Città di Rapallo

RIQUALIFICAZIONE DEL GOLFO DI RAPALLO
con ripristino delle vie d'acqua di accesso
al Molo dei Primeri ed al Molo Duca degli Abruzzi

CUP J63H19000210002 - LOTTO 1

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

ELABORATO:	
ALL. 2.8	MOLO S.FRANCESCO RELAZIONE E CALCOLI ESECUTIVI

RIF: 18-050

REVISIONI	DATA	OGGETTO
00	09/2020	
01	11/2020	VCT-161-20 RC 01 del 31/10/20
02		
03		

RED.: AF VER.: AR APPR.: GR

CAPOGRUPPO:

Dott. Geo. Debellis Giovanni

Geol. GIOVANNI DEBELLIS
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
T: +39 338-6079760 F: 0187-816486
gvdebellis@gmail.com
g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

MANDANTI:

MarTech Marine Technical Systems
Viale Trieste, 65/i - 09123 Cagliari - Italy
Tel. +39 070 6848202 - Fax +39 070 6404743
www.martech.it e-mail: info@martech.it

SarLand Srls
ingegneria e architettura

Calcoli Strutture Molo S. Francesco: ing. Tomaso Deiana

COMMITTENTE:

Il R.u.p.

Geom. Marco GROSSO

Il presente progetto, o parte di esso, non può essere riprodotto in alcuna forma, in alcun modo e per nessuno scopo, senza autorizzazione.

CITTA’ DI RAPALLO

RIQUALIFICAZIONE DEL GOLFO DI RAPALLO

con ripristino delle vie d'acqua di accesso al Molo dei Primeri ed al Molo Duca degli Abruzzi
CUP J63H19000210002 – LOTTO 1

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

MOLO S.FRANCESCO
RELAZIONE E CALCOLI ESECUTIVI
PALI

Indice

1 PREMESSA 3

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4

3 CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA 4

4 ANALISI DEI CARICHI 4

4.1 PREMESSA 4
4.1 PESI PROPRI E SOVRACCARICHI PERMANENTI 5
4.2 AZIONI VARIABILI DOVUTE AL TRANSITO SUL MOLO 5
4.3 AZIONI VARIABILI DOVUTE ALL'ORMEGGIO DEI NATANTI 5
4.4 AZIONE ECCEZIONALE DOVUTA AL MOTO ONDOSO 5
4.5 AZIONI DI NEVE E VENTO 5
4.5.1 Neve 5
4.5.2 Vento 6
4.6 AZIONE SISMICA 6
4.7 COMBINAZIONE DI CALCOLO DELLE AZIONI 7
4.7.1 Combinazioni di carico S.L.U. 8
4.7.2 Combinazioni di carico S.L.E. 8

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 9

5.1 CALCESTRUZZO 9
5.1.1 Calcestruzzo per pali C35/45 9
5.2 ACCIAIO 9
5.2.1 Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo 9
5.3 TERRENO DI FONDAZIONE 9

6 MODELLO DI CALCOLO 10

6.1 RISULTATI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI 11
6.1.1 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati dell'analisi 13

7 ALLEGATI 13

1 PREMESSA

La presente relazione contiene le considerazioni tecniche e i calcoli esecutivi dei pali a sostegno del nuovo molo S. Francesco da realizzarsi nel contesto del più ampio progetto di riqualificazione del Golfo di Rapallo; il nuovo pontile ha una larghezza di 5 metri e uno sviluppo longitudinale complessivo di 60 metri di cui 42 per la parte a mare il cui impalcato è sostenuta da pali trivellati da 12 metri di lunghezza e 60 cm di diametro posti ad interasse di 5,9 metri in senso longitudinale e di 1,80 m in senso trasversale. Si riporta di seguito lo schema in pianta della palificata e lo sviluppo del palo tipo.

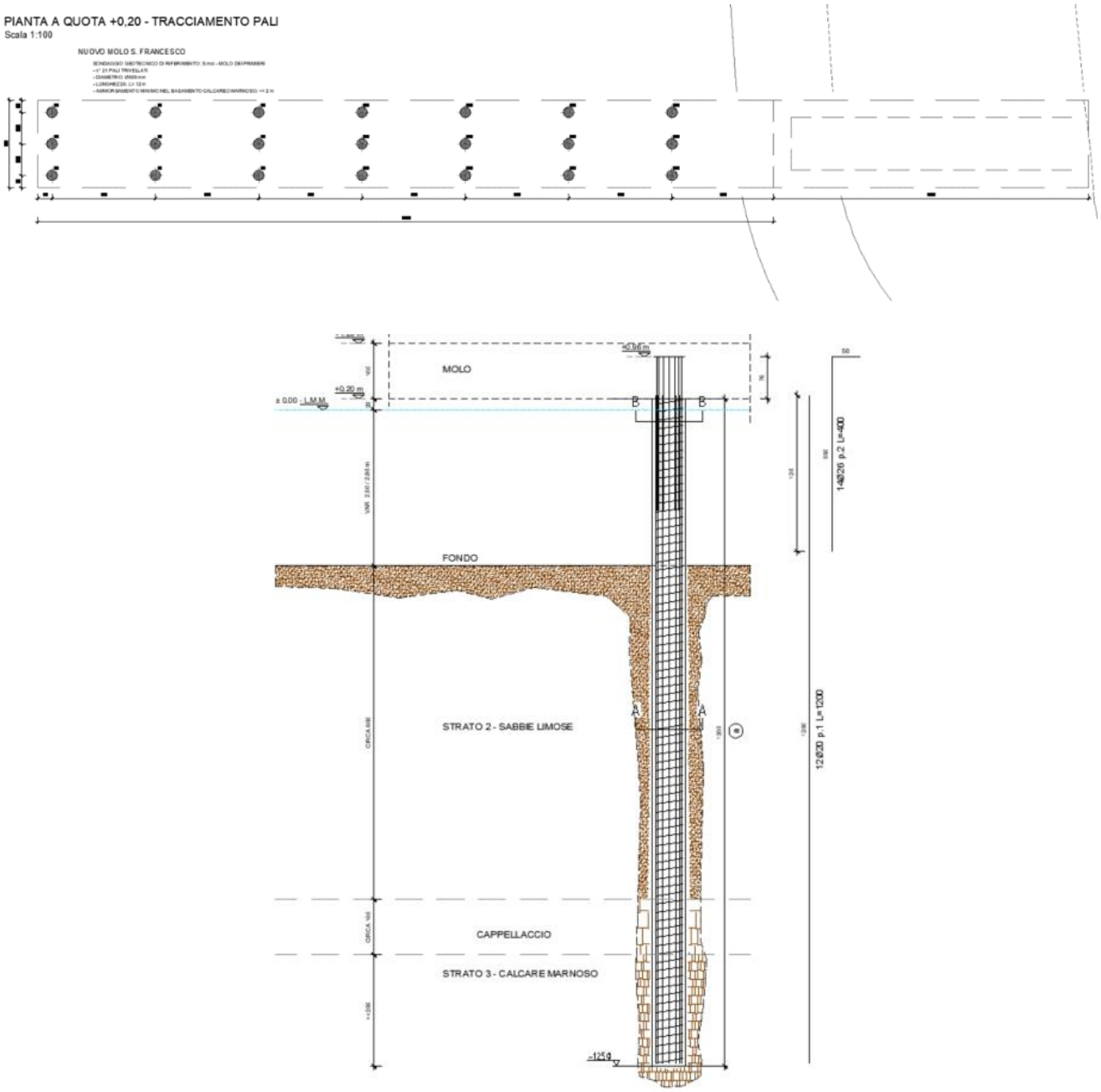


Figura 1. Sviluppo armature palo tipo

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione delle opere descritte verrà eseguita in ottemperanza alle seguenti norme e prescrizioni in materia strutturale:

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17/01/2018 – *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- Circolare del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 - (Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 35 del 11 febbraio 2019);
- UNI EN 206-1:2006 - *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità*;
- UNI 11104 -Istruzioni complementari alla UNI EN 206-1
- UNI EN 1992-1-1:2005 "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"

3 CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA

Si fa riferimento a quanto contenuto nel nuovo testo unico per le costruzioni NTC 2018, le nuove opere in progetto sono state verificate secondo i carichi e i criteri di combinazione e verifica riportati nella normativa vigente.

Le valutazioni della sicurezza strutturale sono state fatte con riferimento a quanto disposto al capitolo 2, § 2.4:

$V_N \geq 50$ anni	vita nominale dell'opera strutturale (Opere ordinarie … o di importanza normale);
Classe II	classe d'uso dell'edificio (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti)
$C_U = 1,0$	coefficiente d'uso dell'edificio (cfr. tab. 2.4.II, §2.4.3).

4 ANALISI DEI CARICHI

4.1 PREMESSA

Le sollecitazioni primarie sono quelle che provengono dall'applicazione dei carichi dovuti a peso proprio strutturale, carichi permanenti, carichi variabili dovuti al transito di persone e mezzi, all'ormeggio dei natanti, vento, neve e sisma, azioni eccezionali dovute al moto ondoso.

I carichi e i sovraccarichi permanenti sono desunti dall'analisi delle stratigrafie di progetto; quelli accidentali fanno riferimento alle disposizioni di cui al D.M. 17.01.2018; per il calcolo del carico dovuto all'ormeggio e al moto ondoso si rimanda alle relazioni specialistiche dedicate.

4.1 PESI PROPRI E SOVRACCARICHI PERMANENTI

I pesi propri e i sovraccarichi permanenti dell'impalcato sono stati valutati considerando la sezione effettiva di progetto alleggerita che equivale ad una sezione di conglomerato cementizio armato pieno di 76 cm di spessore (19 kN/mq); la parte in corrispondenza del pulvino sopra i pali per una larghezza di un metro è stata considerata priva di alleggerimenti con un peso di 25 kN/mc.

4.2 AZIONI VARIABILI DOVUTE AL TRANSITO SUL MOLO

Il sovraccarico accidentale previsto su tutto il molo è di 10 kN/mq.

4.3 AZIONI VARIABILI DOVUTE ALL'ORMEGGIO DEI NATANTI

Il sovraccarico accidentale previsto applicato all'estradosso dell'impalcato e agente in direzione trasversale rispetto all'asse principale del molo è di 21 kN/m.

4.4 AZIONE ECCEZIONALE DOVUTA AL MOTO ONDOSO

L'azione dovuta al moto ondoso massima vale 90 kN/m supposta agente ad una quota -0,65 m rispetto alla quota del livello medio del mare, in direzione trasversale rispetto all'asse principale del molo. A favore di sicurezza si considera un carico pari ad un terzo della risultante (30 kN/m) a quota impalcato e i restanti 2/3 come carico concentrato agente sui singoli pali del lato esposto (36 kN).

4.5 AZIONI DI NEVE E VENTO

Rispetto ai carichi derivanti al transito di mezzi sul molo le azioni verticali della neve sono molto inferiori e non significative ai fini del dimensionamento. Si riporta di seguito il calcolo delle azioni di neve e vento secondo quanto previsto dalla normativa.

4.5.1 Neve

Zona Neve = II

Periodo di ritorno, Tr = 50 anni

Ctr = 1 per Tr = 50 anni

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo = qsk Ce Ctr = 1,00 kN/mq

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda a = 0,0°

- Copertura piana W = 10.0 m, L = 50.0 m => Lc = 18.0, Cef = 1.000

m1 = 0,80 => Q1 = 0,80 kN/mq Zona Neve = III

4.5.2 Vento

Zona vento = 7

Velocità base della zona, Vb.o = 28 m/s (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona, Ao = 1000 m (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito, As = 5 m

Velocità di riferimento, Vb = 28,00 m/s (Vb = Vb.o per As ≤ Ao)

Periodo di ritorno, Tr = 50 anni

Cr = 1 per Tr = 50 anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, Vr = Vb Cr = 28,00 m/s

Classe di rugosità del terreno: D [Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,..)]

Esposizione: Cat. II - Mare entro 0,5 km dalla costa

(Kr = 0,19; Zo = 0,05 m; Zmin = 4 m)

Pressione cinetica di riferimento, qb = 0,49 kN/mq

Coefficiente di forma, Cp = 1,00

Coefficiente dinamico, Cd = 1,00

Coefficiente di esposizione, Ce = 1,80

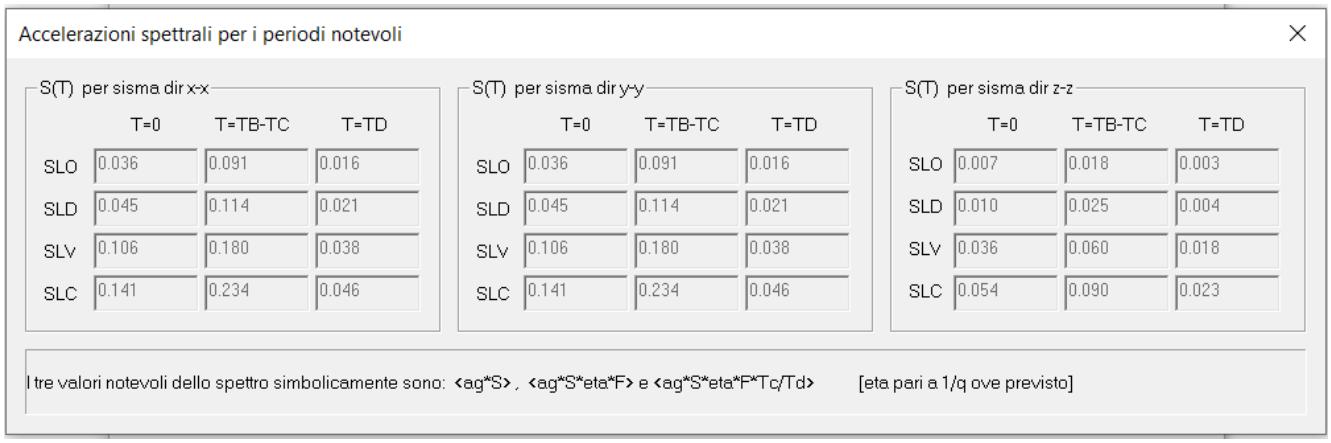
Coefficiente di esposizione topografica, Ct = 1,00

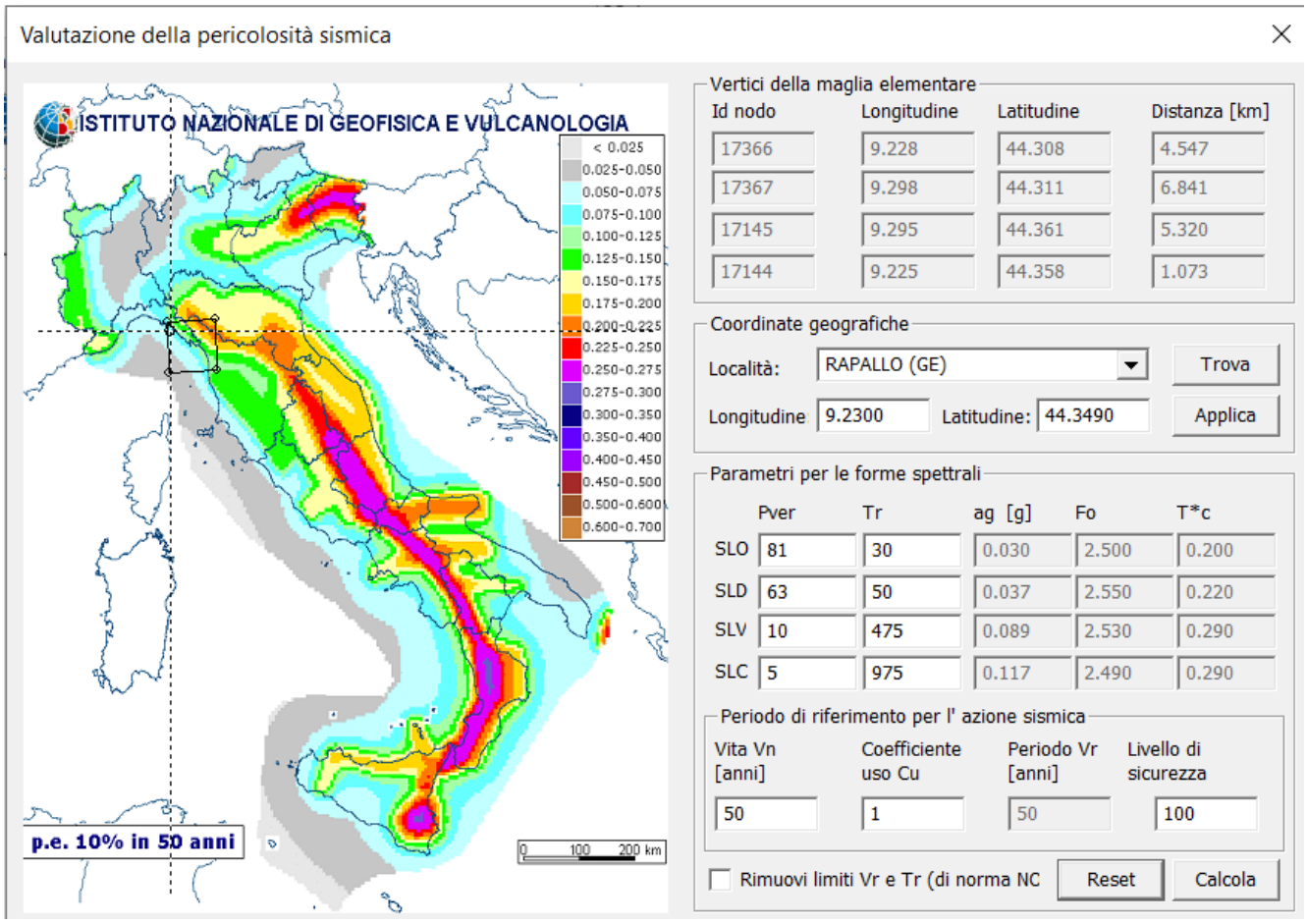
Altezza dell'edificio, h = 1,20 m

Pressione del vento, p = qb Ce Cp Cd = 0,88 kN/mq

4.6 AZIONE SISMICA

La costruzione verrà edificata in un sito caratterizzato da un'accelerazione al suolo per un Tr di 50 anni di 0,037 g; si riportano di seguito i parametri adottati per la determinazione degli spettri di progetto.





4.7 COMBINAZIONE DI CALCOLO DELLE AZIONI

Le azioni sono combinate secondo condizioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della ridotta probabilità di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli.

4.7.1 Combinazioni di carico S.L.U.

Si adottano le combinazioni espresse simbolicamente come segue:

$$F_d = \gamma_g G_k + \gamma_q Q_{1k} + \Sigma \gamma_q (\psi_{0i} Q_{ik})$$

dove i segni + e Σ indicano l'applicazione dei rispettivi addendi ed il coefficiente γ_q (pari a 1.5 oppure 0) va applicato a ciascun carico Q_{ik} con il valore appropriato.

Si assumono i seguenti coefficienti γ_f :

γ_g = 1,30 per peso proprio e carichi portati compiutamente definiti (1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza); 1,50 per carichi permanenti non strutturali (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

γ_q = 1,5 (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

ed essendo:

G_k il valore caratteristico delle azioni permanenti;

Q_{ik} il valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione;

ψ_{0i} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

coefficienti di combinazione allo stato limite ultimo.

4.7.2 Combinazioni di carico S.L.E.

Si prenderanno in esame le seguenti combinazioni:

rare: $F_d = G_k + Q_{1k} + \Sigma(\psi_{0i} Q_{ik})$

frequenti: $F_d = G_k + \psi_{1i} Q_{1k} + \Sigma(\psi_{2i} Q_{ik})$

quasi permanenti: $F_d = G_k + \Sigma(\psi_{2i} Q_{ik})$

essendo:

ψ_{1i} : coefficiente atto a definire i valori delle azioni variabili assimilabili ai frattali di ordine 0.95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

ψ_{2i} : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Negli allegati di calcolo sono riportati e definiti tutti i coefficienti adottati.

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Ai fini delle verifiche si assumono le seguenti caratteristiche per i materiali delle strutture in opera:

5.1 CALCESTRUZZO

5.1.1 Calcestruzzo per pali C35/45

Classe di esposizione XS3 secondo UNI 11104

Resistenza cubica caratteristica R_{ck} = 45 N/mm^2

Resistenza cilindrica caratteristica f_{ck} = 35 N/mm^2

5.2 ACCIAIO

5.2.1 Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo

Barre a aderenza migliorata in acciaio tipo B 450 C:

Tensione di rottura f_{tk} = 540 MPa

Tensione di snervamento f_{yk} = 450 MPa

Modulo elastico E = 206 GPa

5.3 TERRENO DI FONDAZIONE

La caratterizzazione geomeccanica del sito si è basata su una campagna di indagini geognostiche per i cui esiti e per tutti i dettagli in merito alle caratteristiche geologiche e tecniche si rimanda alla relazione a firma del Dott. Geol. Giovanni Debellis; si riportano per estratto la descrizione della stratigrafia e i parametri geotecnici del terreno adottati per il dimensionamento e la verifica dei pali:

Indagine geognostica di riferimento: Sondaggio Smol:

"STRATO 1 – GHIAIA E SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA

Questo strato è presente immediatamente al di sotto del molo in cls e ha uno spessore di circa 1.3 m, in base ai valori di SPT ottenuti alla profondità di 3 m può essere definito come "mediamente addensato" e possono essere valutati cautelativamente i seguenti parametri geotecnici:

- *angolo d'attrito efficace Ø' = 31°*
- *Cu = 75 KPa (0,76 Kg/cm2)*
- *peso di volume saturo γsat = 19.5 KN/m3 (1,98 t/m3)*

STRATO 2 – SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA

Questo strato è stato ritrovato al di sopra del bedrock e presenta uno spessore di circa 6m. Risulta costituito prevalentemente da sabbia fine debolmente limosa con rare intercalazioni di ghiaia fine ed in base ai risultati delle prove

eseguite il terreno risulta da mediamente addensato ad addensato per il quale si possono valutare cautelativamente i seguenti i seguenti parametri geotecnici medi:

- *angolo d'attrito efficace Ø' = 35°*
- *Cu = 92,19 KPa (0,94 Kg/cm2)*
- *peso di volume saturo γsat = 20.0 KN/m3 (2,04 t/m3)*

AMMASSO ROCCIOSO DA ALTERATO A MODERATAMENTE ALTERATO

- *angolo d'attrito dell'ammasso □' = 35°*
- *coesione dell'ammasso c = 1.66 MPa*
- *peso di volume □ = 25.70 KN/m3 (2,62 t/m3*

Ai fini dell'analisi sismica la categoria del suolo è la **categoria sismica B**:" Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

6 MODELLO DI CALCOLO

Per le verifiche dei pali è stato realizzato un modello del molo che ne riproduce fedelmente la geometria, le caratteristiche dei materiali strutturali e il grado di vincolo mutuo tra le parti, la stratigrafia e le caratteristiche geo meccaniche del sito e le interazioni tra il manufatto e il terreno.

È stato realizzato un altro modello locale per studiare e verificare il comportamento sotto carico della soletta dell'impalcato.

Il codice di calcolo adottato che si basa sul metodo degli elementi finiti è Sismicad versione 12.13, prodotto da Concrete S.r.l., Via della Pieve,19 - 35121 Padova., utilizzato in forza di regolari licenze d'uso, software di ampia diffusione e comprovata affidabilità.

Si riporta di seguito un' immagine del modello di calcolo adottato:

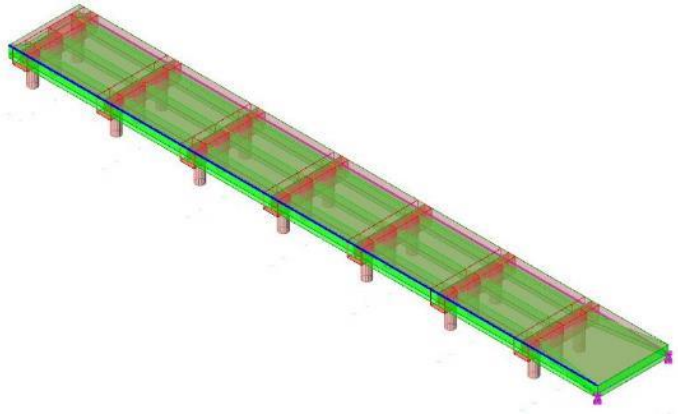


Figura 2. Modello di calcolo vista frontale

6.1 RISULTATI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per le verifiche di tutti i pali e il report completo dei dati di input e output del modello si rimanda ai seguenti documenti allegati che sono parte integrante del presente documento:

- ALLEGATO 1 - APPENDICE NUMERICA DI CALCOLO PALI MOLO S. FRANCESCO.

Si riportano di seguito sotto forma di mappe cromatiche i risultati più significativi dell'analisi effettuata.

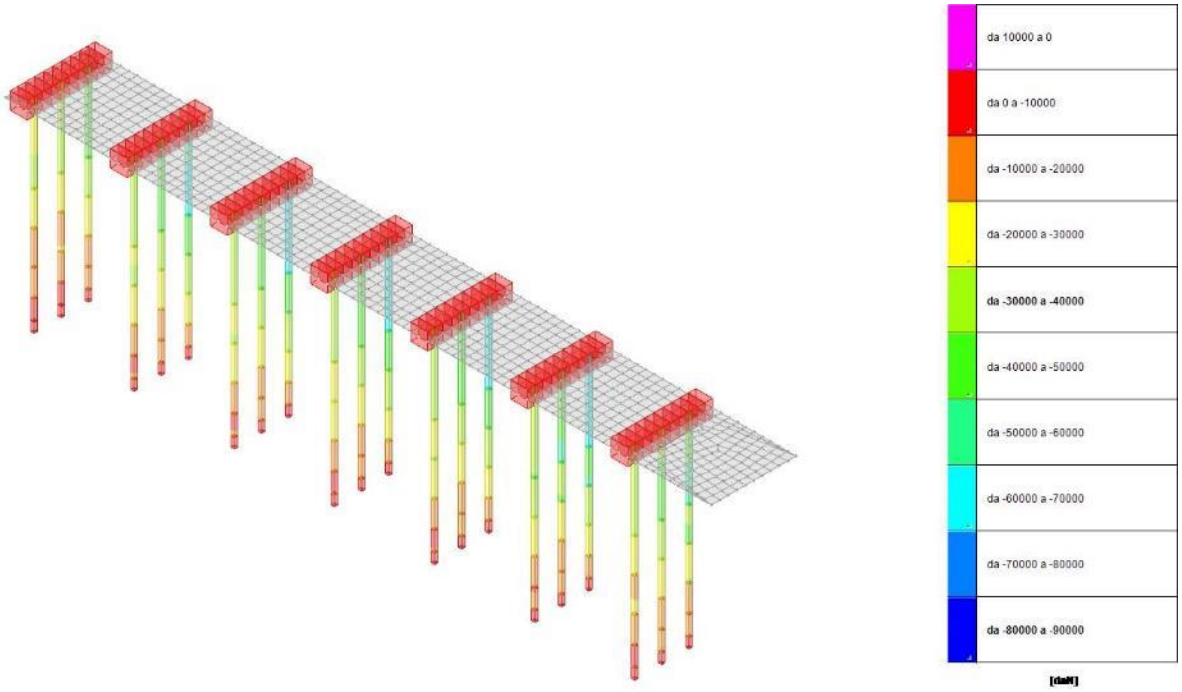


Figura 3. Carico assiale massimo sui pali (carico accidentale + ormeggio) – S.l.u.

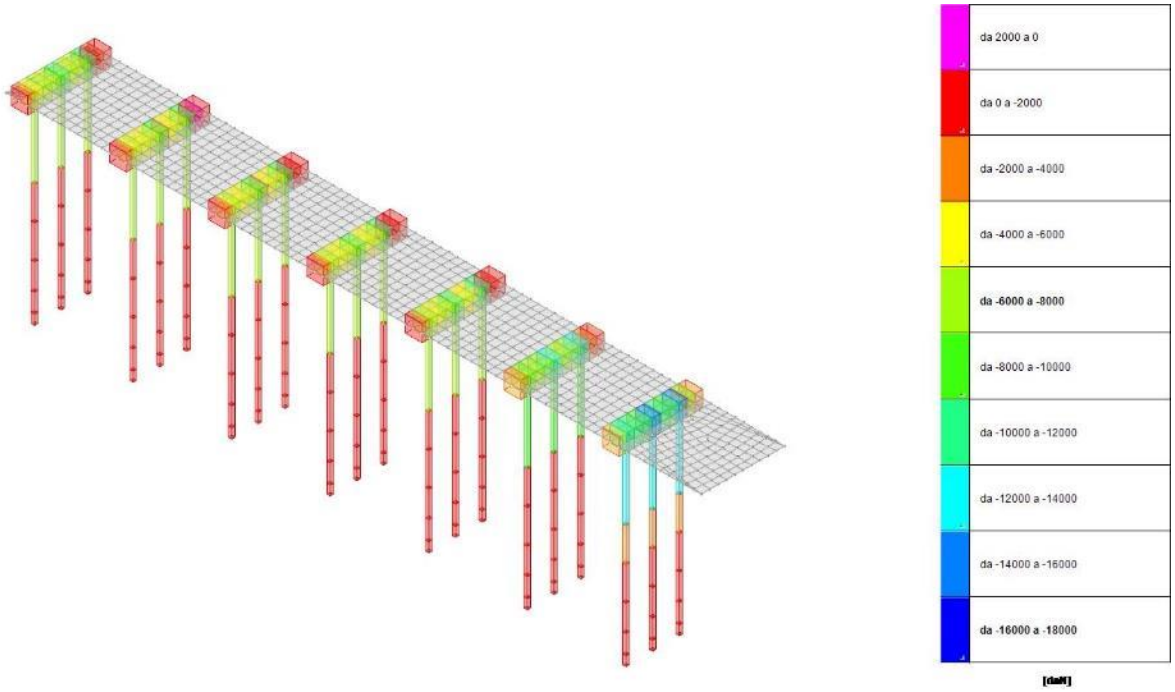


Figura 4. Taglio massimo sui pali (moto ondoso) – S.L.U. - eccezionale

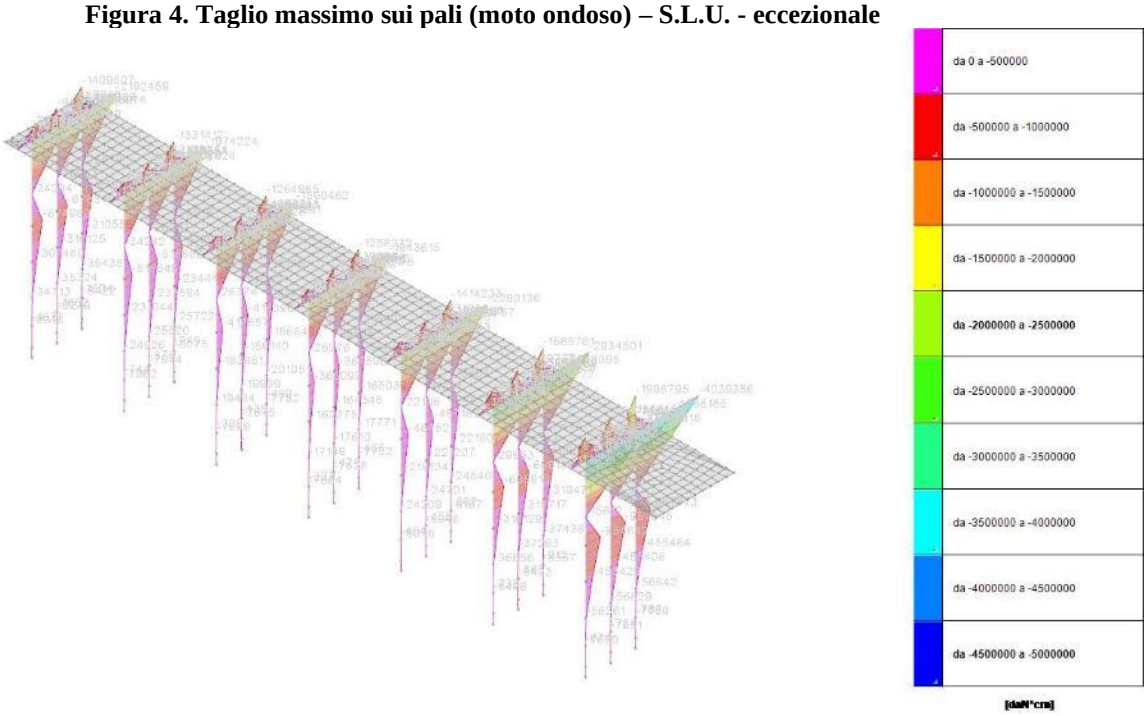


Figura 5. Momento flettente massimo sui pali (moto ondoso) – S.L.U. – eccezionale

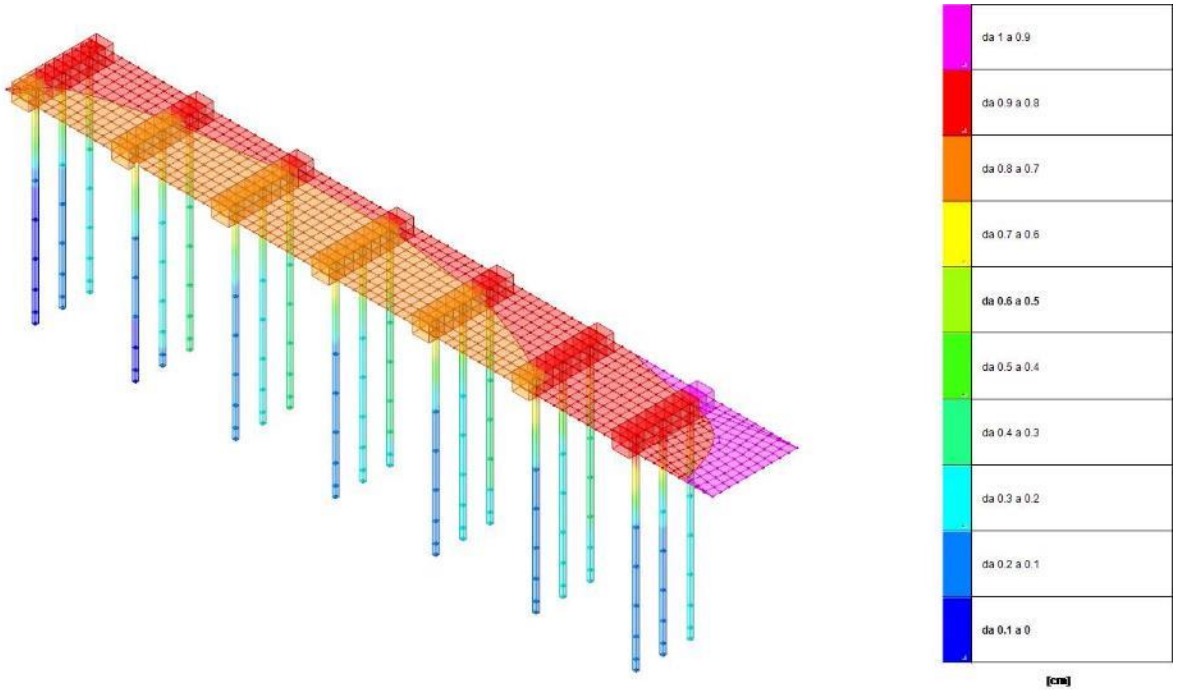


Figura 6. Spostamenti trasversali massimi in condizioni sismiche

6.1.1 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati dell'analisi

I risultati ottenuti dal codice di calcolo sono stati controllati e confrontati con calcoli effettuati manualmente con riferimento a schemi o soluzioni utilizzate correntemente in letteratura per strutture analoghe e adottati, in fase di primo proporzionamento della parti portanti.

Le verifiche effettuate (controllo delle condizioni di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati e comparazione tra i risultati delle analisi e quelli delle valutazioni semplificate effettuate in fase di predimensionamento) hanno consentito di accertare la correttezza dell'ordine di grandezza e la bontà dei risultati ottenuti; per una valutazione più approfondita in merito si rimanda anche ai documenti di affidabilità e ai test presenti sul sito di riferimento della casa produttrice del software.

7 ALLEGATI

- ALLEGATO 1 - APPENDICE NUMERICA DI CALCOLO PALI MOLO S. FRANCESCO