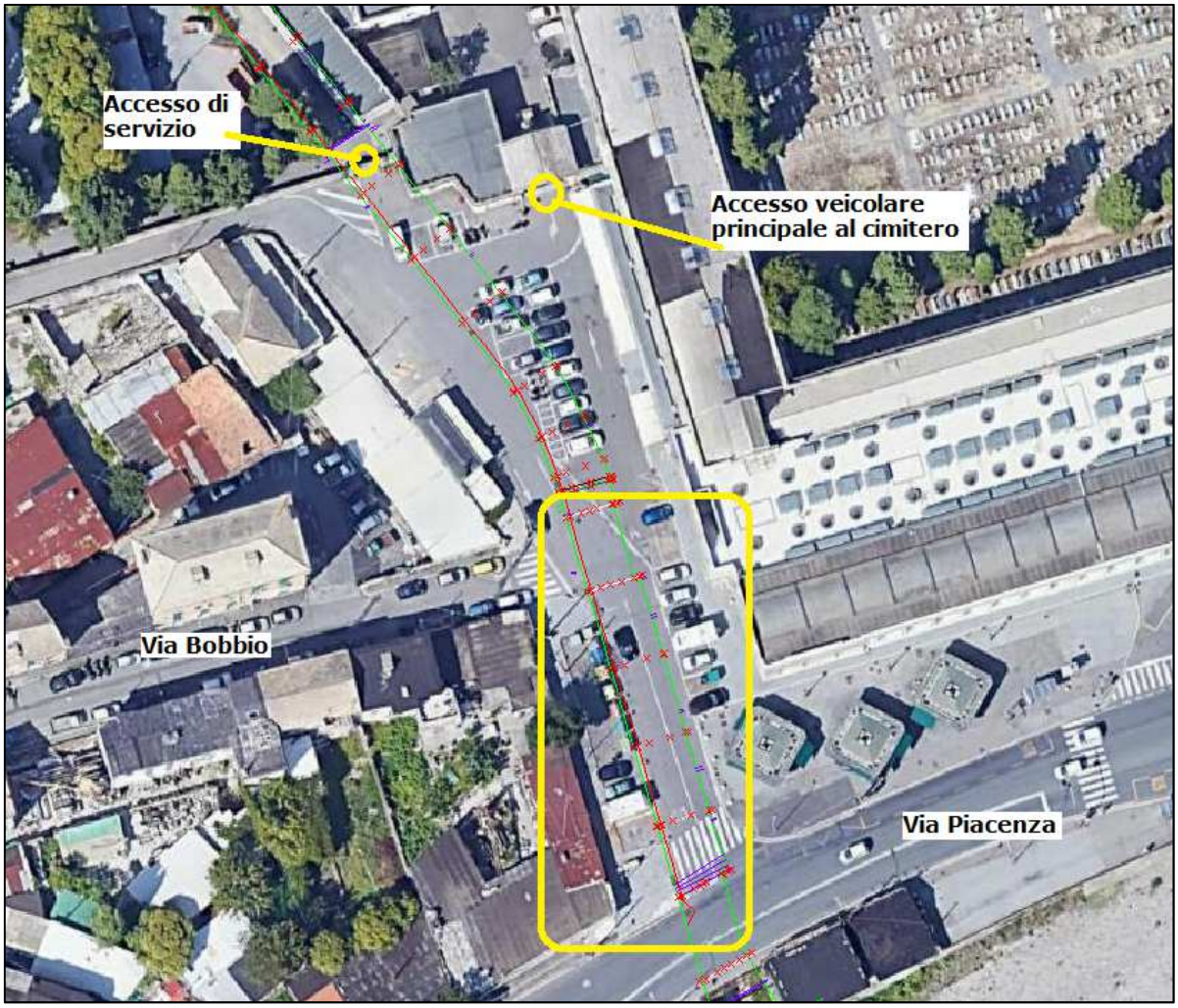


Figura 20 – Zona esterna all'area cimiteriale – indicazione delle porzioni di solaio interessate dalle diverse destinazioni d'uso (sede stradale – parcheggio veicolare) ed ubicazione punti di accesso al cimitero.

Significato dei simboli utilizzati nelle verifiche:

Le unità di misura elencate sono in [cm, daN, deg] ove non espressamente specificato.

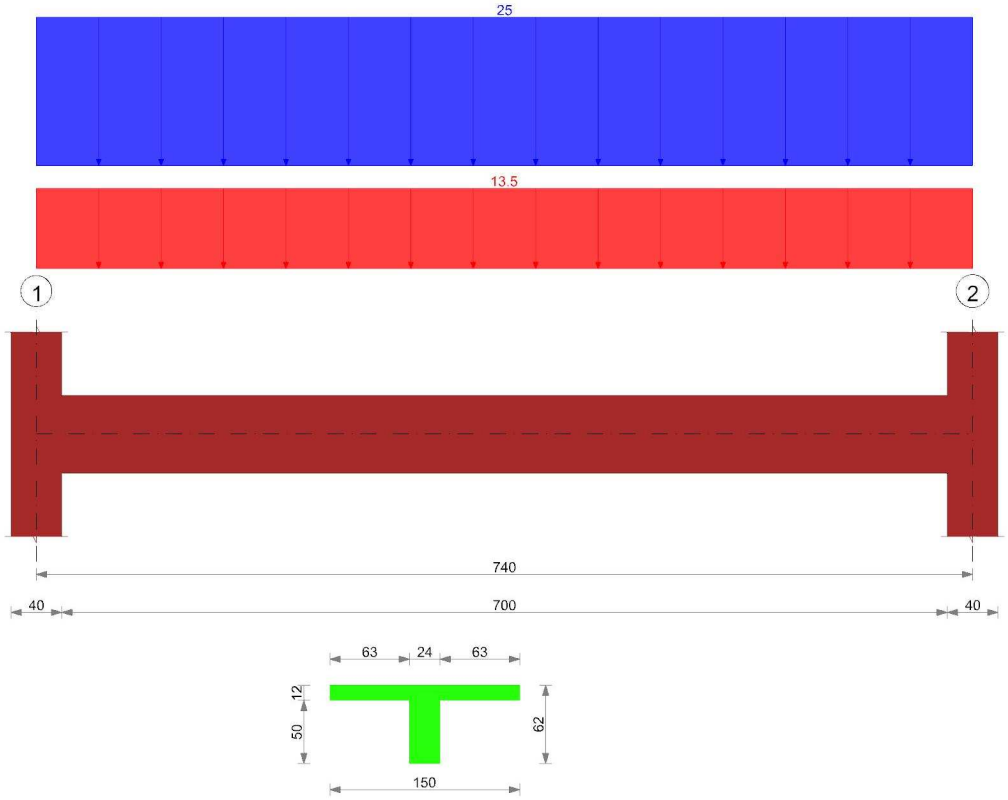
N°*: indice progressivo.*
Descrizione*: descrizione della sezione.*
Tipo*: tipo di sezione.*
Spessore anima*: spessore dell'anima. [cm]*
Altezza*: altezza della sezione. [cm]*
Sp. ala sup.*: spessore dell'ala superiore. [cm]*
Sp. ala inf.*: spessore dell'ala inferiore. [cm]*
Largh. ala sx*: sporgenza ala sx. [cm]*
Largh. ala dx*: sporgenza ala dx. [cm]*
C. sup.*: copriferro superiore. [cm]*
C. inf.*: copriferro inferiore. [cm]*
C. lat*: copriferro laterale. [cm]*
Descrizione*: nome dell'appoggio.*
Larghezza inferiore*: larghezza della porzione inferiore dell'appoggio; il valore 0 indica che vi è solo la porzione superiore. [cm]*
Larghezza superiore*: larghezza della porzione superiore dell'appoggio; il valore 0 indica che vi è solo la porzione inferiore. [cm]*
Sfalsamento*: sfalsamento asse della porzione superiore rispetto all'asse della porzione inferiore, misurata in orizzontale. [cm]*
Rigidezza appoggio*: permette di considerare l'appoggio come fisso o cedevole in direzione verticale con legge elastica lineare. [cm]*
Appoggio diretto*: appoggio diretto se costituito da pilastro o da parete, indiretto se costituito da trave.*
x*: distanza da asse appoggio sinistro. [cm]*
A sup.*: area efficace di armatura longitudinale superiore. [cm²]*
C.b. sup.*: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale superiore. [cm]*
A inf.*: area efficace di armatura longitudinale inferiore. [cm²]*
C.b. inf.*: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale inferiore. [cm]*
M+ela*: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre inferiori. [daN*cm]*
M+des*: momento flettente di progetto che tende le fibre inferiori. [daN*cm]*
M+ult*: momento ultimo per trazione delle fibre inferiori. [daN*cm]*
x/d*: rapporto tra posizione asse neutro e altezza utile.*
M-ela*: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre superiori. [daN*cm]*
M-des*: momento flettente di progetto che tende le fibre superiori. [daN*cm]*
M-ult*: momento ultimo per trazione delle fibre superiori. [daN*cm]*
Verifica*: stato di verifica.*
A st*: area di staffe per unità di lunghezza. [cm²]*
A sl*: area di armatura longitudinale tesa per valutazione resistenza taglio in assenza di armature a taglio. [cm²]*
A sag*: area equivalente di barre piegate per unità di lunghezza. [cm²]*
Vela*: taglio elastico. [daN]*
Vdes*: taglio di progetto. [daN]*
Vrd*: resistenza a taglio della sezione senza armature. [daN]*
Vrcd*: sforzo di taglio che produce il cedimento delle bielle. [daN]*
Vrsd*: resistenza a taglio per la presenza delle armature. [daN]*
Vult*: taglio ultimo. [daN]*
cotgθ*: cotg dell'angolo di inclinazione dei puntoni in calcestruzzo.*
Rara*: famiglia di combinazione di verifica.*
Mela*: momento elastico. [daN*cm]*
Mdes*: momento di progetto. [daN*cm]*
σ c*: tensione di compressione nel calcestruzzo. [daN/cm²]*
σ c lim.*: tensione limite di compressione nel calcestruzzo. [daN/cm²]*
σ f.*: tensione di trazione nell'acciaio. [daN/cm²]*
σ f lim.*: tensione limite di trazione nell'acciaio. [daN/cm²]*
Elastica+*: massima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [cm]*
Elastica-*: minima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [cm]*
Fess.+*: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [cm]*
Fess.-*: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [cm]*
Quasi permanente*: famiglia di combinazione di verifica.*
σ FRP*: tensione di trazione nell'FRP. [daN/cm²]*
σ FRP lim.*: tensione limite di trazione nell'FRP. [daN/cm²]*

***Fess. viscosa+**: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [cm]*
***Fess. viscosa-**: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [cm]*
***l/f**: rapporto luce su freccia in combinazione quasi permanente.*
***Frequente**: famiglia di combinazione di verifica.*
***Appoggio n.**: numero progressivo di appoggio.*
***Descrizione**: descrizione dell'appoggio.*
***SLU max**: reazione massima in SLU. [daN]*
***SLU min**: reazione minima in SLU. [daN]*
***Rara max**: reazione massima in SLE rara. [daN]*
***Rara min**: reazione minima in SLE rara. [daN]*
***Freq. max**: reazione massima in SLE frequente. [daN]*
***Freq. min**: reazione minima in SLE frequente. [daN]*
***Q.P. max**: reazione massima in SLE quasi permanente. [daN]*
***Q.P. min**: reazione minima in SLE quasi permanente. [daN]*

2.1.1 Valutazione portata in termini di carico uniformemente distribuito

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali

γC = 1.5; γS = 1.15

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

γG1 inf = 1; γG1 sup = 1.3; γG2 inf = 0.8; γG2 sup = 1.5; γQ = 1.5

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

ψ1 = 0.5; ψ2 = 0.3

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: Aq 42 LC1 Fym 4200 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Calcestruzzo: C20/25 LC1 Rcm 250 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Spessore anima	Altezza	Sp. ala sup.	Sp. ala inf.	Largh. ala sx	Largh. ala dx	C. sup.	C. inf.	C. lat
1	T (63+63+24)x62	a T	24	62	12		63	63	2	2	2

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 740; sezione n° 1 - T (63+63+24)x62

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Appoggio diretto
1	1	40	40	0		diretto
2	2	40	40	0		diretto

Elenco dei carichi

Il peso proprio è stato valutato automaticamente ed aggiunto ai carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 7.5

Carico uniforme: permanente 13.5; permanente portato 0; variabile 25

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

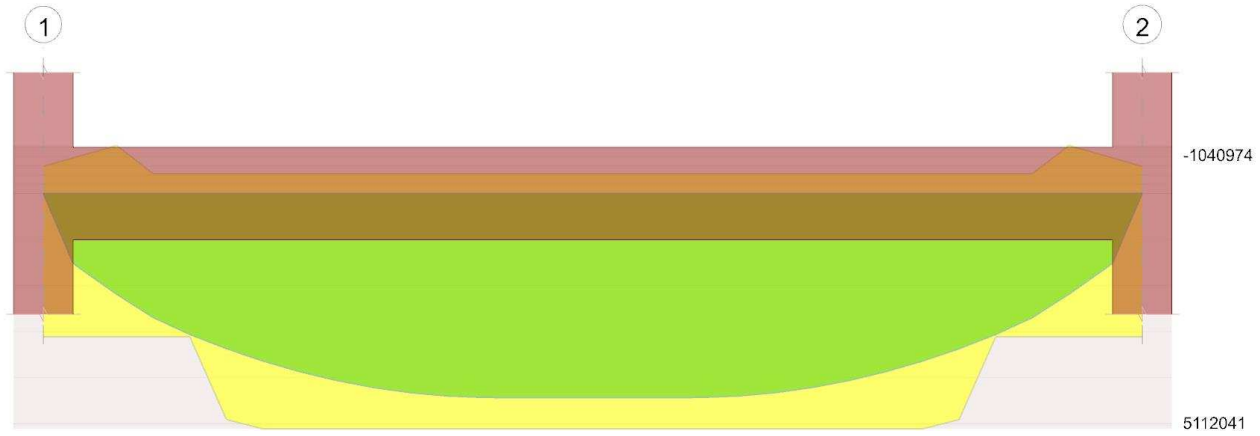


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

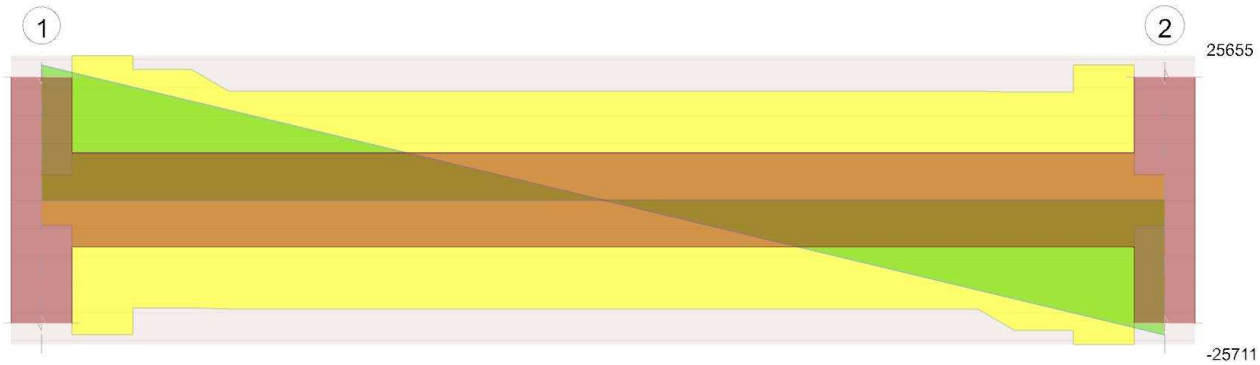


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	3.37	3.7	21.21	5.6					0	0	-587958	0.091	Si
20	4.64	3.9	21.21	5.6	466560	1512512	3109570	0.086					Si
99	2.26	3.4	21.21	5.6	2050214	3061122	3113141	0.089					Si
370	2.26	3.4	35.34	5.1	4435560	4435560	5112041	0.15					Si
720	4.64	3.9	21.21	5.6	466560	1512512	3109570	0.086					Si
740	3.37	3.7	21.21	5.6	0	0	3110239	0.087	0	0	-587958	0.091	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	4.64	0	23976	23976	4508	18284	0	4508	2.5	Si
20	0.113	21.21	0.049	22680	22680	7482	26480	25655	25655	1.05	Si
720	0.113	21.21	0.049	-22680	-22680	-7482	-26480	-25711	-25711	1.05	Si
740	0	4.64	0	-23976	-23976	-4508	-18284	0	-4508	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
20	331200	1073697	19.9	92.2	1001.5	2488.9	205200	665225	12.3	69.2	0	+∞	Si
370	3148700	3148700	49.7	92.2	1750.2	2488.9	1950825	1950825	30.8	69.2	0	+∞	Si
720	331200	1073697	19.9	92.2	1001.5	2488.9	205200	665225	12.3	69.2	0	+∞	Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
20	0.059	0.027	0.082	0.027	0.043	0.027	0.054	0.027	0.036	0.027	0.07	0.05	9999	Si
370	0.68	0.31	0.962	0.327	0.495	0.31	0.646	0.327	0.421	0.31	0.805	0.575	919	Si
720	0.059	0.027	0.082	0.027	0.043	0.027	0.054	0.027	0.036	0.027	0.07	0.05	9999	Si

Reazioni vincolari

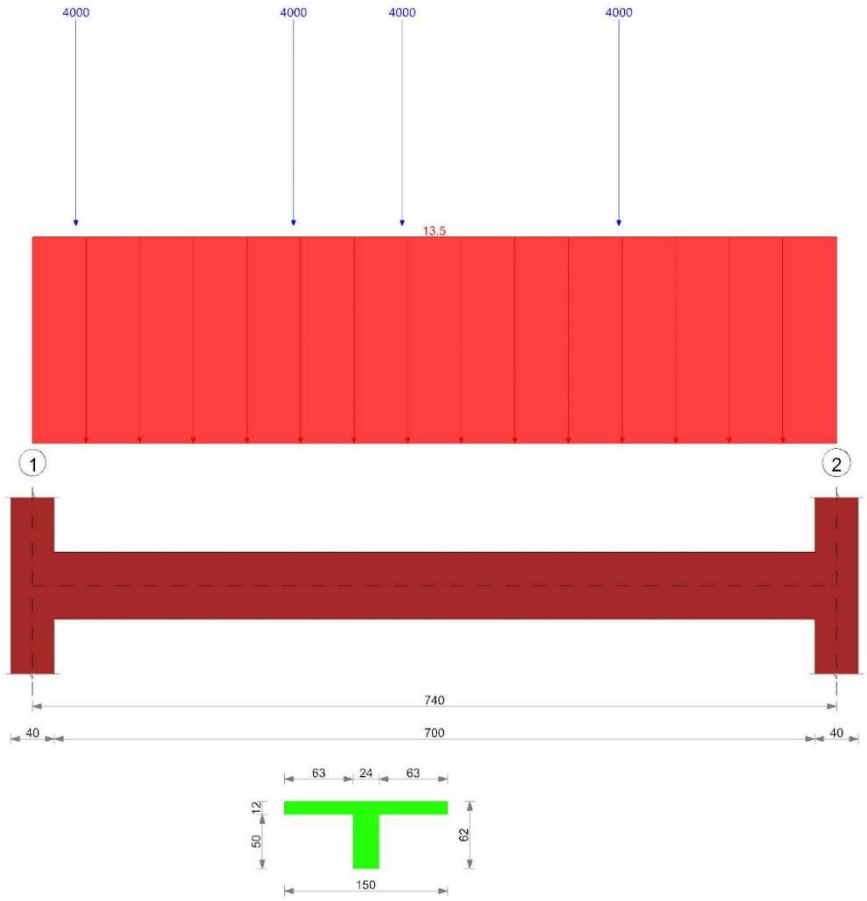
Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	1	23976	7770	17020	7770	12395	7770	10545	7770
2	2	23976	7770	17020	7770	12395	7770	10545	7770

2.1.2 Valutazione portata in termini di carico concentrato – asse veicoli caso 1

In relazione alla larghezza della sede stradale, si determina di seguito il massimo carico veicolare compatibile con le caratteristiche meccaniche della nervatura in una possibile ipotesi di ubicazione e condizione del carico veicolare rappresentato dall'asse veicolare convenzionale.

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali

γC = 1.5; γS = 1.15

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

γG1 inf = 1; γG1 sup = 1.3; γG2 inf = 0.8; γG2 sup = 1.5; γQ = 1.5

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

ψ1 = 0.5; ψ2 = 0.3

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: Aq 42 LC1 Fym 4200 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Calcestruzzo: C20/25 LC1 Rcm 250 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Spessore anima	Altezza	Sp. ala sup.	Sp. ala inf.	Largh. ala sx	Largh. ala dx	C. sup.	C. inf.	C. lat
1	T (63+63+24)x62	a T	24	62	12		63	63	2	2	2

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 740; sezione n° 1 - T (63+63+24)x62

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Appoggio diretto
1	1	40	40	0		diretto
2	2	40	40	0		diretto

Elenco dei carichi

Il peso proprio è stato valutato automaticamente ed aggiunto ai carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 7.5

Carico uniforme: permanente 13.5; permanente portato 0; variabile 0

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 4000; dist. 40; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 4000; dist. 240.2; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 4000; dist. 340.2; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 4000; dist. 539.7; ampiezza 40

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

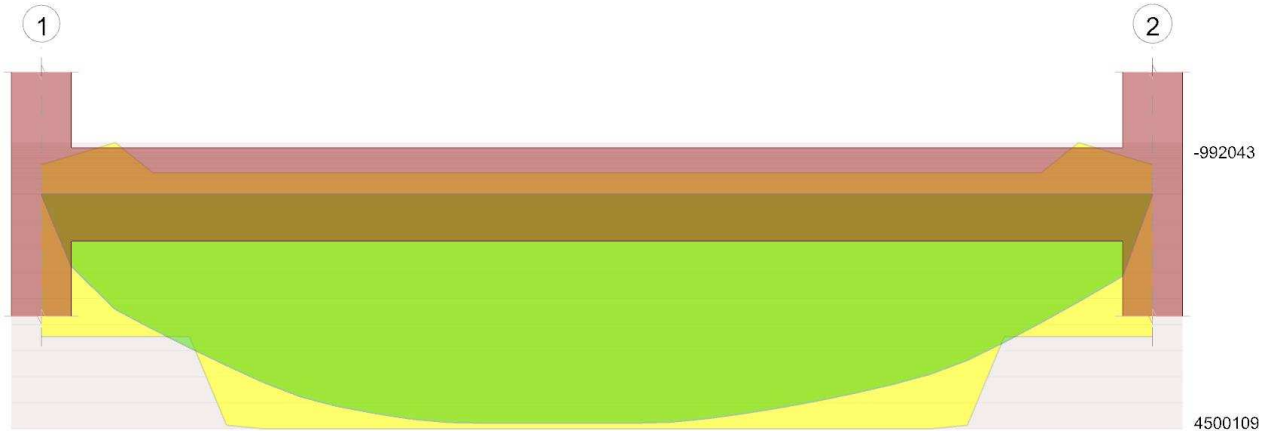


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

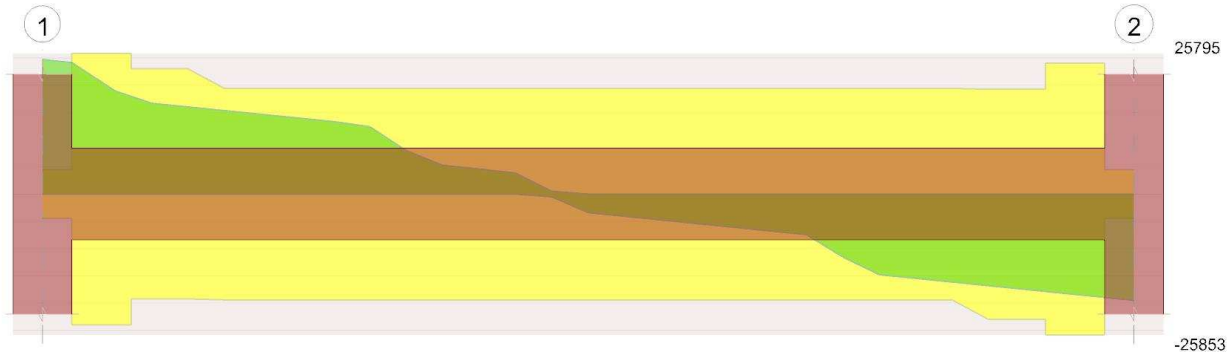
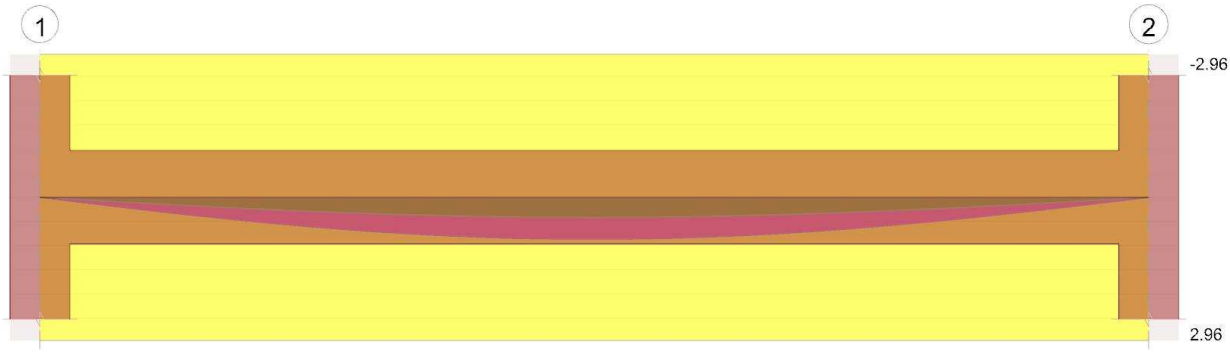


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	3.29	3.7	18.47	5.5					0	0	-567706	0.089	Si
20	4.48	3.8	18.47	5.5	488428	1377576	2725857	0.077					Si
99	2.26	3.4	18.47	5.5	1951445	2941924	2726909	0.078					*
370	2.26	3.4	30.79	5	4330733	4389854	4500109	0.13					Si
720	4.48	3.8	18.47	5.5	384692	1567958	2725857	0.077					Si
740	3.29	3.7	18.47	5.5	0	0	2727331	0.078	0	0	-567706	0.089	Si

**Condizione di definizione del limite di carico*

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	4.48	0	24694	24694	4460	18316	0	4460	2.5	Si
20	0.113	18.47	0.045	24144	24144	7151	26438	25795	25795	1.1	Si
370	0.061	30.79	0	-3407	-3407	-8189	-19606	-19417	-19417	2.3	Si
720	0.113	18.47	0.045	-18962	-18962	-7151	-26438	-25853	-25853	1.1	Si
740	0	4.48	0	-19508	-19508	-4460	-18316	0	-4460	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
20	345779	978881	19.1	92.2	1041.5	2488.9	209574	611274	11.9	69.2	0	+∞	Si
370	3078815	3117377	51.1	92.2	1978.2	2488.9	1929860	1936956	31.7	69.2	0	+∞	Si
720	276621	1123525	21.9	92.2	1195.3	2488.9	188826	747713	14.6	69.2	0	+∞	Si
740	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
20	0.057	0.027	0.088	0.03	0.042	0.027	0.059	0.03	0.036	0.027	0.076	0.054	9779	Si
370	0.658	0.31	1.03	0.363	0.484	0.31	0.698	0.363	0.415	0.31	0.867	0.629	854	Si
720	0.056	0.027	0.085	0.03	0.041	0.027	0.057	0.03	0.035	0.027	0.075	0.054	9915	Si
740	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9999	Si

Reazioni vincolari

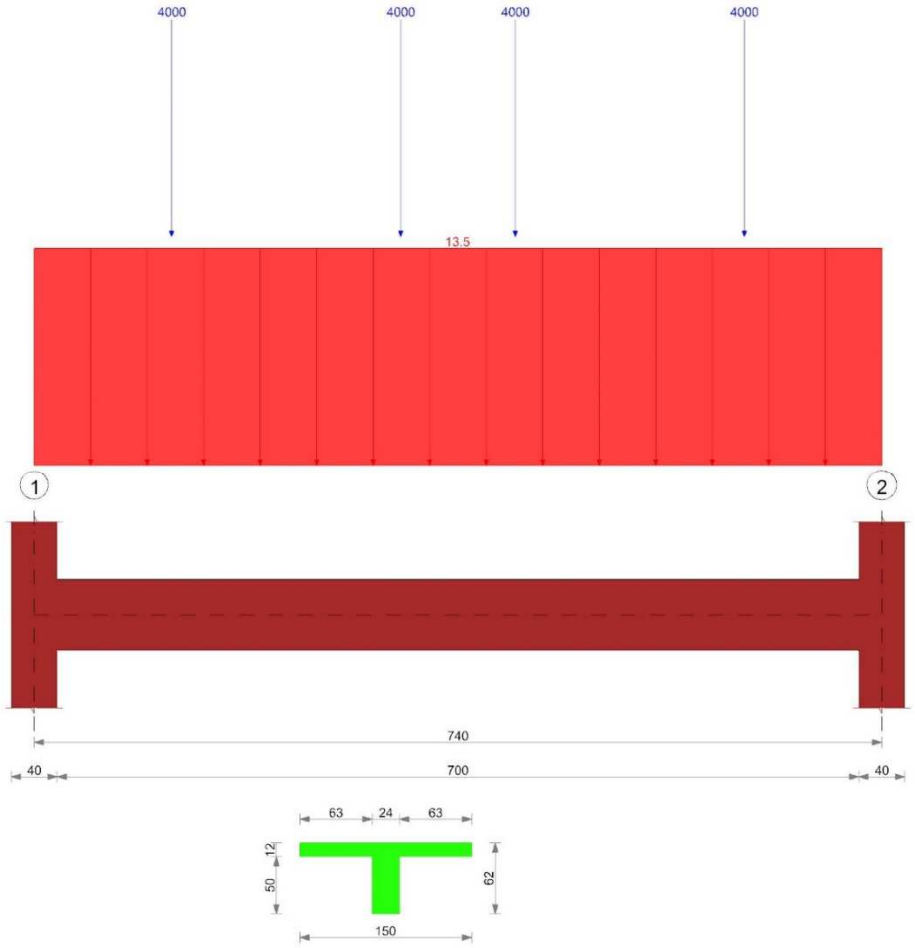
Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	1	24694.4	7770	17498.9	7770	12634.5	7770	10688.7	7770
2	2	19507.6	7770	14041.1	7770	10905.5	7770	9651.3	7770

2.1.3 Valutazione portata in termini di carico concentrato – asse veicoli caso 2

In relazione alla larghezza della sede stradale, si determina di seguito il massimo carico veicolare compatibile con le caratteristiche meccaniche della nervatura in una possibile ipotesi di ubicazione e condizione del carico veicolare rappresentato dall'asse veicolare convenzionale.

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprieta' dei materiali

γC = 1.5; γS = 1.15

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

γG1 inf = 1; γG1 sup = 1.3; γG2 inf = 0.8; γG2 sup = 1.5; γQ = 1.5

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

ψ1 = 0.5; ψ2 = 0.3

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: Aq 42 LC1 Fym 4200 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Calcestruzzo: C20/25 LC1 Rcm 250 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Spessore anima	Altezza	Sp. ala sup.	Sp. ala inf.	Largh. ala sx	Largh. ala dx	C. sup.	C. inf.	C. lat
1	T (63+63+24)x62	a T	24	62	12		63	63	2	2	2

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 740; sezione n° 1 - T (63+63+24)x62

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Appoggio diretto
1	1	40	40	0		diretto
2	2	40	40	0		diretto

Elenco dei carichi

Il peso proprio è stato valutato automaticamente ed aggiunto ai carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 7.5

Carico uniforme: permanente 13.5; permanente portato 0; variabile 0

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 4000; dist. 120; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 4000; dist. 320; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 4000; dist. 420; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 4000; dist. 620; ampiezza 40

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione



Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

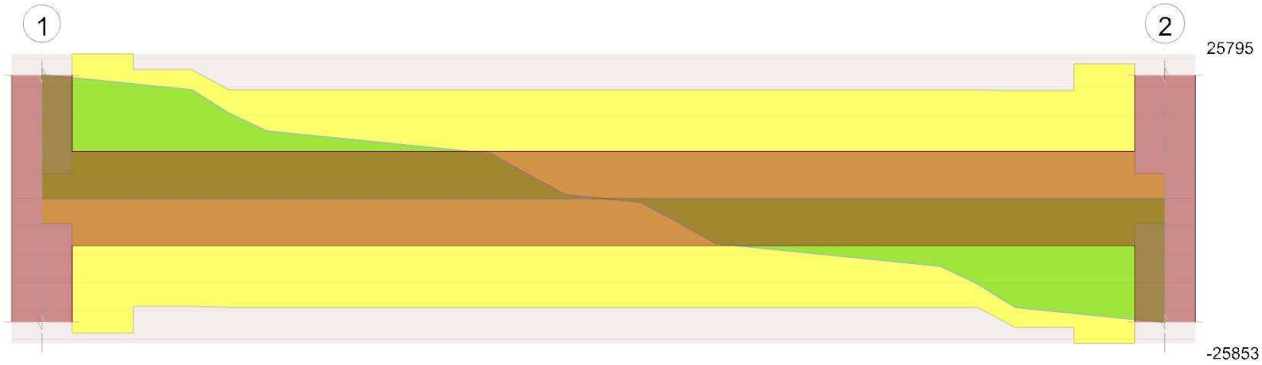
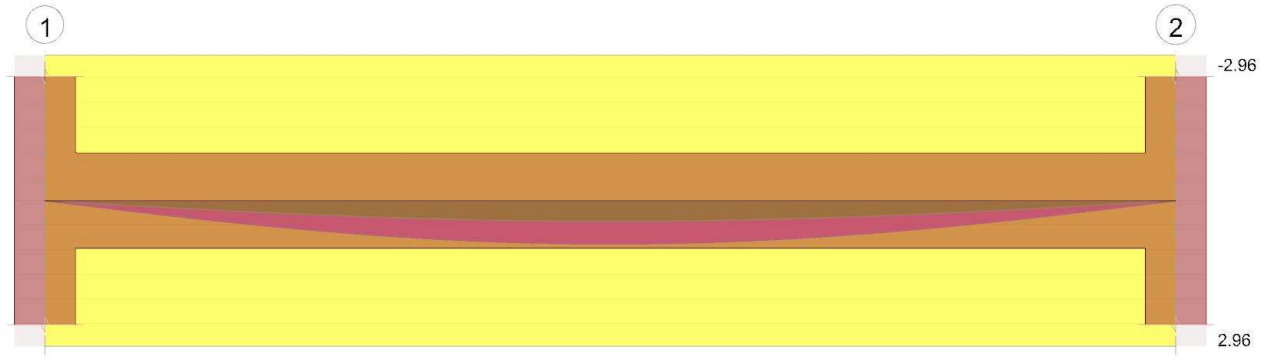


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	3.29	3.7	18.47	5.5					0	0	-567706	0.089	Si
20	4.48	3.8	18.47	5.5	436560	1565569	2725857	0.077					Si
99	2.26	3.4	18.47	5.5	2047748	2970223	2726909	0.078					*
370	2.26	3.4	30.79	5	4508685	4508685	4500109	0.13					*

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
720	4.48	3.8	18.47	5.5	436560	1565569	2725857	0.077					Si
740	3.29	3.7	18.47	5.5	0	0	2727331	0.078	0	0	-567706	0.089	Si

**Condizione di definizione del limite di carico*

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	4.48	0	22101	22101	4460	18316	0	4460	2.5	Si
20	0.113	18.47	0.045	21555	21555	7151	26438	25795	25795	1.1	Si
370	0.061	30.79	0	0	0	8189	19606	19417	19417	2.3	Si
720	0.113	18.47	0.045	-21555	-21555	-7151	-26438	-25853	-25853	1.1	Si
740	0	4.48	0	-22101	-22101	-4460	-18316	0	-4460	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
20	311200	1112905	21.7	92.2	1184	2488.9	199200	697132	13.6	69.2	0	+∞	Si
370	3197450	3197450	52.4	92.2	2029	2488.9	1965450	1965450	32.2	69.2	0	+∞	Si
720	311200	1112905	21.7	92.2	1184	2488.9	199200	697132	13.6	69.2	0	+∞	Si
740	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
20	0.058	0.027	0.091	0.03	0.043	0.027	0.06	0.03	0.036	0.027	0.077	0.054	9663	Si
370	0.679	0.31	1.071	0.363	0.495	0.31	0.719	0.363	0.421	0.31	0.882	0.629	839	Si
720	0.058	0.027	0.091	0.03	0.043	0.027	0.06	0.03	0.036	0.027	0.077	0.054	9663	Si
740	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9999	Si

Reazioni vincolari

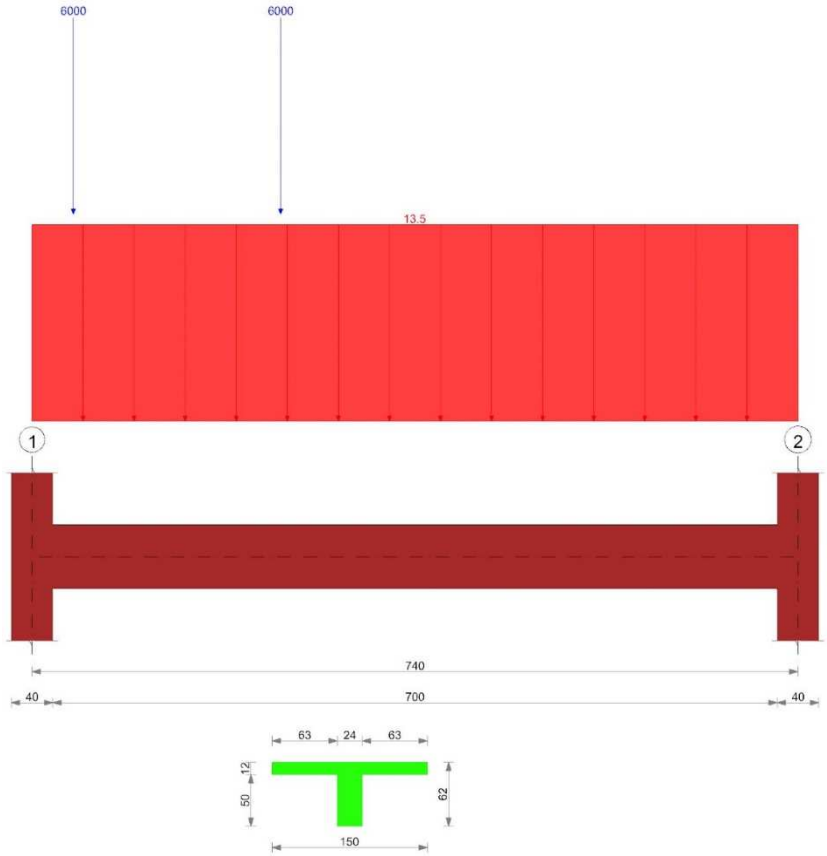
Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	1	22101	7770	15770	7770	11770	7770	10170	7770
2	2	22101	7770	15770	7770	11770	7770	10170	7770

2.1.4 Valutazione portata in termini di carico concentrato – asse veicoli caso 3

Nell'ipotesi di limitare la larghezza della sede stradale o di regolamentare a senso unico alternato per i mezzi pesanti il transito sul solaio, si determina di seguito il massimo carico veicolare compatibile con le caratteristiche meccaniche della nervatura in una possibile ipotesi di ubicazione e condizione del carico veicolare rappresentato dall'asse veicolare convenzionale.

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali

γC = 1.5; γS = 1.15

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

γG1 inf = 1; γG1 sup = 1.3; γG2 inf = 0.8; γG2 sup = 1.5; γQ = 1.5

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

ψ1 = 0.5; ψ2 = 0.3

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: Aq 42 LC1 Fym 4200 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Calcestruzzo: C20/25 LC1 Rcm 250 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Spessore anima	Altezza	Sp. ala sup.	Sp. ala inf.	Largh. ala sx	Largh. ala dx	C. sup.	C. inf.	C. lat
1	T (63+63+24)x62	a T	24	62	12		63	63	2	2	2

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 740; sezione n° 1 - T (63+63+24)x62

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Appoggio diretto
1	1	40	40	0		diretto
2	2	40	40	0		diretto

Elenco dei carichi

Il peso proprio è stato valutato automaticamente ed aggiunto ai carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 7.5

Carico uniforme: permanente 13.5; permanente portato 0; variabile 0

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 6000; dist. 40; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 6000; dist. 240.2; ampiezza 40

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

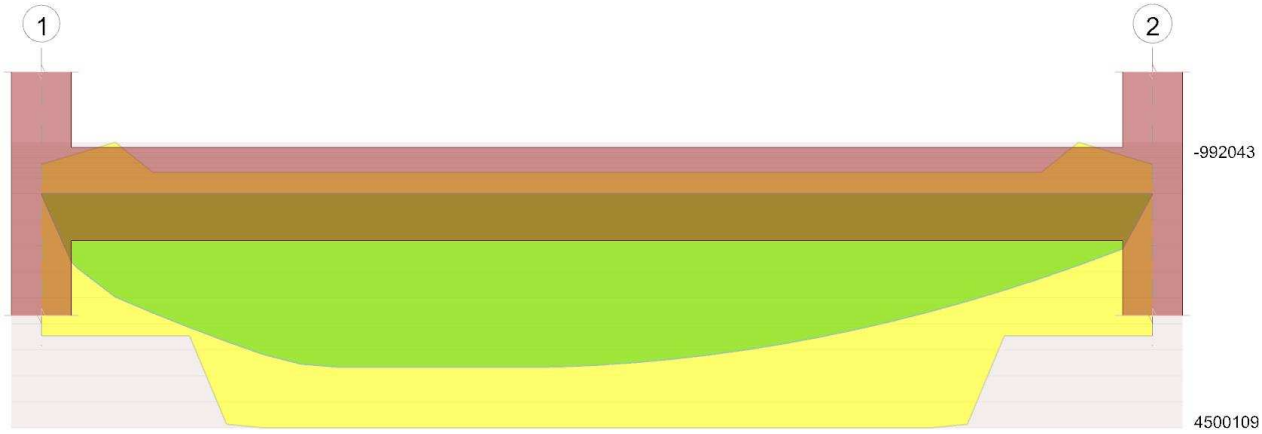


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

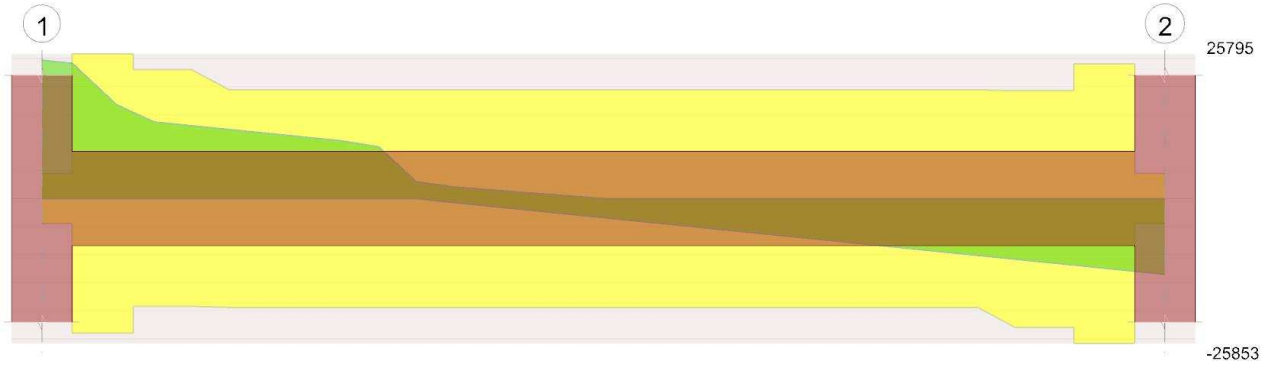


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	3.29	3.7	18.47	5.5					0	0	-567706	0.089	Si
20	4.48	3.8	18.47	5.5	488402	1303446	2725857	0.077					Si
99	2.26	3.4	18.47	5.5	1775227	2568522	2726909	0.078					Si
370	2.26	3.4	30.79	5	3129598	3292721	4500109	0.13					Si
720	4.48	3.8	18.47	5.5	264717	1055387	2725857	0.077					Si
740	3.29	3.7	18.47	5.5	0	0	2727331	0.078	0	0	-567706	0.089	Si

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	4.48	0	24693	24693	4460	18316	0	4460	2.5	Si
20	0.113	18.47	0.045	24140	24140	7151	26438	25795	25795	1.1	Si
370	0.061	30.79	0	-3408	-3408	-8189	-19606	-19417	-19417	2.3	Si
720	0.113	18.47	0.045	-12963	-12963	-7151	-26438	-25853	-25853	1.1	Si
740	0	4.48	0	-13509	-13509	-4460	-18316	0	-4460	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
20	345762	929473	18.1	92.2	988.9	2488.9	209568	596514	11.6	69.2	0	+∞	Si
370	2278059	2380574	39	92.2	1510.7	2488.9	1689633	1700056	27.8	69.2	0	+∞	Si
720	196638	781882	15.2	92.2	831.9	2488.9	164831	645590	12.6	69.2	0	+∞	Si
740	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
20	0.046	0.027	0.067	0.03	0.036	0.027	0.048	0.03	0.033	0.027	0.068	0.054	9999	Si
370	0.502	0.31	0.733	0.363	0.406	0.31	0.548	0.363	0.368	0.31	0.76	0.629	973	Si
720	0.041	0.027	0.057	0.03	0.034	0.027	0.043	0.03	0.031	0.027	0.064	0.054	9999	Si

Reazioni vincolari

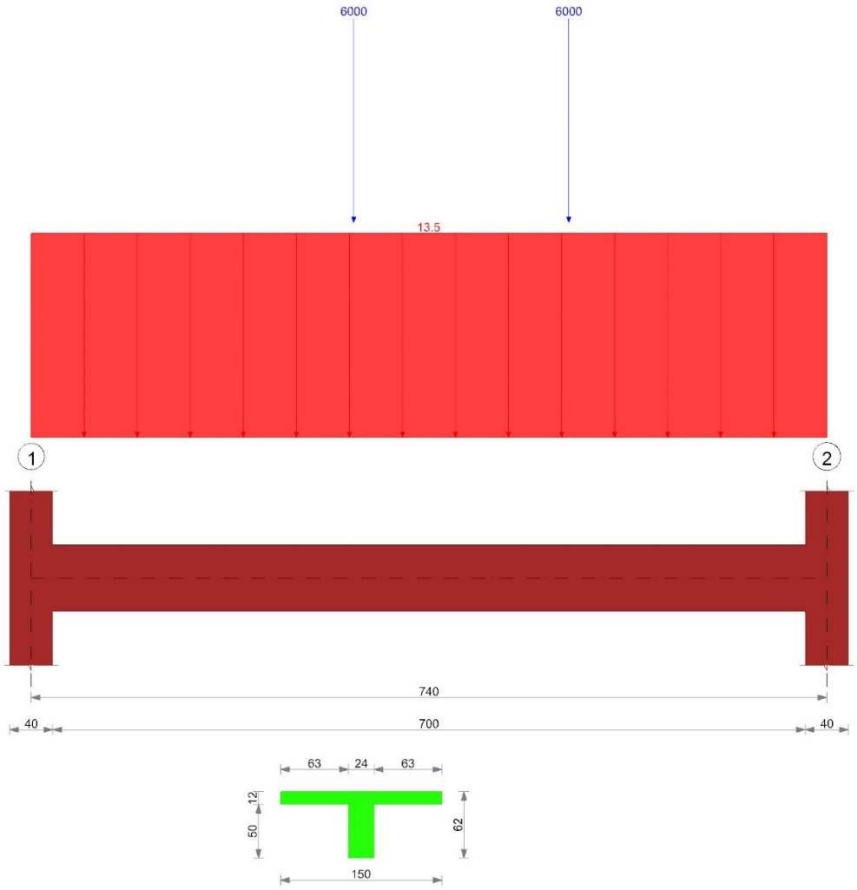
Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	1	24693.1	7770	17498.1	7770	12634	7770	10688.4	7770
2	2	13508.9	7770	10041.9	7770	8906	7770	8451.6	7770

2.1.5 Valutazione portata in termini di carico concentrato – asse veicoli caso 4

Nell'ipotesi di limitare la larghezza della sede stradale o di regolamentare a senso unico alternato per i mezzi pesanti il transito sul solaio, si determina di seguito il massimo carico veicolare compatibile con le caratteristiche meccaniche della nervatura in una possibile ipotesi di ubicazione e condizione del carico veicolare rappresentato dall'asse veicolare convenzionale.

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprieta' dei materiali

γC = 1.5; γS = 1.15

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

γG1 inf = 1; γG1 sup = 1.3; γG2 inf = 0.8; γG2 sup = 1.5; γQ = 1.5

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

ψ1 = 0.5; ψ2 = 0.3

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: Aq 42 LC1 Fym 4200 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Calcestruzzo: C20/25 LC1 Rcm 250 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Spessore anima	Altezza	Sp. ala sup.	Sp. ala inf.	Largh. ala sx	Largh. ala dx	C. sup.	C. inf.	C. lat
1	T (63+63+24)x62	a T	24	62	12		63	63	2	2	2

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 740; sezione n° 1 - T (63+63+24)x62

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Appoggio diretto
1	1	40	40	0		diretto
2	2	40	40	0		diretto

Elenco dei carichi

Il peso proprio è stato valutato automaticamente ed aggiunto ai carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 7.5

Carico uniforme: permanente 13.5; permanente portato 0; variabile 0

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 6000; dist. 300; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 6000; dist. 500; ampiezza 40

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

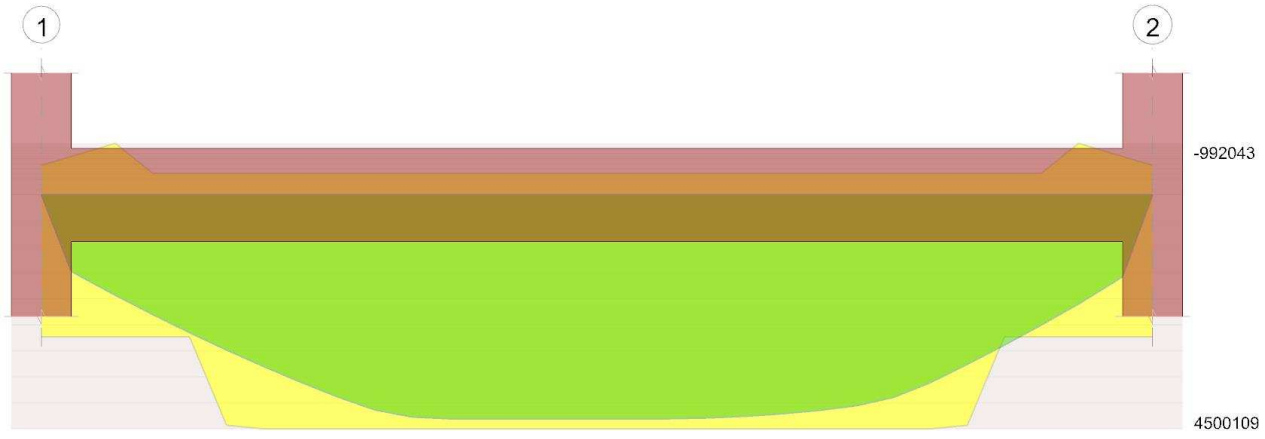


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

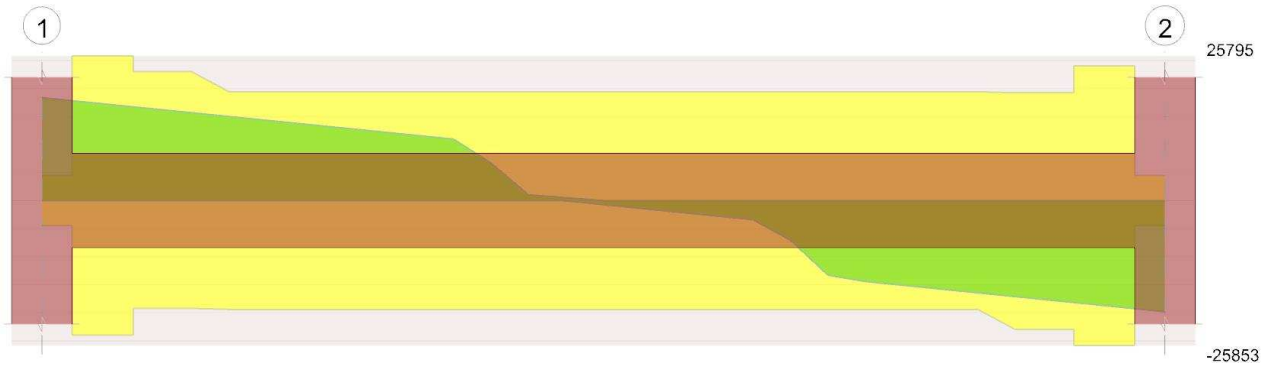
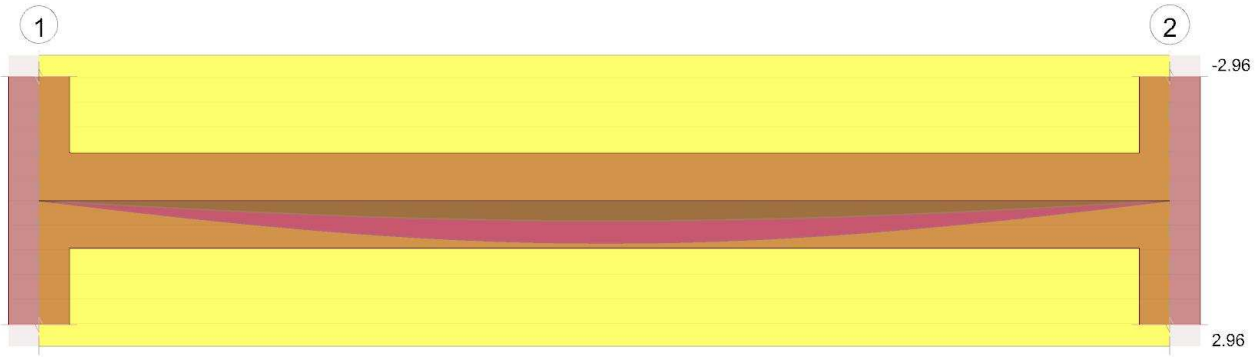


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	3.29	3.7	18.47	5.5	0	0	2727331	0.078	0	0	-567706	0.089	Si
20	4.48	3.8	18.47	5.5	361965	1472095	2725857	0.077					Si
370	2.26	3.4	30.79	5	4298685	4308380	4500109	0.13					Si
641	2.26	3.4	18.47	5.5	1823748	2888883	2726909	0.078					*
720	4.48	3.8	18.47	5.5	391155	1568948	2725857	0.077					Si
740	3.29	3.7	18.47	5.5	0	0	2727331	0.078	0	0	-567706	0.089	Si

**Condizione di definizione del limite di carico*

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	4.48	0	18371	18371	4460	18316	0	4460	2.5	Si
20	0.113	18.47	0.045	17825	17825	7151	26438	25795	25795	1.1	Si
370	0.061	30.79	0	-730	-730	-8189	-19606	-19417	-19417	2.3	Si
720	0.113	18.47	0.045	-19285	-19285	-7151	-26438	-25853	-25853	1.1	Si
740	0	4.48	0	-19831	-19831	-4460	-18316	0	-4460	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
20	261470	1059687	20.6	92.2	1127.4	2488.9	184281	728931	14.2	69.2	0	+∞	Si
370	3057450	3063061	50.2	92.2	1943.8	2488.9	1923450	1923450	31.5	69.2	0	+∞	Si
720	280930	1122973	21.9	92.2	1194.8	2488.9	190119	741182	14.4	69.2	0	+∞	Si
740	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
20	0.055	0.027	0.083	0.03	0.041	0.027	0.056	0.03	0.035	0.027	0.074	0.054	9999	Si
370	0.653	0.31	1.019	0.363	0.482	0.31	0.693	0.363	0.413	0.31	0.863	0.629	858	Si
720	0.056	0.027	0.086	0.03	0.041	0.027	0.058	0.03	0.036	0.027	0.075	0.054	9890	Si
740	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9999	Si

Reazioni vincolari

Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	1	18371.3	7770	13283.5	7770	10526.8	7770	9424.1	7770
2	2	19830.7	7770	14256.5	7770	11013.2	7770	9715.9	7770

2.2 VALUTAZIONI PRELIMINARI DI PORTATA IMPALCATO INTERNO ALLA ZONA CIMITERIALE

In analogia a quanto eseguito per le porzioni di impalcato esterne all'area cimiteriale, vengono di seguito individuati i carichi limite compatibili, nell'attuale stato di conoscenza, con le caratteristiche meccaniche della nervatura tipo.

Significato dei simboli utilizzati nelle verifiche:

Le unità di misura elencate sono in [cm, daN, deg] ove non espressamente specificato.

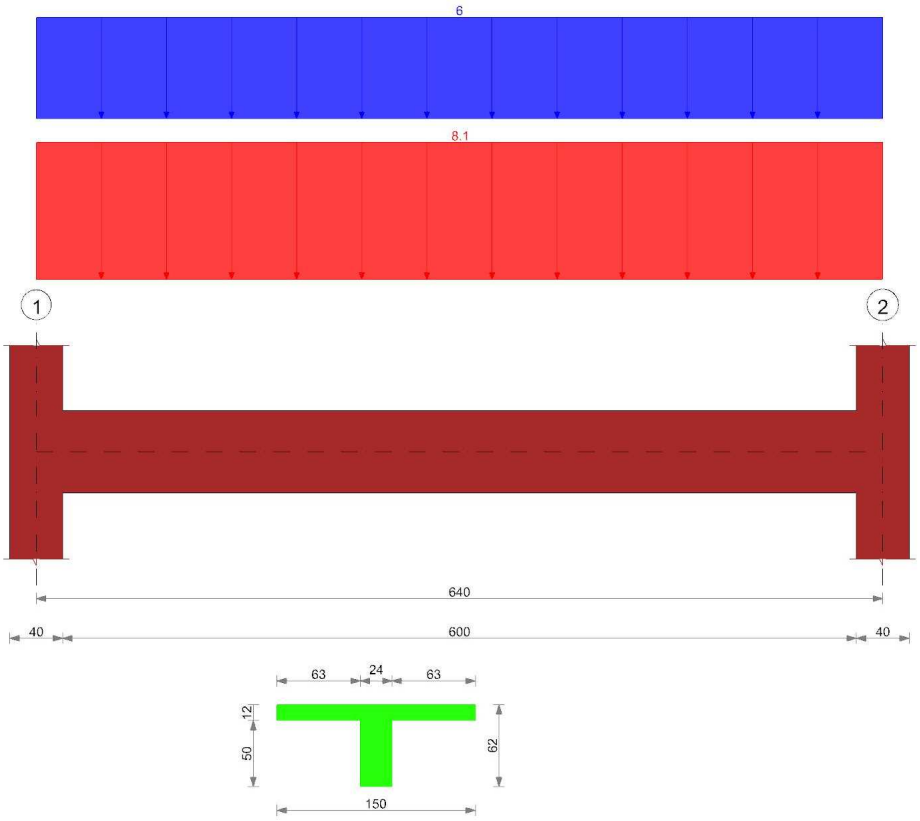
***N°**: indice progressivo.*
***Descrizione**: descrizione della sezione.*
***Tipo**: tipo di sezione.*
***Spessore anima**: spessore dell'anima. [cm]*
***Altezza**: altezza della sezione. [cm]*
***Sp. ala sup.**: spessore dell'ala superiore. [cm]*
***Sp. ala inf.**: spessore dell'ala inferiore. [cm]*
***Largh. ala sx**: sporgenza ala sx. [cm]*
***Largh. ala dx**: sporgenza ala dx. [cm]*
***C. sup.**: copriferro superiore. [cm]*
***C. inf.**: copriferro inferiore. [cm]*
***C. lat**: copriferro laterale. [cm]*
***Descrizione**: nome dell'appoggio.*
***Larghezza inferiore**: larghezza della porzione inferiore dell'appoggio; il valore 0 indica che vi è solo la porzione superiore. [cm]*
***Larghezza superiore**: larghezza della porzione superiore dell'appoggio; il valore 0 indica che vi è solo la porzione inferiore. [cm]*
***Sfalsamento**: sfalsamento asse della porzione superiore rispetto all'asse della porzione inferiore, misurata in orizzontale. [cm]*
***Rigidezza appoggio**: permette di considerare l'appoggio come fisso o cedevole in direzione verticale con legge elastica lineare. [cm]*
***Appoggio diretto**: appoggio diretto se costituito da pilastro o da parete, indiretto se costituito da trave.*
***x**: distanza da asse appoggio sinistro. [cm]*
***A sup.**: area efficace di armatura longitudinale superiore. [cm²]*
***C.b. sup.**: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale superiore. [cm]*
***A inf.**: area efficace di armatura longitudinale inferiore. [cm²]*
***C.b. inf.**: distanza dal bordo del baricentro dell'armatura longitudinale inferiore. [cm]*
***M+ela**: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre inferiori. [daN*cm]*
***M+des**: momento flettente di progetto che tende le fibre inferiori. [daN*cm]*
***M+ult**: momento ultimo per trazione delle fibre inferiori. [daN*cm]*
***x/d**: rapporto tra posizione asse neutro e altezza utile.*
***M-ela**: momento flettente desunto dal solutore che tende le fibre superiori. [daN*cm]*
***M-des**: momento flettente di progetto che tende le fibre superiori. [daN*cm]*
***M-ult**: momento ultimo per trazione delle fibre superiori. [daN*cm]*
***Verifica**: stato di verifica.*
***A st**: area di staffe per unità di lunghezza. [cm²]*
***A sl**: area di armatura longitudinale tesa per valutazione resistenza taglio in assenza di armature a taglio. [cm²]*
***A sag**: area equivalente di barre piegate per unità di lunghezza. [cm²]*
***Vela**: taglio elastico. [daN]*
***Vdes**: taglio di progetto. [daN]*
***Vrd**: resistenza a taglio della sezione senza armature. [daN]*
***Vrcd**: sforzo di taglio che produce il cedimento delle bielle. [daN]*
***Vrsd**: resistenza a taglio per la presenza delle armature. [daN]*
***Vult**: taglio ultimo. [daN]*
***cotgθ**: cotg dell'angolo di inclinazione dei puntoni in calcestruzzo.*
***Rara**: famiglia di combinazione di verifica.*
***Mela**: momento elastico. [daN*cm]*
***Mdes**: momento di progetto. [daN*cm]*
***σ c**: tensione di compressione nel calcestruzzo. [daN/cm²]*
***σ c lim.**: tensione limite di compressione nel calcestruzzo. [daN/cm²]*
***σ f.**: tensione di trazione nell'acciaio. [daN/cm²]*
***σ f lim.**: tensione limite di trazione nell'acciaio. [daN/cm²]*

***Elastica+**: massima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [cm]*
***Elastica-**: minima freccia a sezione interamente reagente di solo calcestruzzo. [cm]*
***Fess.+**: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [cm]*
***Fess.-**: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata. [cm]*
***Quasi permanente**: famiglia di combinazione di verifica.*
***σ FRP**: tensione di trazione nell'FRP. [daN/cm²]*
***σ FRP lim.**: tensione limite di trazione nell'FRP. [daN/cm²]*
***Fess. viscosa+**: massima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [cm]*
***Fess. viscosa-**: minima freccia a sezione fessurata ed omogeneizzata a viscosità esaurita. [cm]*
***l/f**: rapporto luce su freccia in combinazione quasi permanente.*
***Frequente**: famiglia di combinazione di verifica.*
***Appoggio n.**: numero progressivo di appoggio.*
***Descrizione**: descrizione dell'appoggio.*
***SLU max**: reazione massima in SLU. [daN]*
***SLU min**: reazione minima in SLU. [daN]*
***Rara max**: reazione massima in SLE rara. [daN]*
***Rara min**: reazione minima in SLE rara. [daN]*
***Freq. max**: reazione massima in SLE frequente. [daN]*
***Freq. min**: reazione minima in SLE frequente. [daN]*
***Q.P. max**: reazione massima in SLE quasi permanente. [daN]*
***Q.P. min**: reazione minima in SLE quasi permanente. [daN]*

2.2.1 Valutazione portata in termini di carico uniformemente distribuito

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali

γC = 1.5; γS = 1.15

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

γG1 inf = 1; γG1 sup = 1.3; γG2 inf = 0.8; γG2 sup = 1.5; γQ = 1.5

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

ψ1 = 0.5; ψ2 = 0.3

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: Aq 42 LC1 Fym 4200 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Calcestruzzo: C20/25 LC1 Rcm 250 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Spessore anima	Altezza	Sp. ala sup.	Sp. ala inf.	Largh. ala sx	Largh. ala dx	C. sup.	C. inf.	C. lat
1	T (63+63+24)x62	a T	24	62	12		63	63	2	2	2

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 640; sezione n° 1 - T (63+63+24) x62

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Appoggio diretto
1	1	40	40	0		diretto
2	2	40	40	0		diretto

Elenco dei carichi

Il peso proprio è stato valutato automaticamente ed aggiunto ai carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 7.5

Carico uniforme: permanente 8.1; permanente portato 0; variabile 6

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

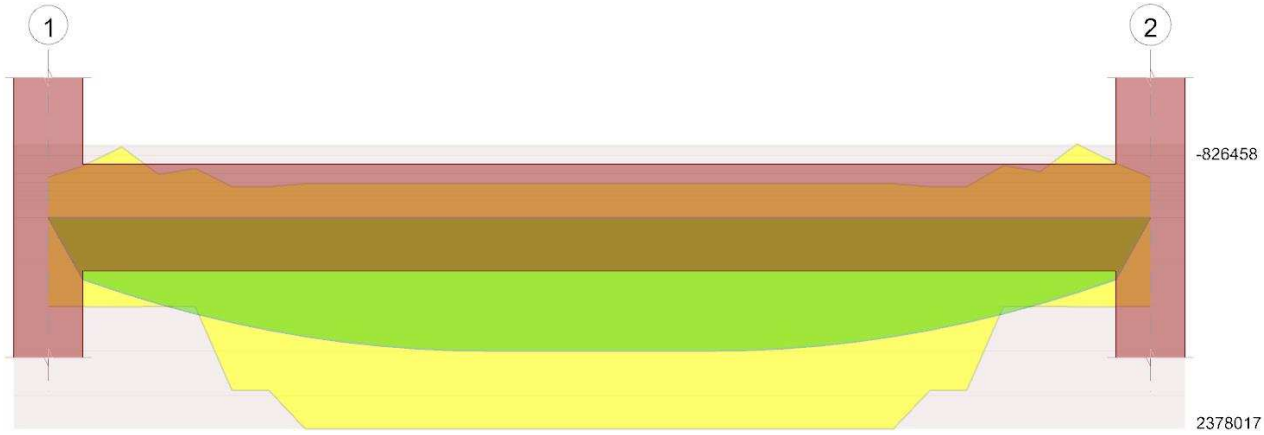


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

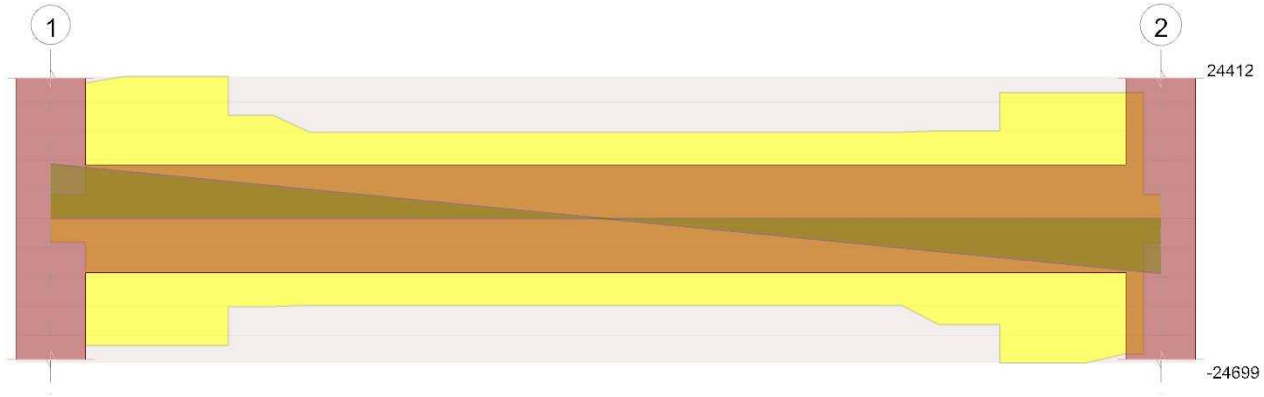
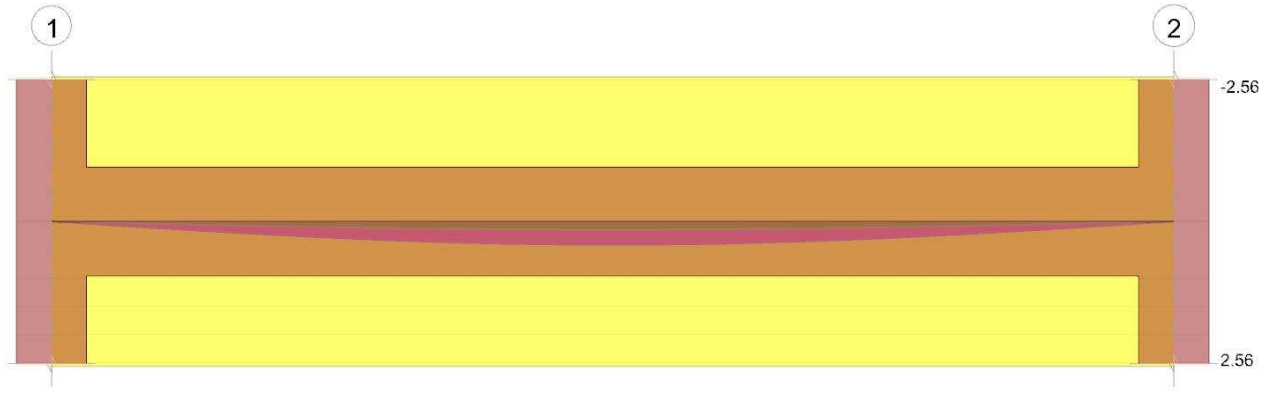


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	2.98	3.6	6.28	3.6					0	0	-455335	0.064	Si
20	3.83	3.6	6.28	3.6	181536	695339	1001020	0.045					Si
320	2.26	3.6	15.71	4.4	1499136	1499136	2378017	0.068					Si
555	3.86	3.6	6.28	3.6	692934	1080679	999757	0.045					*
620	4.04	3.6	6.28	3.6	181536	695339	1000237	0.045					Si
640	2.98	3.6	6.28	3.6	0	0	998068	0.041	0	0	-455335	0.064	Si

**Condizione di definizione del limite di carico*

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	3.19	0.024	9370	9370	4049	18943	0	4049	2.5	Si
20	0.076	6.28	0.024	8784	8784	5073	24008	23329	23329	1.7	Si
620	0.076	6.28	0.024	−8784	−8784	−5073	−24008	−23209	−23209	1.7	Si
640	0	3.41	0.024	−9370	−9370	−4137	−18943	0	−4137	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
20	133920	512955	15	92.2	1464.2	2488.9	107880	413214	12.1	69.2	0	+∞	Si
320	1105920	1105920	22.6	92.2	1333.5	2488.9	890880	890880	18.2	69.2	0	+∞	Si
620	133920	512955	15	92.2	1464.2	2488.9	107880	413214	12.1	69.2	0	+∞	Si
640	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
20	0.018	0.013	0.026	0.014	0.015	0.013	0.019	0.014	0.014	0.013	0.04	0.034	9999	Si
320	0.179	0.129	0.277	0.142	0.154	0.129	0.205	0.142	0.144	0.129	0.413	0.349	1551	Si
620	0.018	0.013	0.026	0.014	0.015	0.013	0.019	0.014	0.014	0.013	0.04	0.034	9999	Si

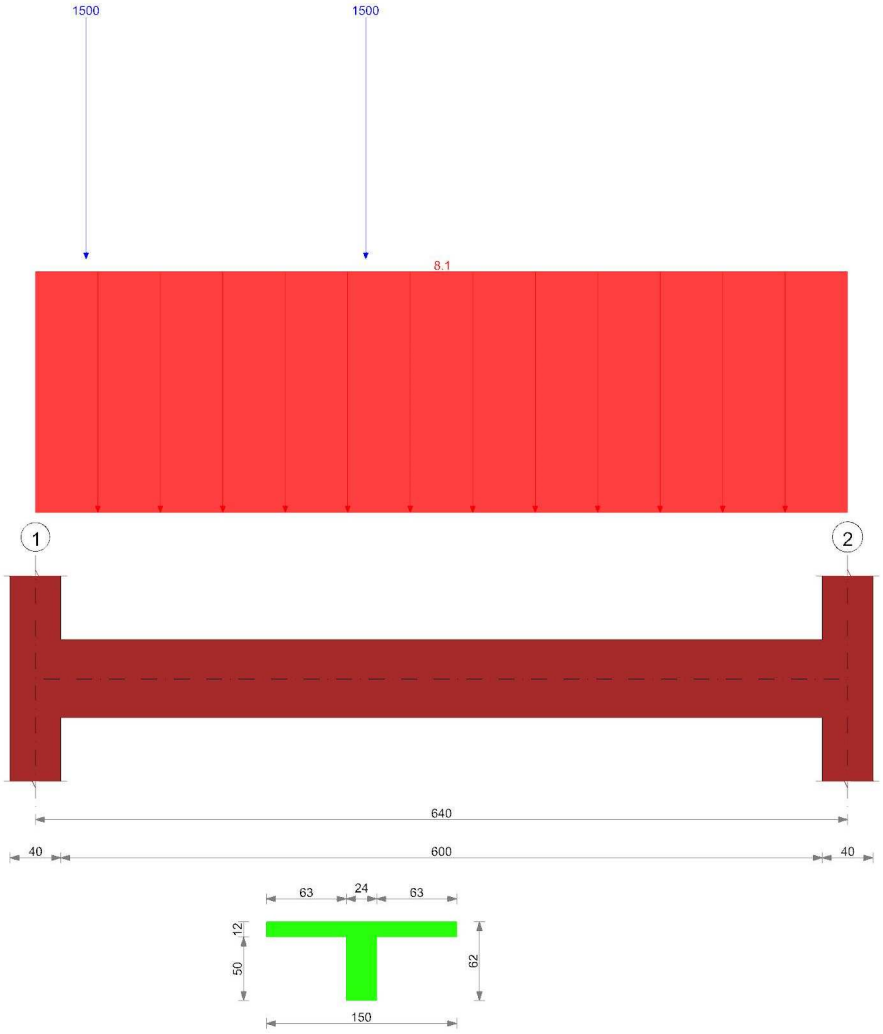
Reazioni vincolari

Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	1	9369.6	4992	6912	4992	5952	4992	5568	4992
2	2	9369.6	4992	6912	4992	5952	4992	5568	4992

2.2.2 Valutazione portata in termini di carico concentrato – asse veicoli caso 1

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).

Geometria



Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali

γC = 1.5; γS = 1.15

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

γG1 inf = 1; γG1 sup = 1.3; γG2 inf = 0.8; γG2 sup = 1.5; γQ = 1.5

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

ψ1 = 0.5; ψ2 = 0.3

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: Aq 42 LC1 Fym 4200 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Calcestruzzo: C20/25 LC1 Rcm 250 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Spessore anima	Altezza	Sp. ala sup.	Sp. ala inf.	Largh. ala sx	Largh. ala dx	C. sup.	C. inf.	C. lat
1	T (63+63+24)x62	a T	24	62	12		63	63	2	2	2

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 640; sezione n° 1 - T (63+63+24)x62

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Appoggio diretto
1	1	40	40	0		diretto
2	2	40	40	0		diretto

Elenco dei carichi

Il peso proprio è stato valutato automaticamente ed aggiunto ai carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 7.5

Carico uniforme: permanente 8.1; permanente portato 0; variabile 0

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 1500; dist. 40; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 1500; dist. 260.4; ampiezza 40

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

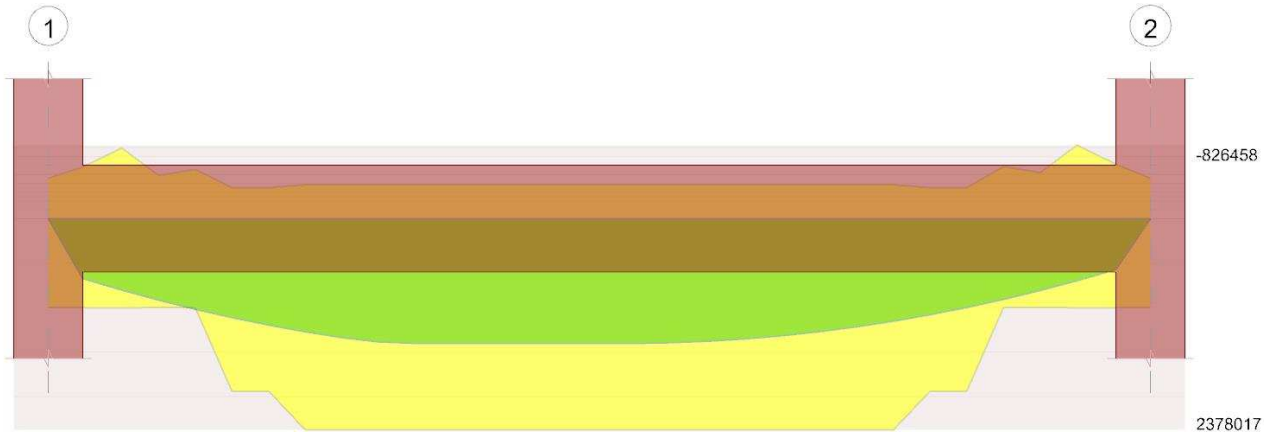


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

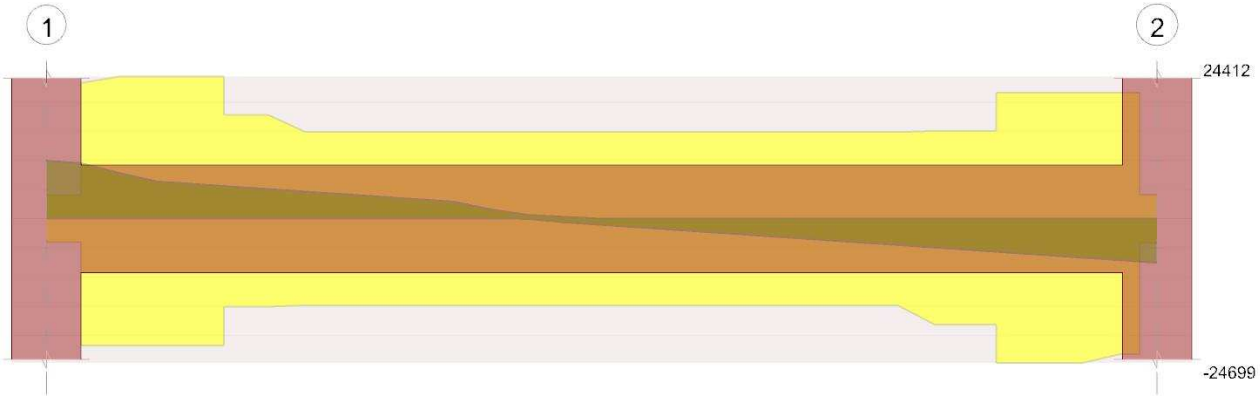
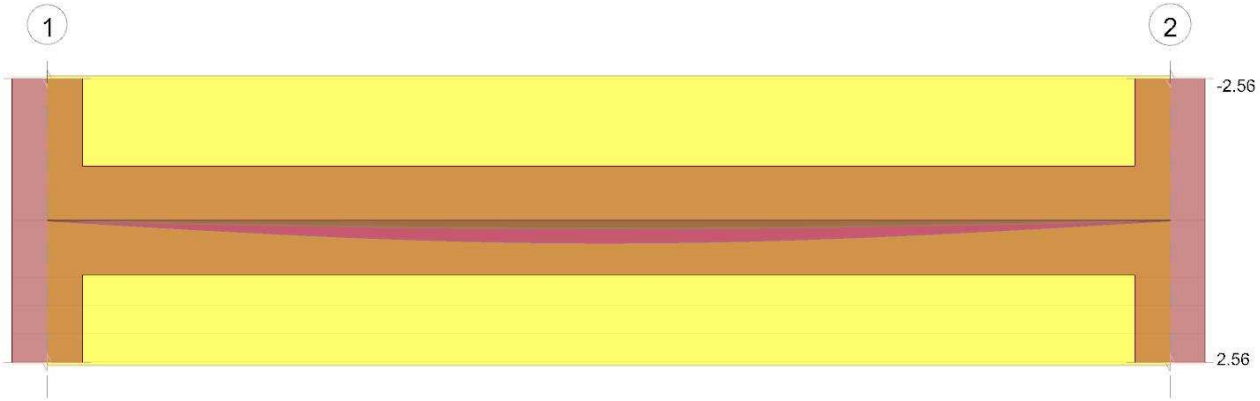


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	2.98	3.6	6.28	3.6					0	0	-455335	0.064	Si
20	3.83	3.6	6.28	3.6	194619	673886	1001020	0.045					Si
85	3.65	3.6	6.28	3.6	671782	1018801	1001003	0.044					*
320	2.26	3.6	15.71	4.4	1376202	1402535	2378017	0.068					Si
620	4.04	3.6	6.28	3.6	146853	572092	1000237	0.045					Si
640	2.98	3.6	6.28	3.6	0	0	998068	0.041	0	0	-455335	0.064	Si

**Condizione di definizione del limite di carico*

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	3.19	0.024	9934	9934	4049	18943	0	4049	2.5	Si
20	0.076	6.28	0.024	9527	9527	5073	24008	23329	23329	1.7	Si
320	0.042	15.71	0	-1056	-1056	-6840	-18684	-14853	-14853	2.5	Si
620	0.076	6.28	0.024	-7140	-7140	-5073	-24008	-23209	-23209	1.7	Si
640	0	3.41	0.024	-7545	-7545	-4137	-18943	0	-4137	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
20	142642	498653	14.6	92.2	1423.3	2488.9	110497	408923	11.9	69.2	0	+∞	Si
320	1023964	1039626	21.2	92.2	1253.6	2488.9	866293	867248	17.7	69.2	0	+∞	Si
620	110798	430791	12.6	92.2	1229.6	2488.9	100943	388564	11.3	69.2	0	+∞	Si
640	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

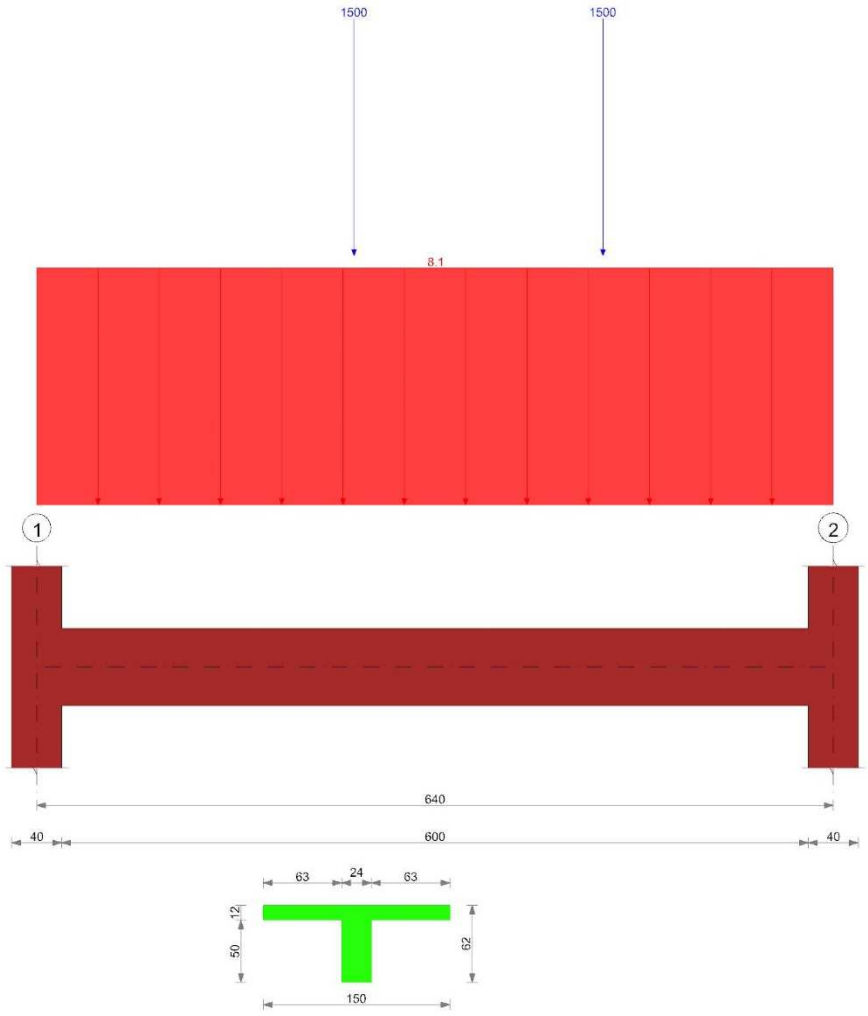
x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
20	0.017	0.013	0.022	0.014	0.015	0.013	0.018	0.014	0.014	0.013	0.038	0.034	9999	Si
320	0.164	0.129	0.235	0.142	0.147	0.129	0.186	0.142	0.14	0.129	0.392	0.349	1631	Si
620	0.016	0.013	0.021	0.014	0.014	0.013	0.017	0.014	0.014	0.013	0.037	0.034	9999	Si

Reazioni vincolari

Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	1	9933.8	4992	7288.1	4992	6140.1	4992	5680.8	4992
2	2	7545.4	4992	5695.9	4992	5343.9	4992	5203.2	4992

2.2.3 Valutazione portata in termini di carico concentrato – asse veicoli caso 2

Verifica di trave in elevazione condotta secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.).



Geometria

Fattori di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali

γC = 1.5; γS = 1.15

Fattori di sicurezza parziali per le azioni

γG1 inf = 1; γG1 sup = 1.3; γG2 inf = 0.8; γG2 sup = 1.5; γQ = 1.5

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili per stati limite di esercizio

ψ1 = 0.5; ψ2 = 0.3

Caratteristiche dei materiali

Acciaio: Aq 42 LC1 Fym 4200 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Calcestruzzo: C20/25 LC1 Rcm 250 Livello di conoscenza LC1 Fattore di confidenza 1.35

Elenco delle sezioni

N°	Descrizione	Tipo	Spessore anima	Altezza	Sp. ala sup.	Sp. ala inf.	Largh. ala sx	Largh. ala dx	C. sup.	C. inf.	C. lat
1	T (63+63+24)x62	a T	24	62	12		63	63	2	2	2

Geometria delle campate

Campata 1 tra gli appoggi 1 - 2

Luce: 640; sezione n° 1 - T (63+63+24)x62

Elenco degli appoggi

N°	Descrizione	Larghezza inferiore	Larghezza superiore	Sfalsamento	Rigidezza appoggio	Appoggio diretto
1	1	40	40	0		diretto
2	2	40	40	0		diretto

Elenco dei carichi

Il peso proprio è stato valutato automaticamente ed aggiunto ai carichi in elenco.

Campata 1

Peso proprio: 7.5

Carico uniforme: permanente 8.1; permanente portato 0; variabile 0

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 1500; dist. 255; ampiezza 40

Carico concentrato: permanente 0; permanente portato 0; variabile 1500; dist. 455; ampiezza 40

Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

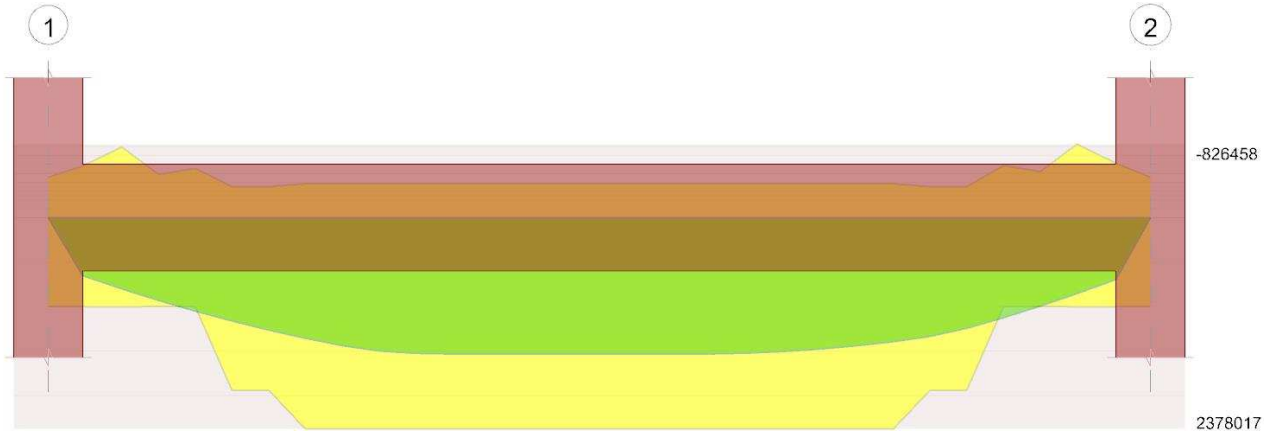


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

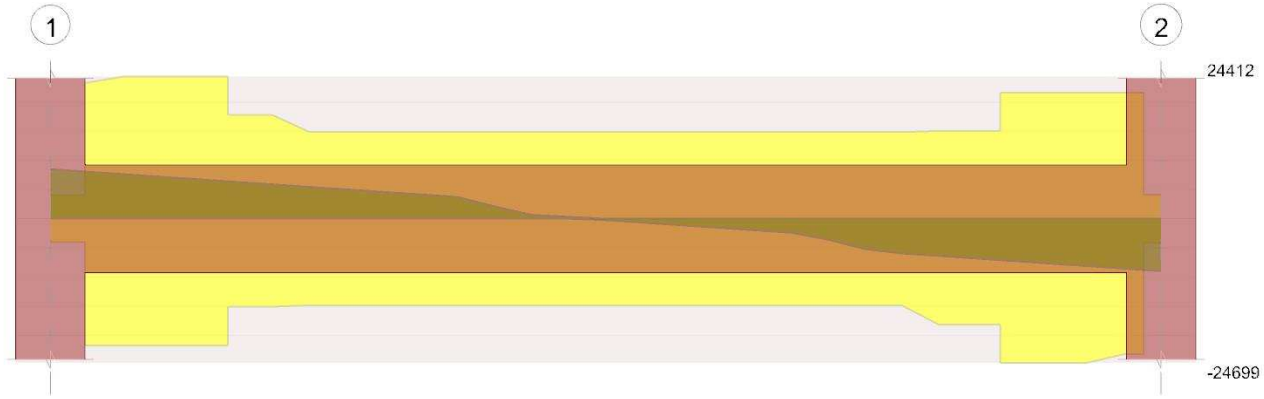
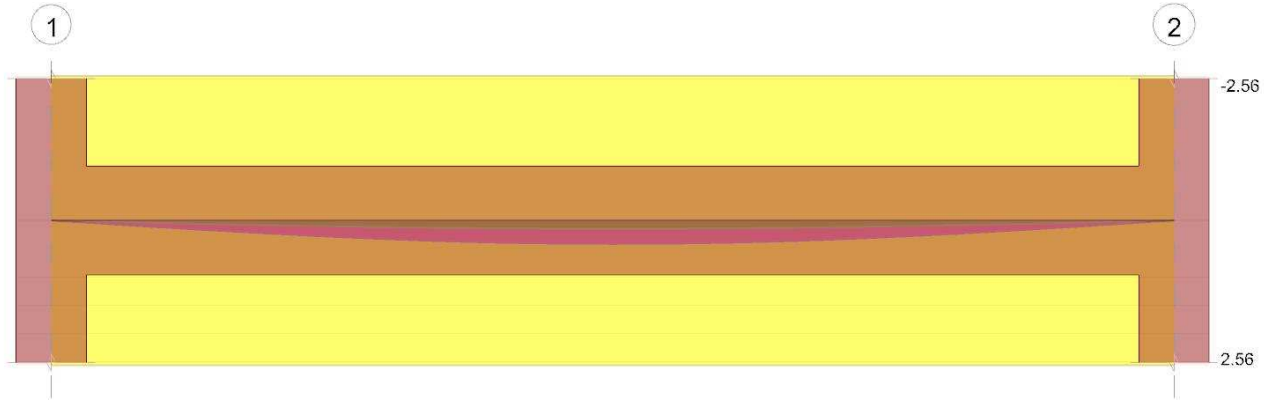


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia



Output campate

Campata 1

Verifiche a flessione in famiglia SLU

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
0	2.98	3.6	6.28	3.6					0	0	-455335	0.064	Si
20	3.83	3.6	6.28	3.6	165814	653342	1001020	0.045					Si
320	2.26	3.6	15.71	4.4	1533336	1533971	2378017	0.068					Si
555	3.86	3.6	6.28	3.6	692942	1125425	999757	0.045					*

x	A sup.	C.b. sup.	A inf.	C.b. inf.	M+ela	M+des	M+ult	x/d	M-ela	M-des	M-ult	x/d	Verifica
620	4.04	3.6	6.28	3.6	175658	695523	1000237	0.045					Si
640	2.98	3.6	6.28	3.6	0	0	998068	0.041	0	0	-455335	0.064	Si

**Condizione di definizione del limite di carico*

Verifiche a taglio in famiglia SLU

x	A st	A sl	A sag	Vela	Vdes	Vrd	Vrcd	Vrsd	Vult	cotgθ	Verifica
0	0	3.19	0.024	8494	8494	4049	18943	0	4049	2.5	Si
20	0.076	6.28	0.024	8088	8088	5073	24008	23329	23329	1.7	Si
320	0.042	15.71	0	-246	-246	-6840	-18684	-14853	-14853	2.5	Si
620	0.076	6.28	0.024	-8580	-8580	-5073	-24008	-23209	-23209	1.7	Si
640	0	3.41	0.024	-8986	-8986	-4137	-18943	0	-4137	2.5	Si

Verifiche delle tensioni in esercizio

x	Rara						Quasi permanente						Verifica
	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ f.	σ f lim.	Mela	Mdes	σ c	σ c lim.	σ FRP	σ FRP lim.	
0	0	0	0	92.2	0	2488.9	0	0	0	69.2	0	+∞	Si
20	123439	484957	14.2	92.2	1384.3	2488.9	104736	404814	11.8	69.2	0	+∞	Si
320	1128720	1128720	23.1	92.2	1361	2488.9	897720	897720	18.3	69.2	0	+∞	Si
620	130001	513078	15	92.2	1464.5	2488.9	106704	413250	12.1	69.2	0	+∞	Si

Verifica di apertura delle fessure

La campata non presenta apertura delle fessure

Verifica di deformabilità

x	Rara				Frequente				Quasi permanente					Verifica
	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess.+	Fess.-	Elastica+	Elastica-	Fess. viscosa+	Fess. viscosa-	l/f	
20	0.018	0.013	0.026	0.014	0.015	0.013	0.019	0.014	0.014	0.013	0.04	0.034	9999	Si
320	0.182	0.129	0.288	0.142	0.156	0.129	0.211	0.142	0.145	0.129	0.415	0.349	1543	Si
620	0.018	0.013	0.027	0.014	0.016	0.013	0.02	0.014	0.014	0.013	0.04	0.034	9999	Si

Reazioni vincolari

Appoggio n.	Descrizione	SLU max	SLU min	Rara max	Rara min	Freq. max	Freq. min	Q.P. max	Q.P. min
1	1	8493.5	4992	6327.9	4992	5660	4992	5392.8	4992
2	2	8985.7	4992	6656.1	4992	5824	4992	5491.2	4992

2.3 INDICAZIONE SULLE CONDIZIONI DI UTILIZZO DEGLI IMPALCATI ESISTENTI

Dall'analisi di quanto sopra esposto, risulta possibile individuare, in via preliminare, per le due tipologie d'impalcato esaminate, le portate compatibili con le caratteristiche meccaniche dei manufatti esistenti; in particolare si è potuto determinare:

Impalcato esterno all'area cimiteriale:

- Carico variabile uniformemente distribuito: q= 1600 daN/mq;
- Carico variabile da traffico – asse maggiormente caricato Q= 80 kN;

inoltre, in condizione di regolamentazione dei transiti o restringimento carreggiata:

Carico variabile da traffico – asse maggiormente caricato Q= 120 kN.

Impalcato interno all'area cimiteriale:

- Carico variabile uniformemente distribuito: q= 400 daN/mq;
- Carico variabile da traffico – asse maggiormente caricato Q= 30 kN;

2.3.1 Regolamentazione transito su impalcati in area esterna a quella cimiteriale

Le risultanze delle analisi preliminari di valutazione delle portate consentono di poter affermare che tutta l'area destinata a parcheggio ed accesso veicolare di mezzi leggeri antistante l'accesso cimiteriale risulta compatibile, dal punto di vista strutturale, con la propria destinazione d'uso in quanto le ipotesi alla base delle determinazioni analitiche ed i risultati ottenuti, consentono di tenere opportunamente in conto delle riduzioni di portata conseguenti lo stato di danneggiamento localizzato degli elementi strutturali portanti rilevato durante le visite ispettive descritte nei capitoli precedenti.

Relativamente alla pozione di impalcato impegnato dalla strada ed al futuro accesso alle aree cimiteriali di mezzi d'opera, occorre porre in atto alcune limitazioni al fine di garantire un soddisfacente livello di sicurezza strutturale del manufatto esistente. In particolare, in questa fase appare prudenziale porre in atto le seguenti limitazioni:

a) Apposizione di idonea segnaletica stradale verticale, a monte ed a valle dell'impalcato tra via Bobbio e Via Piacenza, di **divieto di transito ai mezzi aventi massa superiore a 12t o con carico su asse superiore a 8t**;
b) Apposizione di idonea segnaletica stradale verticale, a monte ed a valle dell'impalcato, di **limitazione della massima di velocità di transito degli autocarri a 20km/h**.

Tramite opportuna regolamentazione del transito o con **limitazione della larghezza carrabile della carreggiata a doppio senso di marcia a 5.40m** per mezzo di idonee barriere meccaniche (modifica cordolo marciapiede) al fine di non generare la possibilità di contemporaneità di due colonne di carico sull'impalcato, la svolta da e per Via Piacenza potrà essere consentita anche agli autocarri pesanti (di massa superiore a 12t) alle seguenti condizioni:

c) Apposizione di idonea segnaletica stradale verticale, a monte ed a valle dell'impalcato tra via Bobbio e Via Piacenza, di **divieto di transito ai mezzi aventi massa superiore a 24t**;
d) Introduzione del senso unico alternato, senza regolamentazione semaforica, per i veicoli di massa superiore a 12t dando precedenza in ingresso da Via Piacenza o, alternativamente, se compatibile con la viabilità ordinaria, introducendo il senso unico verso Via Piacenza, per i veicoli di massa superiore a 12t;
e) Apposizione di idonea segnaletica stradale verticale, a monte ed a valle dell'impalcato, di **limitazione della massima di velocità di transito degli autocarri a 20km/h**.

I mezzi d'opera diretti e provenienti dal futuro cantiere potranno transitare sul tratto di impalcato esterno all'area cimiteriale solo se dotati di opportuno permesso che dovrà prevedere la limitazione del massimo carico su asse pari a 12t e la presenza di movieri a garanzia del transito isolato del mezzo sull'impalcato.

2.3.2 Regolamentazione transito su impalcati interni all'area cimiteriale

Le risultanze delle valutazioni preliminari impongono alcune limitazioni del traffico veicolare interno al cimitero al fine di garantire un opportuno livello di sicurezza strutturale dei manufatti esistenti e preservare la sicurezza delle future operazioni di cantiere da attuarsi all'interno dei tratti tombinati; in particolare l'accesso agli impalcati interni al cimitero dovrà prevedere le seguenti limitazioni:

a) Apposizione di idonea segnaletica stradale verticale, a monte ed a valle del tratto di via Inferiore Veilino interessata dalle operazioni di cantiere, di **divieto di transito ai mezzi aventi massa superiore a 4.5t o con carico su asse superiore a 3t**;

b) Apposizione di idonea segnaletica stradale verticale, a monte ed a valle dell'impalcato, di **limitazione della massima di velocità di transito degli autocarri a 20km/h**.

R.T.P.:
Mandataria: Edes Ingegneri Associati
Mandanti: Enarch S.r.l.
Dott. Ing. Andrea Mascaro
Dott. Ing. Silvia Matarrese
Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

2.4 INDICAZIONI SUGLI INTERVENTI ED APPROFONDIMENTO CONOSCITIVO

Alla luce delle situazioni di ammaloramento e danneggiamento oggi rilevato in corrispondenza delle zone di impalcato che non saranno oggetto del futuro intervento di adeguamento idraulico, si propone tuttavia di valutare l'opportunità di approfondire l'analisi dell'attuale livello di sicurezza per considerare una migliore stima della compatibilità con la propria destinazione d'uso o, eventualmente, procedere con l'intervento di sostituzione degli impalcati con particolare riferimento alle aree direttamente interessate dal transito veicolare presenti nella zona esterna all'area cimiteriale.

Dette aree, infatti, risultano particolarmente interessate dal deterioramento degli elementi in calcestruzzo armato e caratterizzate da una tecnica costruttiva antica non più facilmente riconducibile agli attuali dettagli geometrici definiti dalla normativa di settore. Per le rimanenti porzioni potrebbero invece essere valutati interventi di risanamento, eventualmente associati ad un declassamento delle portate degli orizzontamenti (caso del tratto al di sotto di Galleria Montino ed a margine del Tempio cinerario), al fine di non rendere incompatibili le lavorazioni con la monumentalità dei manufatti costituenti in cimitero.

2.4.1 Indicazioni sugli interventi

L'intervento di risanamento, in linea generale, si potrebbe porre come obiettivo quello di garantirne la durabilità per mezzo di interventi diffusi di protezione dal degrado degli attuali manufatti. In particolare, gli interventi previsti su questi elementi potrebbero consistere nel ripristino delle zone ammalorate tipicamente poste in prossimità delle caditoie e dei punti di particolare esposizione alle acque incidenti sul manufatto ed in interventi diffusi di pulizia e rasatura con malta cementizia fibrorinforzata delle superfici intradossali dell'impalcato. Detto trattamento diffuso avrà l'importante funzione di proteggere gli elementi strutturali esistenti, ancora in buono stato o localmente risanati, dal deterioramento dovuto alla presenza di modesti spessori del copriferro posto originariamente a protezione delle staffature metalliche.

L'attuazione degli interventi di adeguamento idraulico, inoltre, avrà un effetto favorevole sugli impalcati mantenuti in opera, andando a ridurre le luci di libera inflessione delle nervature e, soprattutto, fornendo nuovo appoggio diretto alle stesse limitando significativamente l'influenza del deterioramento delle zone di appoggio sugli attuali muri d'argine in pietrame rilevate in sede di ispezione e descritte nei capitoli precedenti.

2.4.2 Indicazioni approfondimenti conoscitivi

La corretta definizione ed il proporzionamento degli interventi di futuro risanamento strutturale degli impalcati non coinvolti dall'intervento di adeguamento idraulico oggetto di incarico, dovrà prevedere l'attuazione di una campagna conoscitiva volta alla caratterizzazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che compongono i manufatti esistenti.

Detta campagna di indagine dovrà prevedere, almeno per le tre tipologie di nervatura individuate (travi correnti esterne all'area cimiteriale, travi correnti interne all'area cimiteriale, e triplette in corrispondenza galleria Montino) l'individuazione delle caratteristiche meccaniche medie del calcestruzzo e dell'acciaio per

mezzo di una serie di indagini distruttive/non distruttive e dirette/indirette da eseguirsi da parte di Laboratorio Autorizzato.

Tali indagini potrebbero prevedere:

a) ***Indagine strutturale per ricerca posizione e diametro armature metalliche delle travi ribassate e delle solette in cemento armato*** delle strutture di copertura dello scatolare del Rio Veilino e del Rio Sant'Antonino, con apparecchiatura magnetica, finalizzata al controllo della consistenza delle armature, mediante saggi esplorativi con microdemolizione del copriferro per individuazione armature, con interventi in zone da definire nel dettaglio in fase di esecuzione delle stesse indagini.

   18 saggi totali, secondo quanto segue:

   1) ***Rio Veilino*** _ ***Zona di impalcato corrispondente all'edificio ad arco interno al cimitero (Galleria Montino)***:
   a. N°1 saggio in mezzeria di *una delle travi disposte a tripletta* in corrispondenza dei portali di accesso all'arco
   b. N°1 saggio in prossimità dell'appoggio di *una delle travi disposte a tripletta* in corrispondenza dei portali di accesso all'arco
   c. N°1 saggio in mezzeria di *una delle travi intermedie sottostante l'edificio* ad arco
   d. N°1 saggio in prossimità dell'appoggio di *una delle travi intermedie sottostante l'edificio* ad arco
   e. N°1 saggio sulla soletta
   N.B. i saggi in prossimità dell'appoggio saranno funzionali alla ricerca della consistenza e della geometria delle armature piegate

   2) ***Rio Veilino*** - ***Zona di impalcato da mantenere a valle dell'edificio ad arco e fino alla confluenza con il Bisagno***:
   a. N°3 saggi in mezzeria di altrettante *travi ribassate del solaio di copertura*
   b. N°3 saggi in prossimità dell'appoggio di altrettante *travi ribassate del solaio di copertura*
   c. N°3 saggi sulla soletta

   3) ***Rio Sant'Antonino*** - ***Zona di impalcato da mantenere al di sotto dell'edificio esistente***:
   a. N°1 saggio in mezzeria di una delle *travi ribassate del solaio di copertura*
   b. N°1 saggio in prossimità dell'appoggio di una delle *travi ribassate del solaio di copertura*
   c. N°2 saggi sulla soletta
   N.B. i saggi in prossimità dell'appoggio saranno funzionali alla ricerca della consistenza e della geometria delle armature piegate

b) ***Indagine tecnica finalizzata alla valutazione delle proprietà meccaniche del calcestruzzo esistente***. In particolare, tramite intervento di Laboratorio Ufficiale, verrà estratto un numero adeguato di carote di diametro 10 cm dalle travi e dalle solette in cemento armato delle strutture di copertura dello scatolare del Rio Veilino e del Rio Sant'Antonino, e le stesse carote saranno sottoposte a prove

di laboratorio per determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo e per determinazione del livello di carbonatazione del calcestruzzo più superficiale (la carbonatazione indica l'alterazione del calcestruzzo per l'azione degli agenti atmosferici e dei cicli di gelo e disgelo)

n°8 carotaggi totali, secondo quanto segue:

1) ***Rio Veilino*** - ***Zona di impalcato corrispondente all'edificio ad arco interno al cimitero (Galleria Montino)***:

a. N°1 carota su *una delle travi intermedie sottostante l'edificio* ad arco

b. N°1 carota sulla soletta

2) ***Rio Veilino*** - ***Zona di impalcato da mantenere a valle dell'edificio ad arco e fino alla confluenza con il Bisagno***:

a. N°3 carote su altrettante *travi ribassate del solaio di copertura*

b. N°2 carote sulla soletta

3) ***Rio Sant'Antonino*** - ***Zona di impalcato da mantenere al di sotto dell'edificio esistente***:

a. N°1 carota in corrispondenza *travi ribassate del solaio di copertura*

La richiusura dei fori prodotti con i carotaggi avverrà con malta antiritiro e sarà eseguita da personale di Impresa edile che affiancherà i tecnici di laboratorio.

c) ***Indagine tecnica finalizzata alla valutazione delle proprietà meccaniche dell'armatura del cemento armato esistente***. In particolare, tramite intervento di Laboratorio Ufficiale, verrà estratto un numero adeguato di campioni di barre di armatura metallica dalle travi e dalle solette in cemento armato delle strutture di copertura dello scatolare del Rio Veilino e del Rio Sant'Antonino, e gli stessi campioni saranno sottoposti a prove di laboratorio di trazione, piegamento, resilienza ed analisi chimica.

n°3 spezzoni di barre di armatura totali, secondo quanto segue:

1) ***Rio Veilino*** - ***Zona di impalcato corrispondente all'edificio ad arco interno al cimitero (Galleria Montino)***:

a. N°1 spezzone su *una delle travi intermedie sottostante l'edificio* ad arco

2) ***Rio Veilino*** - ***Zona di impalcato da mantenere a valle dell'edificio ad arco e fino alla confluenza con il Bisagno***:

a. N°1 spezzone su *travi ribassate del solaio di copertura*

3) ***Rio Sant'Antonino*** - ***Zona di impalcato da mantenere al di sotto dell'edificio esistente***:

a. N°1 spezzone su *travi ribassate del solaio di copertura*

In occasione della rimozione degli spezzoni di barre di cui sopra si procederà all'integrazione dell'armatura rimossa tramite saldatura in opera di spezzoni di barre di adeguato diametro tramite l'intervento di personale di Impresa edile che affiancherà i tecnici di laboratorio.

d) ***Campagna integrativa di prove sclerometriche estesa alle strutture*** di copertura dello scatolare del Rio Veilino e del Rio Sant'Antonino, con associata esecuzione di prove soniche diffuse di tipo SONREB.