



Autorità di Sistema Portuale
dei Mari Tirreno Meridionale
e Ionio

AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEI MARI TIRRENO MERIDIONALE E IONIO

PORTO DI GIOIA TAURO

RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E"
E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO
CIG: 98755319FB - CUP: F11I23000230005

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

DESCRIZIONE

RELAZIONE TECNICA - CALCOLI
GEOTECNICI E STRUTTURALI

CODICE ELABORATO

PR-104-00-TEC

Rev.	Data	Descrizione
0	Luglio 2024	EMISSIONE

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
Ing. Biondino Mercuri

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO-MANDATARIA



Ing. Paolo Contini

COLLABORATORI:
Ing. Giancarlo Milana
Ing. Fabio Mondini
Ing. Giuseppe Vella
Geom. Marco Corinaldesi

MANDANTE



SEACON s.r.l.

Ing. Lucio Abbadessa

COLLABORATORI:
Ing. Corrado Montefoschi
Ing. Fabio S. Mainero Rocca
Ing. Riccardo Intonti

MANDANTE



Ing. Marco Pittori

COLLABORATORI:
Arch. Francesca Romana Monass
Ing. Giulia Zanza
Ing. Anna di Galleonardo

MANDANTE



Ing. Alessandro Vita

COLLABORATORI:
Ing. Alessio Gerboni
Ing. David Segato

MANDANTE



Geol. Pierfederico De Pari

Progettista Responsabile dell'integrazione
tra le varie prestazioni specialistiche : Ing. Massimo Vitellozzi


STUDI E RELAZIONE GEOLOGICA :
Geol. Pierfederico De Pari (Geoservizi S.r.l.)



**RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE
BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO**


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA - CALCOLI GEOTECNICI E STRUTTURALI


 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	---

INDICE

1. PREMESSA	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	6
3.1 Vita nominale.....	6
3.2 Classe d'uso	6
3.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	6
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	7
4.1 Pericolosità sismica del sito e parametri sismici di progetto	7
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
5.1 Calcestruzzo classe di resistenza C35/45.....	10
5.2 Acciaio per cemento armato	12
6. CARATTERISTICHE DEI TERRENI.....	13
7. VERIFICHE STRUTTURALI	14
7.1 Analisi dei carichi	15
7.1.1 Carichi permanenti strutturali.....	15
7.1.2 Carichi permanenti non strutturali.....	15
7.1.3 Sovraccarico variabile sulla banchina	15
7.1.4 Tiro alla bitta.....	15
7.1.5 Azioni sismiche	16
7.2 Combinazione dei carichi.....	19
7.3 Criteri e modello di calcolo.....	20
7.4 Verifiche delle predalle.....	23
7.5 Verifiche della soletta d'impalcato.....	30
7.6 Travi dell'impalcato	43
7.6.1 Verifiche SLU a flessione.....	56
7.6.2 Verifiche SLE	63
7.6.3 Verifiche a taglio.....	76

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCINE RO-RO TRATTO “E” E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	---

7.6.4	Verifiche dei limiti di armatura.....	79
7.7	Pali di fondazione	84
7.7.1	Verifiche per combinazioni sismiche	90
7.7.2	Verifiche per combinazioni statiche	91
7.7.3	Verifica dei limiti di armatura.....	91
7.8	Verifiche dei nodi.....	93
7.8.1	Classifica dei nodi	94
7.8.2	Criteri di verifica	95
7.8.3	Nodi esterni	96
7.8.4	Nodi interni.....	104
8.	VERIFICHE GEOTECNICHE	112
8.1	Quadro normativo	112
8.1.1	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU e SLV).....	112
8.1.2	Approcci e combinazioni utilizzate per le verifiche.....	114
8.2	Geometria della fondazioni	114
8.3	Verifica ai carichi verticali.....	117
8.4	Verifica ai carichi orizzontali.....	120
8.5	Modello geotecnico e criteri di progettazione.....	124
8.5.1	Sinottico dei parametri geotecnici.	124
8.6	Azioni	128
8.7	SLU -Verifica ai carichi verticali.....	137
8.7.1	Pali del dente di attracco.....	137
8.7.2	Diaframmi	138
8.8	SLU -Verifica ai carichi orizzontali.....	139
8.8.1	Pali del dente di attracco.....	139
8.9	SLE - cedimenti	141

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--


1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono i calcoli strutturali e geotecnici delle nuove opere previste nel progetto di fattibilità tecnica ed economica dei lavori di RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO nel porto di Gioia Tauro che consistono nella realizzazione di un nuovo dente di attracco al fine di consentire maggiore e piena funzionalità allo scalo marittimo di Gioia Tauro, adeguando gli accosti per navi Ro-RO agli ultimi standard delle navi Ro-RO e Ro Pax che scalano il porto.

L'intervento ricade nel Comune di San Ferdinando.

Il nuovo dente di attracco, come indicato dalla Committente Autorità di Sistema Portuale, deve avere i seguenti requisiti tecnici e rispondere alle seguenti prestazioni:

- fondale -16.00 m da l.m.m;
- quota di banchina a +3,00 m da l.m.m.;
- sovraccarico di banchina pari a 40 kPa;
- bitte da 500 kN ogni 24-25 m;
- vita nominale dell'opera 50 anni;
- classe d'uso II.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente progetto è redatto in conformità alla vigente normativa nazionale riportata sinteticamente nel seguito:

- L. 5/11/1971 n. 1086 – Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e da struttura metallica.
- L. 2/2/1974 n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni - NTC2008.
- D.M. 17/1/2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" – NTC 2018
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI EN 1992-4:2018 – Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo
- D.M. 31/07/2012 - Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici
- EAU 2004 – "Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbour and Waterways".

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nei paragrafi seguenti sono riportati la vita nominale e la classe d'uso delle nuove opere ed il periodo di riferimento per il calcolo delle azioni sismiche.

3.1 VITA NOMINALE


La vita nominale (V_N) delle opere strutturali, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, è posta per le strutture marittime di progetto pari a 50 anni (Tab. 2.4.I delle NTC2018 - "costruzioni tipo 2: costruzioni con livelli di prestazioni ordinari").

3.2 CLASSE D'USO

La classe d'uso dell'opera in rapporto alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso è stata assunta pari a II ("Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti").

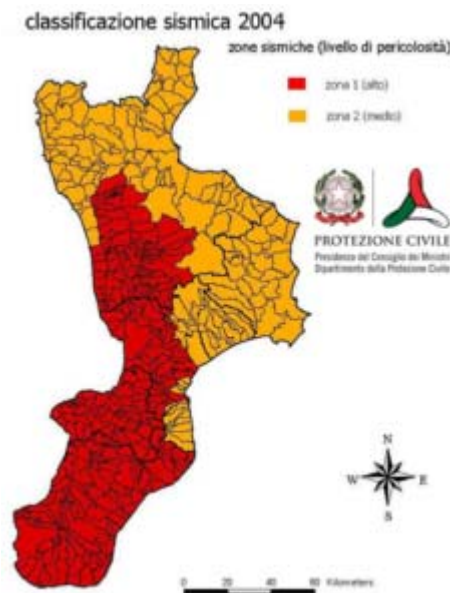
3.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Il periodo di riferimento (V_R), in relazione al quale sono valutate le azioni sismiche sulla struttura, è ottenuto moltiplicando la vita nominale ($V_N = 50$ anni) per il coefficiente d'uso associato alla relativa classe d'uso ($C_U = 1.00$) da cui si ricava $V_R = 50$ anni.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il Porto di Gioia Tauro ricade all'intero dei comuni di Gioia Tauro e di San Ferdinando classificati entrambi in zona sismica 1.




4.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO E PARAMETRI SISMICI DI PROGETTO

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa, a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

I parametri sismici da utilizzare nei calcoli delle strutture sono determinati in accordo con la normativa vigente a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica nazionale è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e riportati in allegato alle NTC 2008 (parte ancora in vigore) in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento con passo di 0.05° . In corrispondenza di ogni nodo del reticolo di riferimento, per ciascuna delle probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento ($V_R = 100$ anni) sono assegnati i valori dei seguenti parametri:

- T_{c*} = parametro necessario per la costruzione dello spettro elastico di risposta;
- a_g = accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024

- F_0 = fattore che quantifica amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale

In accordo con le NTC 2018, le verifiche geotecniche e strutturali sulla banchina sono condotte nel rispetto del solo stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV (§7.11.1 della normativa di riferimento), al quale corrisponde una probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento (V_R) pari al 10% (tabella 3.2.I delle NTC2018).

Il periodo di ritorno dell'azione sismica per il sito in esame è dato da:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} = 475 \text{ anni}$$

I valori dei parametri sismici da utilizzare per la definizione dell'azione sismica di progetto sono ricavati dall'Allegato A e B alle NTC 2008.

Con riferimento agli stati limite definiti per le condizioni sismiche dalle NTC2018 e per il sito in esame avente coordinate long. = 15.9174° e lat. = 38.4737°, i parametri sismici da assumere sono i seguenti:

STATO LIMITE	Tr (anni)	F_0 (-)	T_c^* (s)	a_g (g)
SLO	30	2.29	0.279	0.066
SLD	50	2.27	0.295	0.088
SLV	475	2.42	0.364	0.262
SLC	975	2.46	0.389	0.353


Il valore massimo dell'accelerazione a_{max} da considerare nelle analisi di progetto si determina sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche proprie del sito. Tale valore deriva dall'accelerazione massima in condizione di sito di riferimento pianeggiante su suolo rigido, adeguatamente amplificata per tener conto dell'effetto delle specifiche condizioni stratigrafiche e topografiche.

L'amplificazione locale del sisma viene presa in considerazione attraverso due coefficienti:

- coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_S) variabile per ogni stato limite di riferimento; Tabella 3.2.IV NTC 2018
- coefficiente di amplificazione topografico (S_T) - Tabella 3.2.V NTC 2018


L'accelerazione massima di riferimento, tenendo conto delle amplificazioni, è definita quindi da:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = S \cdot a_g$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche, la relazione geotecnica indica una categoria di sottosuolo di tipo C che corrisponde ad un coefficiente amplificativo $S_S = 1.5$.

A riguardo delle condizioni topografiche, tutte le aree interessate dalle opere di progetto sono caratterizzate da un fondale o piano campagna lievemente inclinati; per tale motivo, le analisi di stabilità in corrispondenza delle opere sono state eseguite tenendo conto di una categoria topografica T1, che secondo la Tabella 3.2.V della normativa di riferimento corrisponde ad un coefficiente amplificativo $S_T = 1.0$.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella realizzazione delle opere strutturali sono sinteticamente riportate nel seguito.

5.1 CALCESTRUZZO CLASSE DI RESISTENZA C35/45

Le opere di c.a. sono realizzate con calcestruzzo di classe di resistenza C35/45, classe di esposizione XS3, classe di consistenza S4 e diametro massimo dell'aggregato 32 mm.

Nel seguito si riportano le principali caratteristiche meccaniche del calcestruzzo utilizzato:

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 37.35 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21.17 \text{ MPa}$$

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56 \text{ MPa}$$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo

$$f_{bk} = 2.25 \times \eta \times f_{ctk} = 5.29 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3.53 \text{ MPa}$$


$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ MPa}$$

$$v_{cls \text{ fess.}} = 0$$

$$v_{cls \text{ non fess.}} = 0.2$$

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è stato adottato un modello σ - ϵ parabola rettangolo illustrato nella figura seguente.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

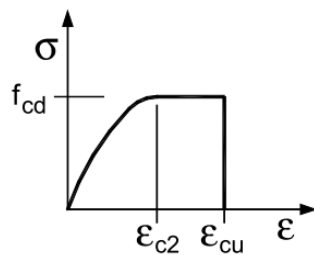


Figura 5.1 – Diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo


Per le deformazioni del modello σ - ϵ sono stati assunti i seguenti valori:

$$\epsilon_{c2} = 0.20\%$$

$$\epsilon_{cu} = 0.35\%$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21.17 \text{ MPa}$$

Il copriferro minimo da garantire, da incrementare con un minimo di mm 10 di tolleranza di posa, è pari a 40 mm per gli elementi piastra, 45 mm, altri elementi, per un totale rispettivamente pari a 50 e 55 mm.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

5.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Acciaio per le opere di c.a.: B450C - NTC 2018

$f_{yk} = 450$ MPa - tensione di snervamento

$f_{tk} = 540$ MPa - tensione di rottura

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450/1.15 = 391$ MPa - resistenza di calcolo

$\epsilon_{yd} = 0.21$ % - deformazione limite di inizio snervamento

Diagramma tensione-deformazione dell'acciaio: modello σ - ϵ elastico perfettamente plastico

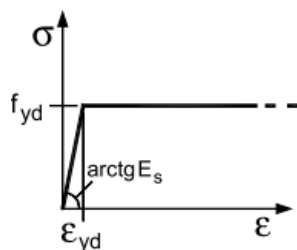



figura 5.2 - Diagramma tensione-deformazione dell'acciaio

Le armature metalliche sono tutte di tipo "poco sensibile".

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024

6. CARATTERISTICHE DEI TERRENI

I terreni presenti nel volume significativo sono tutti di natura incoerente con buono stato di addensamento e caratteristiche meccaniche.

Il modello stratigrafico, come meglio descritto nell'elab. "Relazione di caratterizzazione geotecnica" allegata al presente PFTE, è costituito da due Unità Geotecniche:

- "UNITA' A – Sabbie medio-grosse ", più superficiale;
- "UNITA' B – Sabbie medio-fini limose", più profonda.

I pali di fondazione risultano infissi da quota -16.00 m s.l.m.m. a -34.50 m s.l.m.m. ed interessano l'unità B, i cui parametri geotecnici sono riportati nella tabella seguente:

				Sabbie medio-fini limose (Unità B)
Peso di volume		γ	[kN/m ³]	19,0
Densità relativa		DR	[%]	55-65
Parametri di resistenza in tensioni efficaci	da SPT	φ'	[°]	33-39
	da DMT	φ'	[°]	33
	da taglio diretto	φ'_p	[°]	40
		φ'_{vc}	[°]	35
Modulo di taglio a piccole deformazioni	da colonna risonante	G₀	[MPa]	184-216
Modulo elastico operativo	da SPT	E'	[MPa]	30-45
	da DMT	E'	[MPa]	70
Modulo edometrico	da DMT	M	[MPa]	100

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

7. VERIFICHE STRUTTURALI

Il nuovo dente di attracco sulla banchina E è realizzato con una struttura a giorno con il fondale al piede pari a -16.00 m s.l.m.m. ed è costituita da:


1. n.34 pali trivellati di c.a. di diametro $\Phi 1500$ con quota di infissione -34.50 m s.l.m. e con la quota testa palo alla +0.70 m s.l.m. ad esclusione dei pali di bordo (n.5) afferenti allo scivolo di ormeggio la cui testa palo è a quota +0.20 m s.l.m.m.
2. un impalcato costituito da un graticcio di travi prefabbricate e da una soletta di c.a..

Nella parte perimetrale, l'impalcato poggerà sui diaframmi esistenti delle banchine E ed F, e per l'alloggiamento delle nuove travi dell'impalcato, si rende necessaria una demolizione conservativa e puntuale della trave di bordo in c.a. esistente.

Nel tratto emerso e per tutta la profondità di infissione, i pali sono protetti da una camicia in acciaio dello spessore di 14 mm.

Da un punto di vista costruttivo possono individuarsi le seguenti fasi esecutive dell'opera:

- realizzazione dei pali trivellati di c.a.;
- posizionamento in testa ai pali dei pulvini forati al centro per consentire il passaggio della gabbia di armatura del palo;
- posizionamento sui pulvini delle travi e successivo getto dei nodi pali-travi al fine di ripristinare la continuità strutturale dell'opera;
- a maturazione avvenuta del getto, posizionamento sulle travi delle predalle;
- realizzazione del getto finale di calcestruzzo della soletta dell'impalcato;
- realizzazione della pavimentazione, dei giunti e delle finiture di banchina.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
--	---	--

7.1 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguito si riporta l'analisi dei carichi agenti sulla struttura.

7.1.1 Carichi permanenti strutturali

I carichi permanenti strutturali sono dovuti ai pesi propri degli elementi strutturali e sono stati calcolati assumendo per il calcestruzzo un peso di volume pari a 25.00 kN/m³ (area sopra il l.m.m.) e per i pali con lamierino in acciaio da 14 mm un peso pari a 27.99 kN/m fuori acqua e 17.89 kN/m per i pali immersi.

7.1.2 Carichi permanenti non strutturali

I carichi permanenti non strutturali sono dovuti ai pesi propri portati dall'impalcato e sono stati calcolati assumendo per la pavimentazione un peso di volume pari a 22.00 kN/m³:

- p.p. pavimentazione: $G_{2k} = 22 \times 0.10 = 2.2 \text{ kN/m}^2$

7.1.3 Sovraccarico variabile sulla banchina

Il sovraccarico variabile agente sull'impalcato della struttura a giorno è stato assunto pari a:

- sovraccarico: $Q_{1k} = 40.00 \text{ kN/m}^2$

Ai fini della combinazione dell'azione con gli altri carichi variabili, l'azione del sovraccarico accidentale è assimilata all'azione dei carichi variabili di categoria G per la quale i coefficienti di combinazione da adottare sono i seguenti:


- $\Psi_{0j} = 0.7$
- $\Psi_{1j} = 0.5$
- $\Psi_{2j} = 0.3$

7.1.4 Tiro alla bitta

Sulla struttura sono posizionate n. 2 bitte ai lati dello scivolo e n. 3 bitte lungo la seconda banchina da $Q_{2k} = 500 \text{ kN}$.

Ai fini della combinazione dell'azione con gli altri carichi variabili, l'azione del tiro alla bitta è assimilata all'azione del vento per la quale i coefficienti di combinazione da adottare sono i seguenti:

- $\Psi_{0j} = 0.6$
- $\Psi_{1j} = 0.2$
- $\Psi_{2j} = 0.0$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO “E” E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

7.1.5 Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto sono valutate a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione definita nel §0 e dall’individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento assunta pari a C. L’azione sismica è caratterizzata da due componenti orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, tra di loro indipendenti.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

7.1.5.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s.

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

- $0 \leq T < T_B$: $S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times [T/T_B + 1 / (\eta \times F_o) \times (1 - T/T_B)]$
- $T_B \leq T < T_C$: $S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o$
- $T_C \leq T < T_D$: $S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times (T_C/T)$
- $T_D \leq T$: $S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times (T_D T_C / T^2)$

nelle quali:

- T è il periodo di vibrazione;
- S_e è l’accelerazione spettrale orizzontale;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione;

$$S = S_S \times S_T$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed S_T il coefficiente di amplificazione topografica;

- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5% mediante la relazione:

$$\eta = [10 / (5 + \xi)]^{0.5} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

- F_o è il fattore che quantifica l’amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;
- T_C è il periodo corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

$$T_C = C_C \times T_C^*$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024
---	--	---

dove T_C^* è funzione del sito di costruzione e di P_{VR} e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:

$$T_B = T_C/3$$

- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \times a_g/g + 1.6$$

Nelle tabelle seguenti sono riportate in funzione della categoria di sottosuolo le espressioni per la valutazione dei coefficienti S_S e C_C ed in funzione della categoria topografica S_T .

Tabella delle espressioni di S_S e C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella dei valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4


Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

- $0 \leq T < T_B$: $S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v \times [T/T_B + 1 / (\eta \times F_v) \times (1 - T/T_B)]$
- $T_B \leq T < T_C$: $S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v$
- $T_C \leq T < T_D$: $S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v \times (T_C/T)$
- $T_D \leq T$: $S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v \times (T_D T_C / T^2)$

nelle quali :

- T è il periodo di vibrazione;
- S_{ve} è l'accelerazione spettrale verticale;
- F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima mediante la relazione:

$$F_v = 1.35 \times F_o \times (a_g/g)^{0.5}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

I parametri S_S , T_B , T_C e T_D per lo spettro di risposta elastico della componente verticale sono riportati nella tabella seguente:

Tabella dei parametri dello spettro elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

7.1.5.2 Spettro di progetto per lo stato limite di operatività (SLO)

Per lo stato limite di operatività lo spettro di risposta di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata.

7.1.5.3 Spettri di progetto per gli stati limite di danno (SLD), di salvaguardia della vita (SLV) e di prevenzione del collasso (SLC)

Per le verifiche agli stati limite di danno (SLD), di salvaguardia della vita (SLV) e di prevenzione del collasso (SLC) lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento

P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di comportamento. Si assumerà comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

7.1.5.4 Fattore di comportamento

Il valore del fattore di comportamento q , da utilizzare per lo stato limite considerato e nella direzione considerata per l'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Il limite superiore q_{lim} del fattore di comportamento relativo allo SLV è calcolato la seguente espressione:

$$q = q_0 \times K_R$$

dove:

- q_0 è il valore base del fattore di comportamento allo SLV i cui valori massimi sono riportati nella tabella 7.3. II delle NTC2018 in dipendenza della Classe di Duttività, della tipologia strutturale, del coefficiente λ e del rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;
- $K_R = 1$ – struttura regolare in altezza.

L'opera è stata considerata come tipologia strutturale a pendolo inverso intelaiata monopiano, per cui il valore base del fattore di comportamento allo SLV, per costruzioni progettate per conseguire la Classe di Duttività Media (CD" B"), può essere assunto pari a (tabella 7.3. II delle NTC2018):

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$q_0 = 2.5$$

Il valore base del fattore di comportamento allo SLD è assunto pari a 1.5 (formula 7.3.2):

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD"B"} \leq 1,5$$

$$q_{nd} = 2/3 \times 2.5 = 1.7 \text{ e quindi } q_{nd} = 1.5$$

7.2 *COMBINAZIONE DEI CARICHI*

Ai fini delle verifiche agli stati limite, i carichi sono stati combinati come segue:

- **Combinazione fondamentale allo SLU di tipo strutturale (SLU-STR):**
 - SLU-STR-1: $1.3 \times G_1 + 1.5 \times G_2 + 1.5 \times Q_{k1} + 0.9 \times Q_{k2}$
 - SLU-STR-2: $1.3 \times G_1 + 1.5 \times G_2 + 1.05 \times Q_{k1} + 1.5 \times Q_{k2}$


- **Combinazione sismica SLV di tipo strutturale (SLV-STR):**
 - SLV-STR: $E + G_1 + G_{k2} + 0.3 \times Q_{k1}$

- **Combinazione sismica per classe di duttilità "B" SLV di tipo strutturale (SLV-STR):**
 - CDB 1.1xSLV-STR: $1.1 \times (E + G_1 + G_{k2} + 0.3 \times Q_{k1})$

- **Combinazione allo SLE di tipo caratteristica (RARA):**
 - SLE-RARA-1: $G_1 + G_2 + Q_{k1} + 0.6 \times Q_{k2}$
 - SLE-RARA-2: $G_1 + G_2 + 0.7 \times Q_{k1} + Q_{k2}$

- **Combinazione allo SLE di tipo frequente (FREQ):**
 - SLE-FREQ-1: $G_1 + G_2 + 0.5 \times Q_{k1}$
 - SLE-FREQ-2: $G_1 + G_2 + 0.3 \times Q_{k1} + 0.2 \times Q_{k2}$

- **Combinazione allo SLE di tipo quasi permanente (QP)**
 - SLE-QP: $G_{k1} + G_{k2} + 0.3 \times Q_{k1}$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

7.3 CRITERI E MODELLO DI CALCOLO

Nelle condizioni usuali di esercizio, la struttura è stata studiata attraverso un modello tridimensionale con l'ausilio del codice di calcolo agli elementi finiti SAP 2000 della CSI S.r.l.

La risposta della struttura in condizioni sismiche è stata valutata mediante analisi lineare dinamica (analisi modale con spettro di risposta), calcolandola separatamente per ciascuna componente e combinando successivamente gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc...) applicando la seguente espressione (par. 7.3.5 NTC 2018):

$$1.00 \times E_x + 0.30 \times E_y + 0.30 \times E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi. La componente verticale è stata comunque considerata. Dall'analisi modale è risultato un periodo fondamentale della struttura $T=0.3$ s con % di massa partecipante del 90% per ogni direzione dell'azione sismica.

Per gli stati limite di esercizio (sistema non dissipativo), l'analisi è stata svolta con riferimento allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento paria 1.5, mentre per gli stati limite ultimi (sistema dissipativo), l'analisi è stata svolta con riferimento allo spettro di progetto ottenuto assumendo il fattore di comportamento q_0 .

Nel calcolo per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa è stata, inoltre, attribuita un'eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione derivante dal calcolo pari a 0,05 volte la dimensione della struttura misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica.

Tutti gli elementi strutturali sono stati modellati come elemento trave (frame) ad eccezione della soletta d'impalcato che è stata modellata come elemento piastra (shell). Per tenere conto della differenza di quota tra l'estradosso dei pulvini ($Q=+1.20$ m s.l.m.m.) e la linea d'asse delle travi dell'impalcato ($Q=+1.80$ m s.l.m.m.) sono stati inseriti nel modello dei collegamenti rigidi (link rigidi) tra i pulvini ed i nodi dell'impalcato.

L'interazione palo-terreno è stata simulata con molle a comportamento elastico con una rigidità orizzontale, crescente con la profondità e pari a

$$K_h = 2533,3 \times z/L \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

Sono indicati con z la profondità di calcolo e con L la profondità di infissione dei pali.

Considerando $D = 1.5$ m, il diametro dei pali infissi e $i = 0.5$ m, interasse delle molle

$$k = 2533,3 \times D \times i \times z/L = 105.5 \times z$$

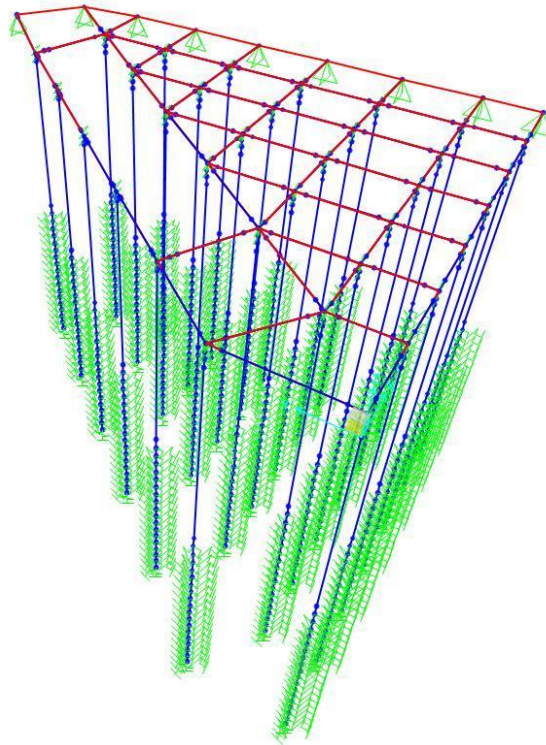
Al piede dei pali sono state inserite delle molle reagenti solo all'azione verticale di rigidità pari a:

$$K_v = 320000 \text{ kN/m}$$

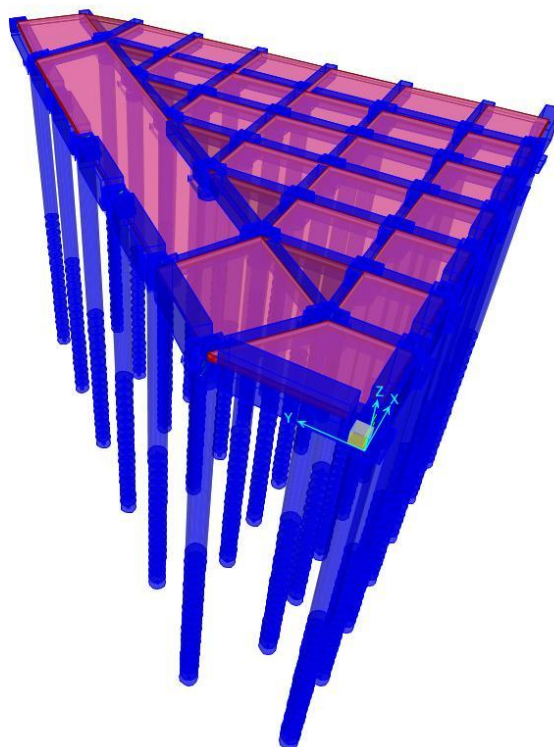
Nelle figure seguenti, è riportato il modello di calcolo utilizzato:




3-D View



3-D View



 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Le verifiche delle strutture sono state effettuate con riferimento ai seguenti stati limite ultimi SLU e SLE:

- SLU di tipo strutturale (STR):
 - stato limite di resistenza della struttura;

- SLU connessi all'azione sismica: stato limite di salvaguardia della vita SLV:
 - stato limite di resistenza della struttura;

- SLE:
 - stato limite di fessurazione;
 - stato limite delle tensioni in esercizio.

Per ogni SLU deve essere rispettata la condizione: $E_d \leq R_d$

in cui:

- E_d è il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni;
- R_d è il valore di progetto della resistenza della struttura.

Deve quindi risultare con riferimento alle sollecitazioni di flessione e taglio, in ogni sezione strutturale e per ogni combinazione:

- $M_{sd} \leq M_u$
- $V_{sd} \leq V_{rd}$

Con riferimento allo SLE strutturale, sono state effettuate le seguenti verifiche:

- verifica allo stato limite delle tensioni in esercizio:

tensione massima di compressione nel cls:

- per combinazione rara : $\sigma_c \leq 0.6f_{ck} = 22.41MPa$
- per combinazione quasi permanente : $\sigma_c \leq 0.45f_{ck} = 16.81MPa$


tensione massima di trazione nell'acciaio:

- per combinazione rara : $\sigma_s \leq 0.8f_{yk} = 360MPa$

- verifica allo stato limite di fessurazione:

per condizioni ambientali molto aggressive (XS3) e armatura poco sensibile:

- per combinazione frequente : apertura delle fessure $\leq w_1 = 0.2mm$
- per combinazione quasi permanente : apertura delle fessure $\leq w_1 = 0.2mm$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

7.4 VERIFICHE DELLE PREDALLE

Per il getto di completamento della soletta dell'impalcato di spessore 35 cm, saranno poggiate sulle travi prefabbricate delle dalle in c.a. prefabbricate con cls di classe C35/45, di altezza 15 cm e dimensioni in pianta variabili.

Si distinguono 4 tipologie:

- predalla "standard" 210 X 480 cm;
- predalla zona rampa/scivolo 100 x 580 cm;
- predalla zona adiacente alla rampa/scivolo 100 x 610 cm;
- predalle variabili per dimensioni (< 210 x 480 cm) e forma.

Le predalle sono calcolate come piastre appoggiate sui lati corti soggette ai seguenti carichi:


- peso proprio delle predalle: $G_1 = 0.15 \times 25 = 3.75 \text{ kN/m}^2$
- peso del getto di completamento dell'impalcato: $G_2 = 0.35 \times 25 = 8.75 \text{ kN/m}^2$
(ai fini delle combinazioni verrà considerato come permanente strutturale G_1)
- un sovraccarico accidentale presente durante le fasi di getto: $Q_{k1} = 0.50 \text{ kN/m}^2$.

Ai fini delle verifiche agli stati limite, i carichi sono stati combinati come segue:

- **Combinazione fondamentale allo SLU di tipo strutturale (SLU-STR):**
 - SLU-STR: $1.3 \times G_1 + 1.5 \times Q_{k1}$

Il calcolo delle predalle è stato eseguito con l'ausilio del software Sap2000. Le sollecitazioni di taglio V_{13} , V_{23} e momento flettente M_{11} , M_{22} che si ottengono dall'analisi delle piastre con il Sap2000, sono riferite al sistema di coordinate locali (assi 1,2,3) di ogni elemento strutturale che costituisce il modello e non coincide, in generale, con il riferimento assoluto x,y,z, del modello. Il software Sap2000 adotta le seguenti convenzioni:

- gli assi 1 e 2 appartengono al piano dell'elemento, mentre l'asse 3 è ortogonale al piano dell'elemento;
- l'asse 2 per elementi orizzontali ha direzione e verso +y, mentre per elementi verticali ha direzione e verso +z;
- l'asse 1 è orizzontale ed appartiene al piano xy;
- il momento M_{11} agisce attorno all'asse 2;
- il momento M_{22} agisce attorno all'asse 1;
- il taglio V_{13} agisce nel piano 2-3;
- il taglio V_{23} agisce nel piano 1-3.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

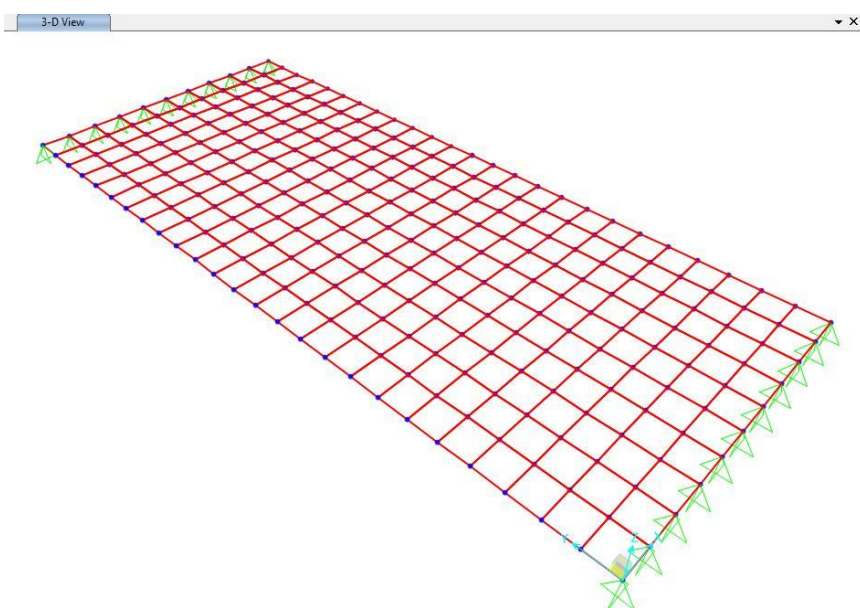
Nell'analisi non sono stati considerati i momenti torcenti di piastra M_{12} che, in corrispondenza dei massimi momenti M_{11} ed M_{22} , assumono valori trascurabili.

Le verifiche strutturali delle sezioni sono state eseguite con l'ausilio del software di calcolo Geostru-RCSEC.

Di seguito si riporta il calcolo della tipologia di predalla più ricorrente 210 x 480 cm e di quella da 100 x 610 cm la cui armatura è valida anche per il caso delle predalle dello scivolo.

Predalla 210 x 480 cm

Il modello strutturale adottato è riportato nella figura seguente:



Per il caso in esame:

- l'asse 1 // asse x (asse trasversale // al lato corto della predalla);
- l'asse 2 // asse y (asse longitudinale // al lato lungo della predalla);
- il momento M_{11} agisce attorno all'asse 2 ed è abbinato al taglio V_{13} , mentre il momento M_{22} agisce attorno all'asse 1 ed è abbinato al taglio V_{23} .

Dal modello di calcolo risultano le seguenti sollecitazioni massime (per unità di lunghezza nel piano) sull'elemento strutturale:

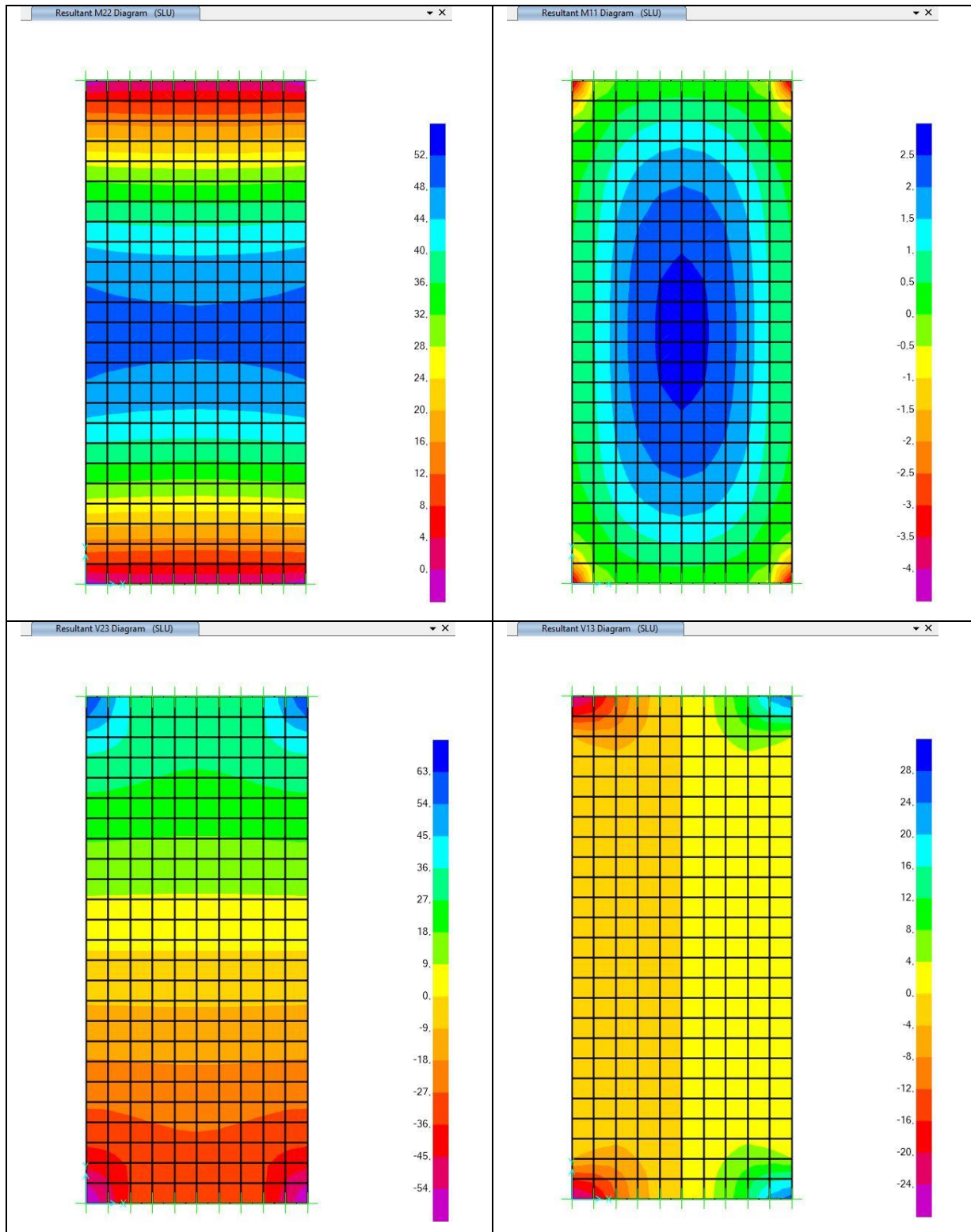
Sollecitazioni nelle predalle


Predalla 210x480	(dir x)		(dir y)		(dir x)	(dir y)
	M11 max (-)	M11 max (+)	M22 max (-)	M22 max (+)	V13 max	V23 max
Sp. [cm]	KNm/m	KNm/m	KNm/m	KNm/m	KN/m	KN/m
15	-4.09	2.96	-2.70	49.69	25.93	62.64

M+ tese fibre inferiori; M- tese fibre superiori

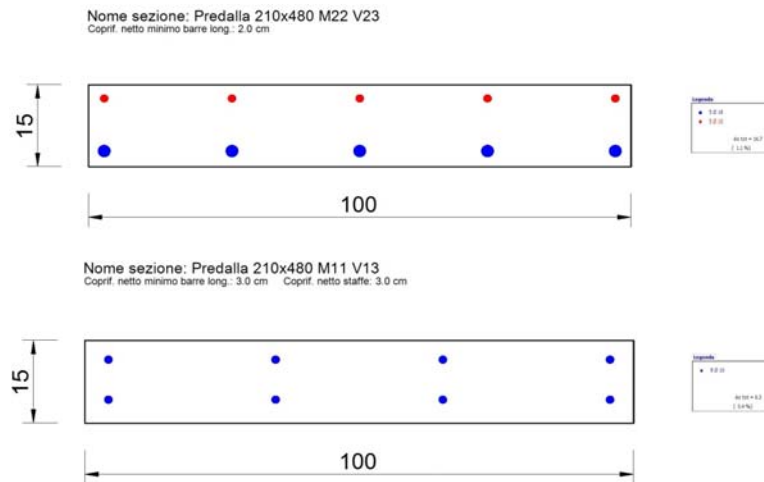


I diagrammi delle sollecitazioni sono riportati nelle immagini seguenti:



 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

Le armature utilizzate per le predalle sono riportate nelle immagini e tabelle seguenti:




Armatura predalle

Predalla	Sp. [cm]	Copriferro [cm]	Armatura
210x480	15	3	dir x
			superiore: 4φ10 / m
		3.8	inferiore: 4φ10 / m
			dir y
2	superiore: 5φ10 / m		
	2	inferiore: 5φ18 / m	

Nella tabella seguente si riporta la sintesi delle verifiche delle sezioni allo SLU con riferimento alle sollecitazioni massime di momento e taglio:

Armatura trasversale (SLU - M11 , V13 – dir.X)					
Predalla	M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]	$V_{rd} (*)$ [KN/m]
(210 x 480 cm, sp. 15 cm)	M11+ = 2.96 M11- = -4.09	<	Mu+ = 15.95 Mu- = 17.92	V13 = 25.93	< 71.88
Armatura longitudinale (SLU - M22 , V23– dir.Y)					
Predalla	M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]	$V_{rd} (*)$ [KN/m]
(210 x 480 cm, sp. 15 cm)	M22+ = 49.69	<	Mu+ = 54.18	V23=62.64	< 98.71

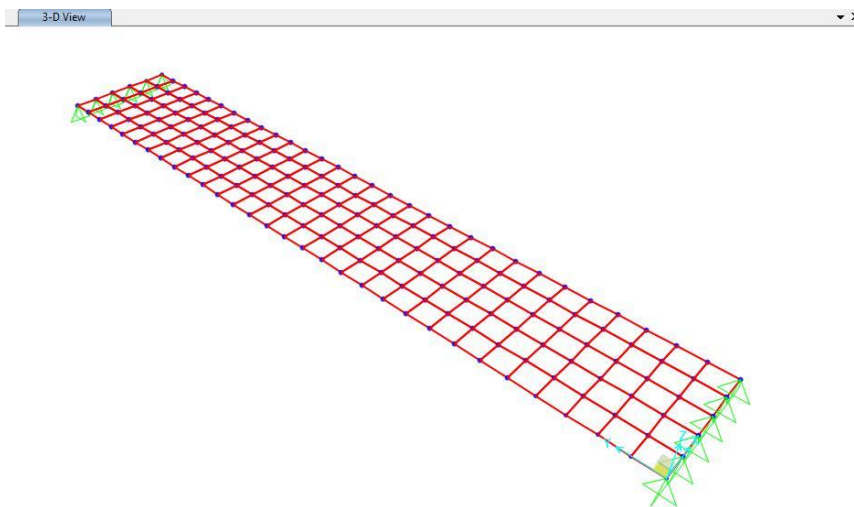
 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
				Data : LUGLIO 2024	

	M22- = -2.70		Mu- = 22.36			
--	--------------	--	-------------	--	--	--

(*) V_{rd} è la resistenza a taglio calcolata con riferimento ad elementi privi di armatura a taglio

Predalla 100 x 610 cm

Il modello strutturale adottato è riportato nella figura seguente:



Per il caso in esame:

- l'asse 1 // asse x (asse trasversale // al lato corto della predalla);
- l'asse 2 // asse y (asse longitudinale // al lato lungo della predalla);
- il momento M_{11} agisce attorno all'asse 2 ed è abbinato al taglio V_{13} , mentre il momento M_{22} agisce attorno all'asse 1 ed è abbinato al taglio V_{23} .

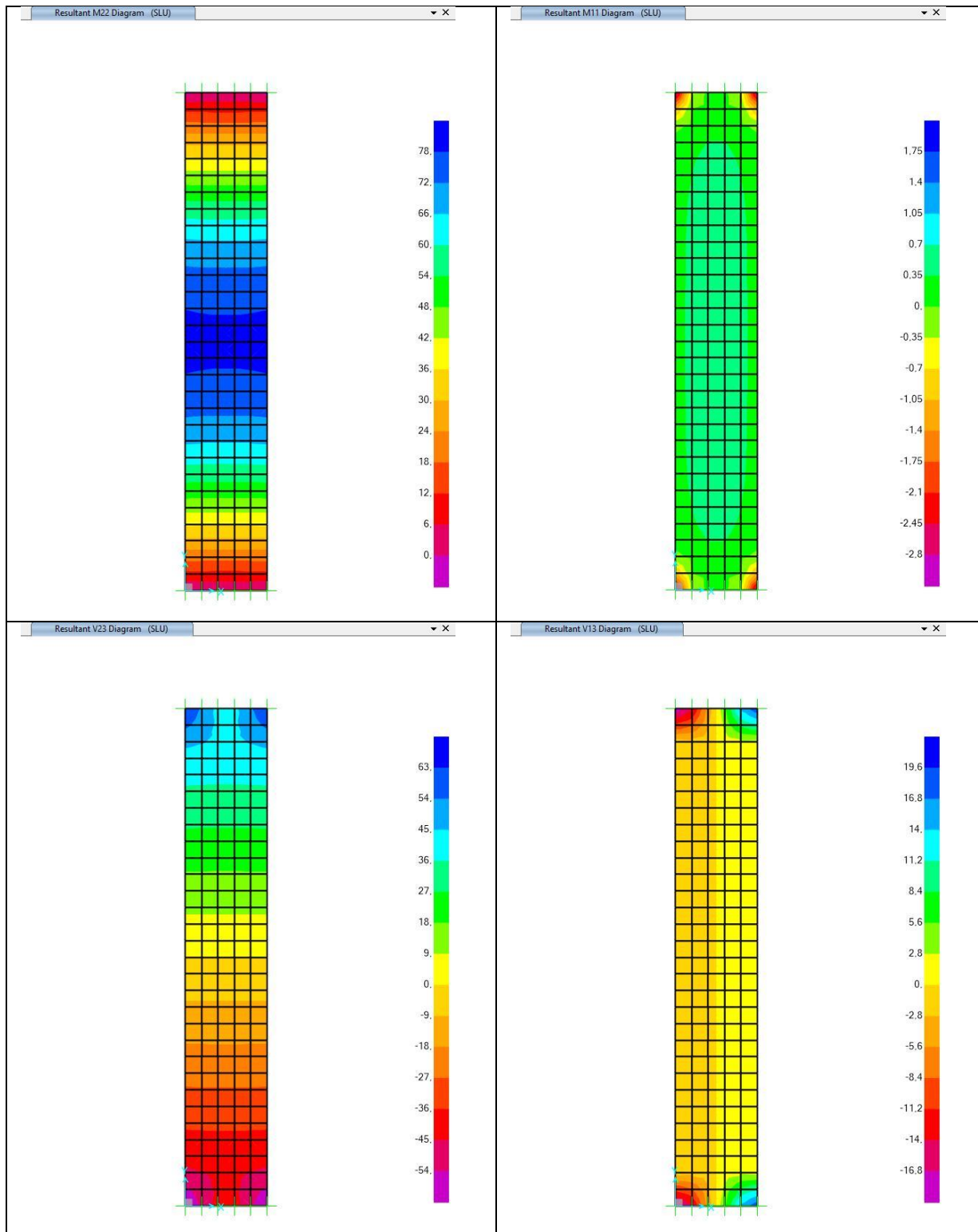
Dal modello di calcolo risultano le seguenti sollecitazioni massime (per unità di lunghezza nel piano) sull'elemento strutturale:

Sollecitazioni nelle predalle


Predalla 100x610	(dir x)		(dir y)		(dir x)	(dir y)
	M11 max (-)	M11 max (+)	M22 max (-)	M22 max (+)	V13 max	V23 max
Sp. [cm]	KNm/m	KNm/m	KNm/m	KNm/m	KN/m	KN/m
15	-2.96	1.95	-1.56	79.29	18.94	61.69

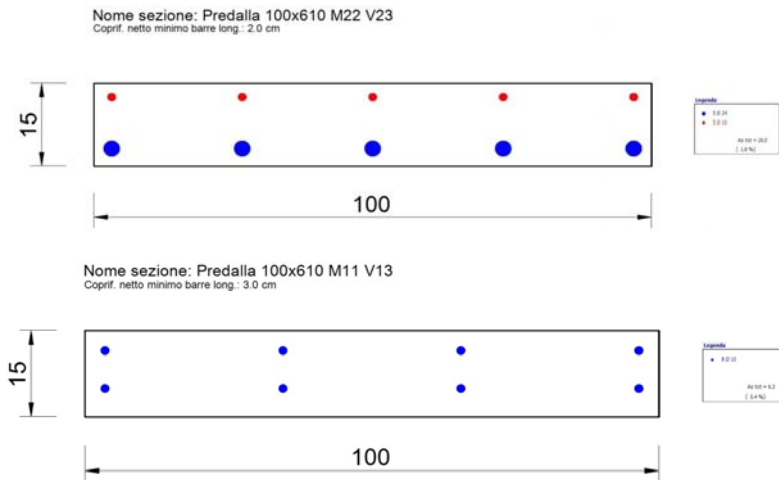
M+ tese fibre inferiori; M- tese fibre superiori

I diagrammi delle sollecitazioni sono riportati nelle immagini seguenti:



Le armature utilizzate per le predelle sono riportate nelle immagini e tabelle seguenti:

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p align="center">PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p align="center">RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p>
		<p>Data : LUGLIO 2024</p>




Armatura predalle

Predalla	Sp. [cm]	Copriferro [cm]	Armatura
100x610	15	3	dir x
			superiore: 4φ10 / m
		4.4	inferiore: 4φ10 / m
			dir y
2	superiore: 5φ10 / m		
	2	inferiore: 5φ24 / m	

Nella tabella seguente si riporta la sintesi delle verifiche delle sezioni allo SLU con riferimento alle sollecitazioni massime di momento e taglio:

Armatura trasversale (SLU - M11 , V13 – dir.X)					
Predalla	M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]	V_{rd} (*) [KN/m]
(100 x 610 cm, sp. 15 cm)	M11+ = 1.95 M11- = -2.96	<	Mu+ = 15.22 Mu- = 18.66	V13 = 18.94	< 69.17
Armatura longitudinale (SLU - M22 , V23– dir.Y)					
Predalla	M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]	V_{rd} (*) [KN/m]
(100 x 610 cm, sp. 15 cm)	M22+ = 79.29 M22- = -1.56	<	Mu+ = 87.20 Mu- = 23.85	V23=61.69	< 117.60

(*) V_{rd} è la resistenza a taglio calcolata con riferimento ad elementi privi di armatura a taglio

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

7.5 VERIFICHE DELLA SOLETTA D'IMPALCATO

La soletta in c.a. è realizzata con getto in opera con cls di classe C35/45; lo spessore è costante su tutto l'impalcato e pari a 35 cm.

Analisi dei carichi

- peso proprio della soletta:
 $G_1 = 0.35 \times 25 = 8.75 \text{ kN/m}^2$
- carico permanente non strutturale dovuto al peso della pavimentazione (il carico agisce ovunque sull'impalcato ad esclusione della porzione di soletta in corrispondenza dello scivolo/rampa):
 $G_2 = 22 \times 0.10 = 2.2 \text{ kN/m}^2$
- sovraccarico accidentale di banchina:
 $Q_{k1} = 40 \text{ kN/m}^2$.

I carichi sono stati combinati come segue:

- **Combinazione fondamentale allo SLU di tipo strutturale (SLU-STR):**
 - SLU-STR-1: $1.3 \times G_1 + 1.5 \times G_2 + 1.5 \times Q_{k1}$
- **Combinazione allo SLE di tipo caratteristica (RARA):**
 - SLE-RARA-1: $G_1 + G_2 + Q_{k1}$
- **Combinazione allo SLE di tipo frequente (FREQ):**
 - SLE-FREQ-1: $G_1 + G_2 + 0.5 \times Q_{k1}$
- **Combinazione allo SLE di tipo quasi permanente (QP)**
 - SLE-QP: $G_1 + G_2 + 0.3 \times Q_{k1}$

La struttura è stata schematizzata come un insieme di piastre appoggiate alle travi principali dell'impalcato ed è stata analizzata con il software Sap2000.

Le sollecitazioni di taglio V_{13} , V_{23} e momento flettente M_{11} , M_{22} che si ottengono dall'analisi delle piastre con il Sap2000, sono riferite al sistema di coordinate locali (assi 1,2,3) di ogni elemento strutturale che costituisce il modello e non coincide, in generale, con il riferimento assoluto x,y,z , del modello. Il software Sap2000 adotta le seguenti convenzioni:

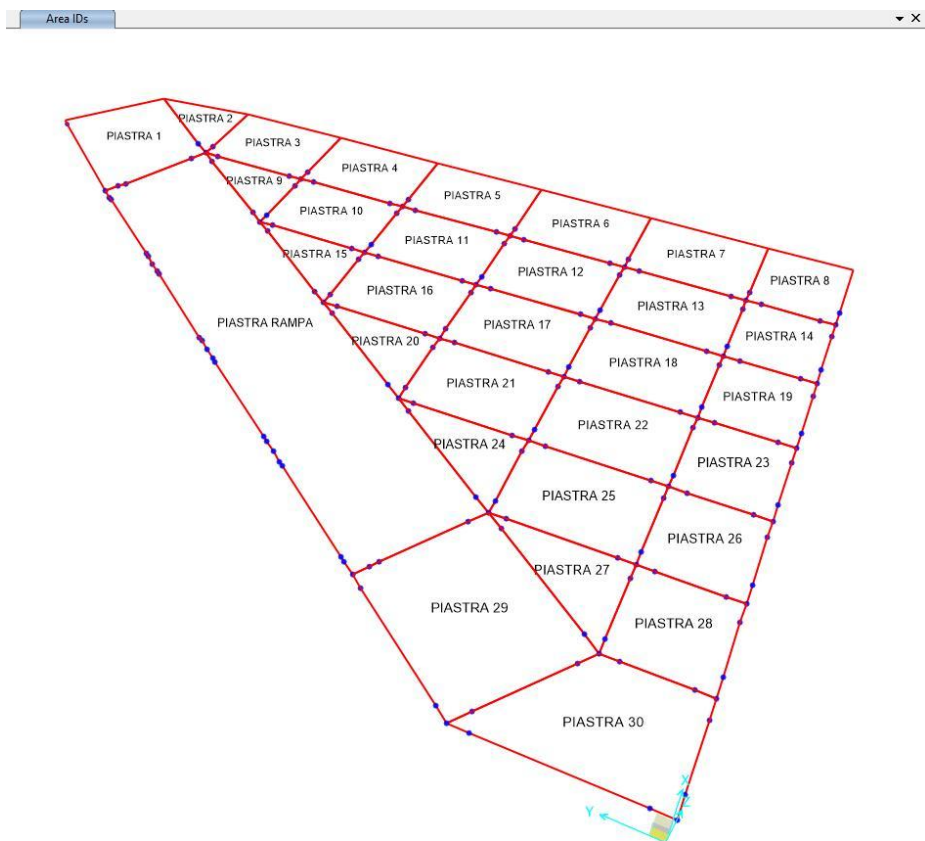
- gli assi 1 e 2 appartengono al piano dell'elemento, mentre l'asse 3 è ortogonale al piano dell'elemento;
- l'asse 2 per elementi orizzontali ha direzione e verso +y, mentre per elementi verticali ha direzione e verso +z;
- l'asse 1 è orizzontale ed appartiene al piano xy;
- il momento M_{11} agisce attorno all'asse 2;
- il momento M_{22} agisce attorno all'asse 1;
- il taglio V_{13} agisce nel piano 2-3;

- il taglio V_{23} agisce nel piano 1-3.

Nell'analisi non sono stati considerati i momenti torcenti di piastra M_{12} che, in corrispondenza dei massimi momenti M_{11} ed M_{22} , assumono valori trascurabili.

Le verifiche strutturali delle sezioni sono state eseguite con l'ausilio del software di calcolo Geostru-RCSEC. L'armatura delle sezioni è stata determinata con riferimento alla verifica allo SLU per le sollecitazioni di momento e taglio e allo SLE di fessurazione e limitazione delle tensioni.

La numerazione dei campi di soletta è riportata nell'immagine seguente:




Per la verifica delle sezioni, la soletta è stata suddivisa in campi/gruppi aventi sollecitazioni confrontabili:

- campo soletta rampa;
- campi soletta da 9 a 28;
- campi soletta da 1 a 8, 29-30.

Dal modello si ottengono le seguenti sollecitazioni massime sulla soletta d'impalcato:

CAMPO SOLETTA RAMPA		M11	M22	V13	V23
		KNm/m	KNm/m	KN/m	KN/m
SLU-1	max (+)	133.59	343.60	236.78	504.70
	max (-)	-90.24	-204.76		

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
				Data : LUGLIO 2024

SLE RARA-1	max (+)	90.66	236.47		
	max (-)	-62.45	-140.28		
SLE FREQ-1	max (+)	53.66	145.95		
	max (-)	-39.90	-84.50		
SLE QP	max (+)	41.41	109.76		
	max (-)	-34.11	-62.58		

CAMPI SOLETTA da 9 a 28		M11	M22	V13	V23
		KNm/m	KNm/m	KN/m	KN/m
SLU-1	max (+)	128.27	122.62	154.61	178.74
	max (-)	-99.19	-71.41		
SLE RARA-1	max (+)	87.52	83.70		
	max (-)	-68.88	-49.03		
SLE FREQ-1	max (+)	52.96	51.20		
	max (-)	-46.04	-33.04		
SLE QP	max (+)	39.41	39.86		
	max (-)	-37.60	-27.48		

CAMPI SOLETTA da 1 a 8, 29-30		M11	M22	V13	V23
		KNm/m	KNm/m	KN/m	KN/m
SLU-1	max (+)	152.60	431.60	174.04	310.32
	max (-)	-114.21	-278.90		
SLE RARA-1	max (+)	104.39	296.70		
	max (-)	-80.65	-191.82		
SLE FREQ-1	max (+)	62.24	187.98		
	max (-)	-58.22	-119.82		
SLE QP	max (+)	46.44	144.49		
	max (-)	-49.51	-92.20		

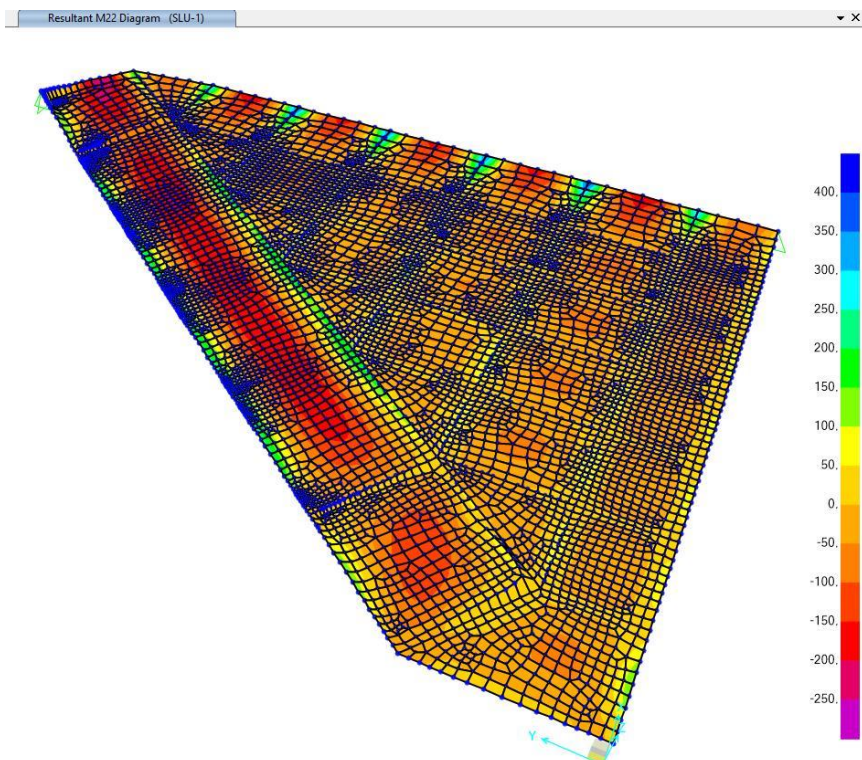
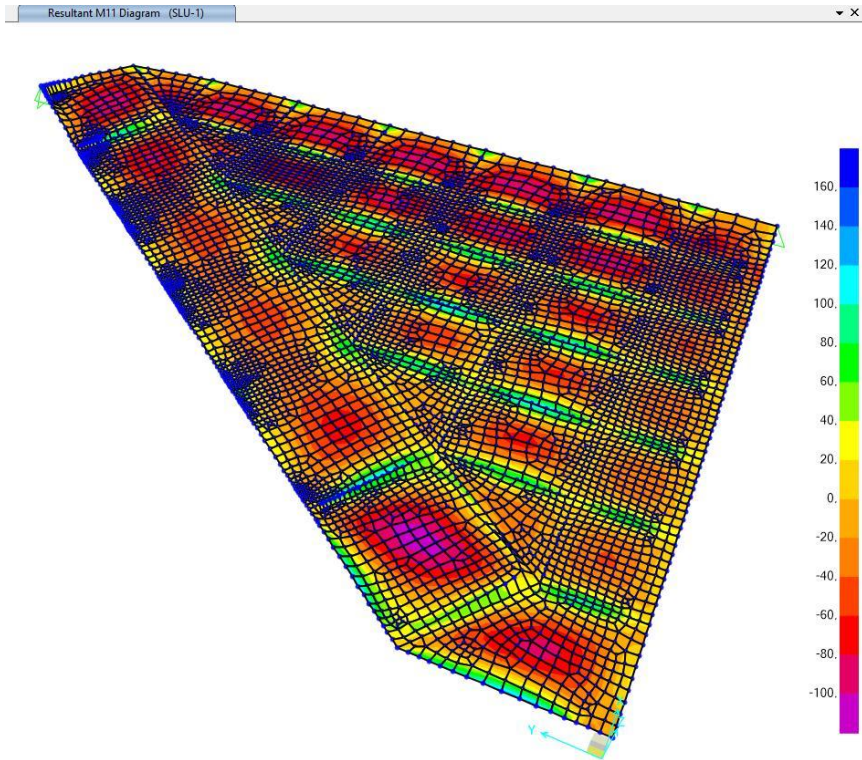
Nelle tabelle sono indicati con:

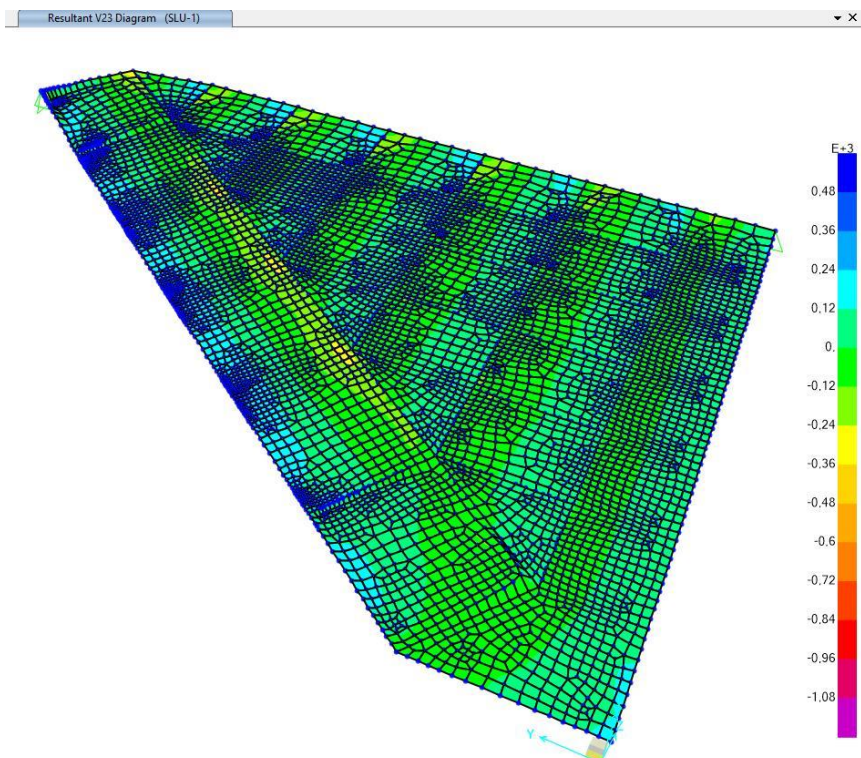
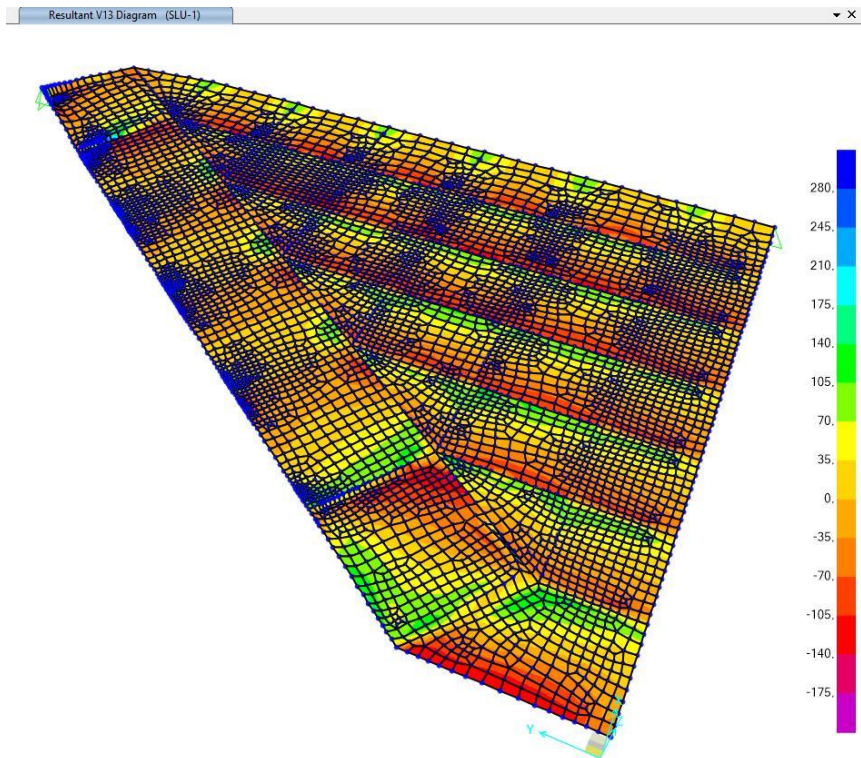
"-" = momenti in campata (fibre inferiori tese)

"+" = momenti agli appoggi (fibre superiori tese)



I diagrammi delle sollecitazioni (M11, M22, V13, V23) per la combinazione SLU-1 sono riportati nelle immagini seguenti:



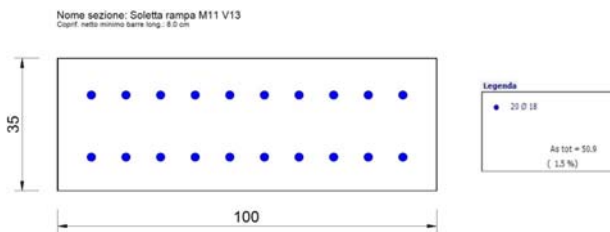


Per la soletta del campo "rampa", si adotta l'armatura (al metro) riportata nella tabella e immagini seguenti:

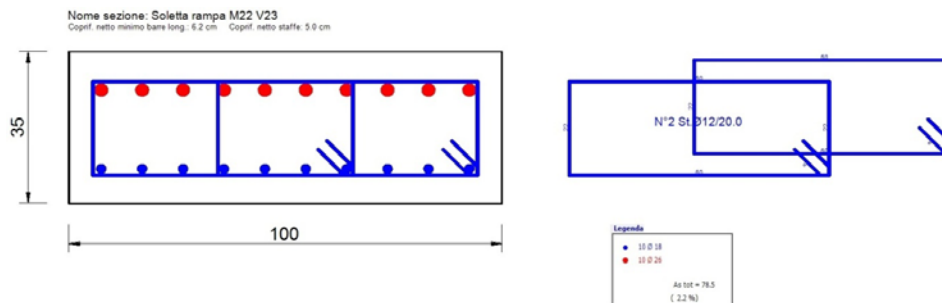
CAMPO SOLETTA RAMPA

Campo	Sez. bxh [cm]	direzione		coprif.	armatura
soletta rampa	100x35	Trasversale (M11 , V13)	superiore	8.8 cm	10 ϕ 18 / m
			inferiore	8 cm	10 ϕ 18 / m
		Longitudinale (M22 , V23)	superiore	6.2 cm	10 ϕ 26 / m
			inferiore	6.2 cm	10 ϕ 18 / m
			staffe	5 cm	n. 2 staffe chiuse ϕ 12/20

- Armatura trasversale strutturale (a metro di lunghezza):



- Armatura longitudinale strutturale (a metro di lunghezza):




Nella tabelle seguenti si riporta una sintesi delle verifiche delle sezioni allo SLU con riferimento alle sollecitazioni di momento e taglio e le verifiche allo SLE con riferimento alla limitazione delle tensioni del cls e dell'acciaio in esercizio e all'apertura delle fessure:

CAMPO SOLETTA RAMPA

Direzione Trasversale


Armatura trasversale – inferiore									
SLU		M _{sd} [KNm/m]		M _u [KNm/m]	V _{sd} [KN/m]	V _{rd} (*) [KN/m]			
slu		M11=90.24	<	250.69	V13=236.78	<	245.29		

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

SLE	M11 [KNm/m]	σ_c [MPa]		$\sigma_{c\text{-limite}}$ [MPa]	σ_s [MPa]		$\sigma_{s\text{-limite}}$ [MPa]	w [mm]		w _{limite} [mm]
rara	62.45	5.01	<	22.41	110.41	<	360	-		-
frequente	39.90	-		-	-		-	0.09	<	0.20
quasi perm.	34.11	2.74	<	16.81	-		-	0.08	<	0.20
(*)										
<i>V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio</i>										
Armatura trasversale - superiore										
SLU		M _{sd} [KNm/m]		M _u [KNm/m]	V _{sd} [KN/m]		V _{rd} (*) [KN/m]			
slu		M11=133.59	<	238.03	V13=236.78	<	241.55			
(*)										
<i>V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio</i>										
SLE	M11 [KNm/m]	σ_c [MPa]		$\sigma_{c\text{-limite}}$ [MPa]	σ_s [MPa]		$\sigma_{s\text{-limite}}$ [MPa]	w [mm]		w _{limite} [mm]
rara	90.66	7.54	<	22.41	166.48	<	360	-		-
frequente	53.66	-		-	-		-	0.14	<	0.20
quasi perm.	41.41	3.45	<	16.81	-		-	0.11	<	0.20
(*)										
<i>V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio</i>										

Direzione longitudinale

Armatura longitudinale - inferiore										
SLU		M _{sd} [KNm/m]		M _u [KNm/m]	V _{sd} [KN/m]		V _{rd} (*) [KN/m]			V _{Rd} (*) [KN/m]
slu		M22=204.76	<	258.37	V23=504.70	>	260.38		<	555.62
SLE	M22 [KNm/m]	σ_c [MPa]		$\sigma_{c\text{-limite}}$ [MPa]	σ_s [MPa]		$\sigma_{s\text{-limite}}$ [MPa]	w [mm]		w _{limite} [mm]
rara	140.28	8.67	<	22.41	235.48	<	360	-		-
frequente	84.50	-		-	-		-	0.16	<	0.20
quasi perm.	62.58	3.87	<	16.81	-		-	0.12	<	0.20
(*)										
<i>V_{rd} = 260.38 KN/m (resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio)</i>										

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p align="center">PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p align="center">RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p>
		<p>Data : LUGLIO 2024</p>

$V_{Rd} = \min[V_{Rsd}; V_{Rcd}] = \min[916.53, 555.62]$ (resistenza a taglio per elementi con armatura a taglio)										
Armatura longitudinale - superiore										
SLU		M_{sd} [KNm/m]	<	M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]	>	$V_{rd} (*)$ [KN/m]		<	$V_{Rd} (*)$ [KN/m]
slu		M22=343.60	<	475.05	V23=504.70	>	254.49		<	547.66
SLE	M22 [KNm/m]	σ_c [MPa]	<	$\sigma_{c-limite}$ [MPa]	σ_s [MPa]	<	$\sigma_{s-limite}$ [MPa]	w [mm]	<	w _{limite} [mm]
rara	236.47	12.44	<	22.41	198.01	<	360	-	<	-
frequente	145.95	-		-	-		-	0.15	<	0.20
quasi perm.	109.76	5.77	<	16.81	-		-	0.11	<	0.20
(*) $V_{rd} = 254.49$ KN/m (resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio) $V_{Rd} = \min[V_{Rsd}; V_{Rcd}] = \min[903.39, 547.66]$ (resistenza a taglio per elementi con armatura a taglio)										

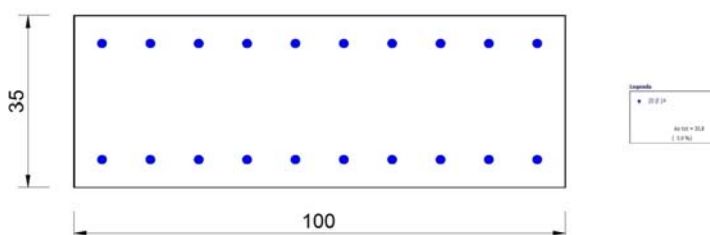
Per la soletta del campo "da 9 a 28", si adotta l'armatura (al metro) riportata nella tabella e immagini seguenti:

CAMPO SOLETTA da 9 a 28

Campo	Sez. bxh [cm]	direzione		coprif.	armatura
soletta rampa	100x35	Trasversale (M11, V13)	superiore	5 cm	10 ϕ 14 / m
			inferiore	5 cm	10 ϕ 14 / m
		Longitudinale (M22, V23)	superiore	6.4 cm	10 ϕ 14 / m
			inferiore	6.4 cm	10 ϕ 14 / m

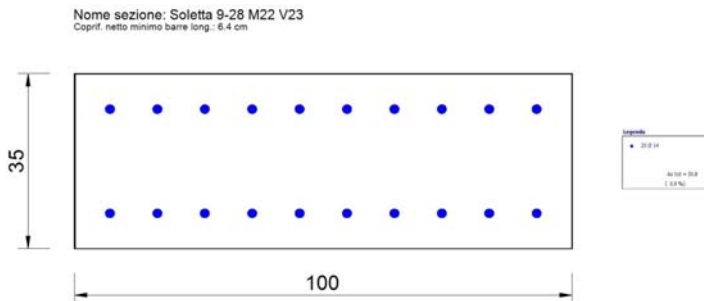
- Armatura trasversale strutturale (a metro di lunghezza):

Nome sezione: Soletta 9-28 M11 V13
Coprif. netto minimo barre long.: 5.0 cm



 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

- Armatura longitudinale strutturale (a metro di lunghezza):




Nella tabelle seguenti si riporta una sintesi delle verifiche delle sezioni allo SLU con riferimento alle sollecitazioni di momento e taglio e le verifiche allo SLE con riferimento alla limitazione delle tensioni del cls e dell'acciaio in esercizio e all'apertura delle fessure:

CAMPO SOLETTA da 9 a 28

Direzione Trasversale

Armatura trasversale – inferiore										
SLU		M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]		V_{sd} [KN/m]		$V_{rd} (*)$ [KN/m]		
slu		M11=99.19	<	172.48		V13=154.61	<	218.20		
SLE	M11 [KNm/m]	σ_c [MPa]		$\sigma_{c-limite}$ [MPa]		σ_s [MPa]		$\sigma_{s-limite}$ [MPa]	w [mm]	w_{limite} [mm]
rara	68.88	5.03	<	22.41		172.76	<	360	-	-
frequente	46.04	-		-		-		-	0.14	< 0.20
quasi perm.	37.60	2.75	<	16.81		-		-	0.11	< 0.20
(*) V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio										
Armatura trasversale - superiore										
SLU		M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]		V_{sd} [KN/m]		$V_{rd} (*)$ [KN/m]		
slu		M11=128.27	<	172.48		V13=154.61	<	218.20		
SLE	M11 [KNm/m]	σ_c [MPa]		$\sigma_{c-limite}$ [MPa]		σ_s [MPa]		$\sigma_{s-limite}$ [MPa]	w [mm]	w_{limite} [mm]

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA						Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
							Data : LUGLIO 2024	

rara	87.52	6.39	<	22.41	219.51	<	360	-		-
frequente	52.96	-		-	-		-	0.16	<	0.20
quasi perm.	39.41	2.88	<	16.81	-		-	0.12	<	0.20
(*)										
V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio										

Direzione longitudinale

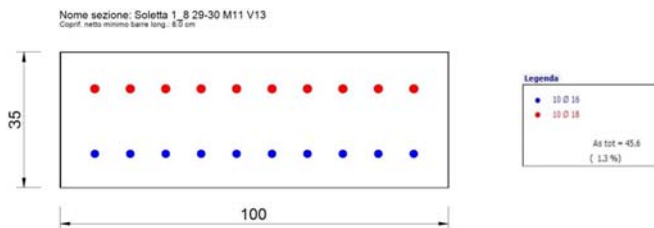
Armatura longitudinale - inferiore										
SLU		M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]		V_{rd} (*) [KN/m]			
slu		M22=71.40	<	170.33	V23=178.74	<	213.56			
SLE	M22 [KNm/m]	σ_c [MPa]		σ_{c-limite} [MPa]	σ_s [MPa]		σ_{s-limite} [MPa]	w [mm]		w_{limite} [mm]
rara	49.03	4.06	<	22.41	129.80	<	360	-		-
frequente	33.04	-		-	-		-	0.12	<	0.20
quasi perm.	27.48	2.28	<	16.81	-		-	0.10	<	0.20
(*)										
V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio										
Armatura longitudinale - superiore										
SLU		M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]		V_{rd} (*) [KN/m]			
slu		M22=122.62	<	170.33	V23=178.74	<	213.56			
SLE	M22 [KNm/m]	σ_c [MPa]		σ_{c-limite} [MPa]	σ_s [MPa]		σ_{s-limite} [MPa]	w [mm]		w_{limite} [mm]
rara	83.70	6.93	<	22.41	221.59	<	360	-		-
frequente	51.20	-		-	-		-	0.18	<	0.20
quasi perm.	39.86	3.30	<	16.81	-		-	0.14	<	0.20
(*)										
V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio										

Per la soletta del campo "da 1 a 8, 29-30", si adotta l'armatura (al metro) riportata nella tabella e immagini seguenti:

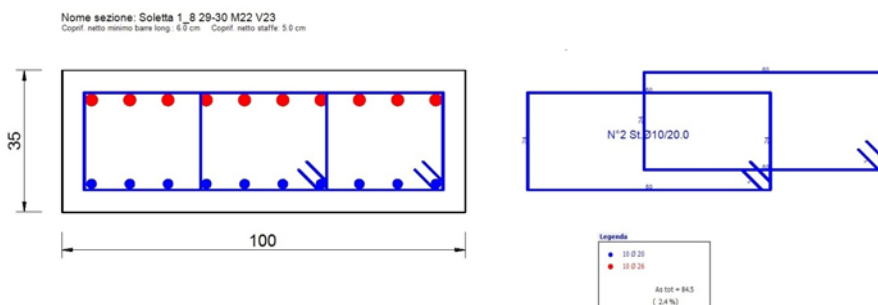
CAMPO SOLETTA da 1 a 8, 29-30

Campo	Sez. bxh [cm]	direzione		coprif.	armatura
soletta rampa	100x35	Trasversale (M11 , V13)	superiore	8.6 cm	10 ϕ 18 / m
			inferiore	8 cm	10 ϕ 16 / m
		Longitudinale (M22 , V23)	superiore	6 cm	10 ϕ 26 / m
			inferiore	6 cm	10 ϕ 20 / m
			staffe	5 cm	n. 2 staffe chiuse ϕ 10/20

- Armatura trasversale strutturale (a metro di lunghezza):



- Armatura longitudinale strutturale (a metro di lunghezza):



Nella tabelle seguenti si riporta una sintesi delle verifiche delle sezioni allo SLU con riferimento alle sollecitazioni di momento e taglio e le verifiche allo SLE con riferimento alla limitazione delle tensioni del cls e dell'acciaio in esercizio e all'apertura delle fessure:

CAMPO SOLETTA da 1 a 8, 29-30

Direzione Trasversale

Armatura trasversale – inferiore

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
						Data : LUGLIO 2024	

SLU		M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]		$V_{rd} (*)$ [KN/m]			
slu		M11=114.21	<	213.11	V13=174.04	<	236.78			
SLE	M11 [KNm/m]	σ_c [MPa]		$\sigma_{c-limite}$ [MPa]	σ_s [MPa]		$\sigma_{s-limite}$ [MPa]	w [mm]		w_{limite} [mm]
rara	80.65	7.04	<	22.41	176.13	<	360	-		-
frequente	58.22	-		-	-		-	0.18	<	0.20
quasi perm.	49.51	4.32	<	16.81	-		-	0.15	<	0.20

(*)

V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio

Armatura trasversale - superiore


SLU		M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]		$V_{rd} (*)$ [KN/m]			
slu		M11=152.60	<	238.75	V13=174.04	<	234.03			
SLE	M11 [KNm/m]	σ_c [MPa]		$\sigma_{c-limite}$ [MPa]	σ_s [MPa]		$\sigma_{s-limite}$ [MPa]	w [mm]		w_{limite} [mm]
rara	104.39	8.60	<	22.41	189.64	<	360	-		-
frequente	62.64	-		-	-		-	0.16	<	0.20
quasi perm.	46.44	3.84	<	16.81	-		-	0.12	<	0.20

(*)

V_{rd} = resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio

Direzione longitudinale

Armatura longitudinale - inferiore										
SLU		M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]		$V_{rd} (*)$ [KN/m]			$V_{Rd} (*)$ [KN/m]
slu		M22=278.90	<	307.72	V23=310.32	>	261.10		<	387.23
SLE	M22 [KNm/m]	σ_c [MPa]		$\sigma_{c-limite}$ [MPa]	σ_s [MPa]		$\sigma_{s-limite}$ [MPa]	w [mm]		w_{limite} [mm]
rara	191.82	10.63	<	22.41	262.36	<	360	-		-
frequente	119.82	-		-	-		-	0.19	<	0.20

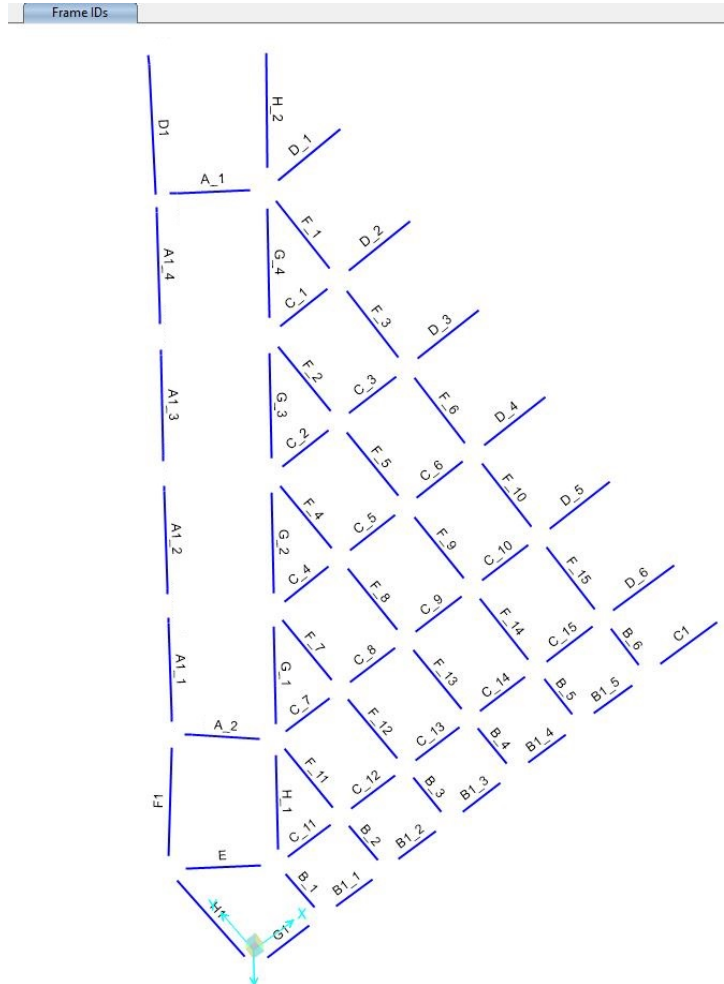
 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA						Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
							Data : LUGLIO 2024	

quasi perm.	92.20	5.11	<	16.81	-	-	0.17	<	0.20
(*) $V_{rd}=261.10 \text{ KN/m}$ (resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio) $V_{Rd}=\min[V_{Rsd}; V_{Rcd}] = \min[919.81, 387.23]$ (resistenza a taglio per elementi con armatura a taglio)									
Armatura longitudinale - superiore									
SLU		M_{sd} [KNm/m]		M_u [KNm/m]	V_{sd} [KN/m]		V_{rd} (*) [KN/m]		V_{Rd} (*) [KN/m]
slu		M22=431.60	<	480.13	V23=310.32	>	255.30	<	383.08
SLE	M22 [KNm/m]	σ_c [MPa]		σ_c-limite [MPa]	σ_s [MPa]		σ_s-limite [MPa]	w [mm]	w_{limite} [mm]
rara	296.70	14.90	<	22.41	246.66	<	360	-	-
frequente	187.98	-		-	-		-	0.19	< 0.20
quasi perm.	144.49	7.26	<	16.81	-		-	0.15	< 0.20
(*) $V_{rd}=255.30 \text{ KN/m}$ (resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio) $V_{Rd}=\min[V_{Rsd}; V_{Rcd}] = \min[909.96, 383.08]$ (resistenza a taglio per elementi con armatura a taglio)									

7.6 TRAVI DELL'IMPALCATO

Le travi prefabbricate dell'impalcato sono realizzate in c.a. con cls di classe C35/45.


Nella figura seguente è riportata la disposizione planimetrica delle travi per le cui sezioni si rimanda agli elaborati grafici progettuali:



Le diverse tipologie di travi con le relative dimensioni sono riepilogate nella tabella seguente:

	A	A	A1	A1	B	B1	B1	C
b [m]	0.50	0.50	1.65	1.65	1.00	1.20	1.20	1.00
h [m]	1.20	1.70	2.47	1.42	1.20	2.75	1.20	1.20
L [m]	4.55	0.50	6.44	0.35	3.10	3.11	1.12	3.67

	C1	C1	D	D1	D1	E	F
b [m]	1.20	1.20	1.00	1.55	1.55	1.00	1.00
h [m]	2.75	1.20	1.20	1.70	1.20	1.20	1.20
L [m]	4.47	1.12	4.76	7.41	0.50	5.05	5.20

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA					Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali		
						Data : LUGLIO 2024		

	F1	G	G1	G1	G1	H	H1	H1
b [m]	1.20	1.00	1.20	1.20	1.20	1.00	1.20	1.20
h [m]	2.75	1.20	2.75	1.20	1.20	1.20	2.75	1.20
L [m]	7.26	6.57	3.67	1.12	1.01	6.57	7.15	1.00

Il calcolo delle travi è stato effettuato con riferimento alle combinazioni descritte al par. 7.2.

In fase sismica, nelle verifiche a flessione, la domanda a flessione è stata ottenuta dall'analisi globale della struttura; nelle verifiche a taglio, invece, la domanda a taglio è stata ottenuta dalla condizione di equilibrio della trave, considerata incernierata agli estremi, soggetta ai carichi gravitazionali ($G+\psi Q_k$) e all'azione dei momenti resistenti di progetto nelle due sezioni di estremità amplificati del fattore di sovraresistenza γ_{Rd} posto pari a 1.1 in CDB.

Nelle analisi condotte con il software Sap2000, le sollecitazioni di taglio V_{22} , V_{33} e momento flettente M_{22} , M_{33} sulle travi sono riferite al sistema di coordinate locali (assi 1,2,3) di ogni elemento strutturale che costituisce il modello e non coincide, in generale, con il riferimento assoluto x,y,z del modello. Il software Sap2000 adotta le seguenti convenzioni per gli elementi trave orizzontali:

- l'asse 1 è l'asse longitudinale dell'elemento;
- l'asse 2 è parallelo all'asse z;
- l'asse 3 è nel piano orizzontale;


di conseguenza il momento flettente M_{33} e il taglio V_{22} agiscono nel piano verticale 1-2, mentre le sollecitazioni M_{22} e il taglio V_{33} agiscono nel piano orizzontale 1-3.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le sollecitazioni massime sulle travi con le convenzioni di segno del software RC-SEC utilizzato per le verifiche di sezione:

- sforzo assiale P: "+" compressione, "-" trazione;
- momenti M3: "+" tende le fibre inferiori, "-" tende le fibre superiori.

Travi tipo A

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-1045.21	1654.81	4.97	14.45	-48.54
SLU-2	-1045.90	1354.38	11.97	96.61	-12.05
SLV involucro Max	-574.50	982.00	30.59	114.77	21.20
SLE RARA-1	-829.81	1158.30	6.56	58.57	-15.09
SLE RARA-2	-732.70	965.63	8.55	64.59	-5.93
SLE FREQ-1	-555.76	811.64	7.65	50.63	4.75
SLE FREQ-2	-461.00	689.06	6.33	30.12	7.61
SLE QP	-447.30	683.82	6.40	31.21	8.92

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

Travi tipo A1 (h=247 cm)


Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-4336.64	5064.42	-313.99	-5.97	87.46
SLU-2	-3935.72	4363.33	-268.93	2.47	73.02
SLV inviluppo Max	-5051.15	3514.11	-50.61	292.11	68.66
SLE RARA-1	-3157.98	3661.29	-219.94	-4.05	61.08
SLE RARA-2	-2890.71	3193.90	-189.90	1.58	51.45
SLE FREQ-1	-255.31	2918.66	-144.89	-8.26	40.29
SLE FREQ-2	-2366.53	2608.98	-123.55	-5.22	33.62
SLE QP	-2341.36	2614.72	-119.61	-7.37	32.87

Travi tipo A1 (h=142 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-692.91	-436.39	106.82	-1215.18	61.52
SLU-2	-162.52	-1672.38	6.78	-996.83	-86.10
SLV inviluppo Min	1513.74	-913.42	-77.65	312.32	-66.96
SLE RARA-1	-85.99	-1461.92	10.19	-867.04	-70.79
SLE RARA-2	-505.38	-268.46	64.37	-739.85	39.27
SLE FREQ-1	-334.94	-247.67	57.80	-653.29	34.67
SLE FREQ-2	-330.45	-219.71	50.14	-567.56	31.26
SLE QP	-302.79	-220.90	50.32	-567.43	31.06

Travi tipo B

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	3.48	481.33	-2.68	62.64	-12.87
SLU-1	81.00	-207.57	-13.32	-389.87	-16.99
SLU-2	-5.86	376.26	-2.64	52.64	-11.39
SLU-2	62.73	-161.67	-11.08	-313.08	-14.64
SLV inviluppo Max	-135.52	488.23	14.92	-1.64	25.27
SLV inviluppo Min	173.39	-526.74	-27.11	-277.87	-28.11
SLE RARA-1	56.31	-143.12	-9.23	-271.91	-11.71

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
				Data : LUGLIO 2024	


SLE RARA-1	2.92	332.48	-1.92	44.63	-9.34
SLE RARA-2	-3.31	262.44	-1.89	37.96	-8.35
SLE RARA-2	44.13	-112.52	-7.73	-220.71	-10.15
SLE FREQ-1	2.40	217.72	-2.02	1.57	-3.38
SLE FREQ-1	38.48	-90.25	-5.69	-185.77	-6.82
SLE FREQ-2	-0.20	173.37	-1.55	3.13	-2.79
SLE FREQ-2	30.49	-69.75	-4.63	-151.60	-5.66
SLE QP	1.68	173.47	-1.83	3.17	-3.12
SLE QP	30.88	-69.46	-4.47	-151.47	-5.30

Travi tipo B1 (h=275 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-744.58	2773.61	13.21	-108.96	11.19
SLU-2	-614.75	2490.53	20.97	-96.47	11.53
SLV inviluppo Max	-3212.94	1947.94	26.25	75.45	24.52
SLE RARA-1	-543.13	2031.44	8.96	-79.32	8.00
SLE RARA-2	-456.58	1842.72	14.14	-71.00	8.23
SLE FREQ-1	-461.03	1716.67	1.15	-65.49	5.33
SLE FREQ-2	-423.37	1592.83	-0.83	4.86	9.67
SLE QP	-431.86	1592.80	-2.46	4.86	7.75

Travi tipo B1 (h=120 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-253.05	-539.48	-49.12	-521.74	11.19
SLU-2	-262.88	-463.50	-91.29	-451.92	11.53
SLV inviluppo Max	1119.32	-788.01	-43.07	-404.11	24.52
SLE RARA-1	-178.42	-387.85	-31.93	-376.16	8.00
SLE RARA-2	-184.97	-337.20	-60.04	-329.61	8.23
SLE FREQ-1	-103.06	-303.82	7.72	-298.55	5.33
SLE FREQ-2	-102.89	-270.07	-6.47	-267.51	9.67
SLE QP	-89.26	-270.14	7.19	-267.51	7.75

	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024

Travi tipo C


Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-24.82	1738.90	-5.80	58.45	18.26
SLU-1	-78.55	-580.79	-17.25	548.17	11.68
SLU-2	-24.51	1489.32	-4.97	37.54	14.60
SLU-2	-68.02	-473.70	-13.44	441.70	8.64
SLV inviluppo Max	-777.15	1089.55	23.61	164.28	115.76
SLV inviluppo Min	550.79	-521.13	-40.36	-315.09	-100.70
SLE RARA-1	-18.43	1247.47	-4.22	37.36	13.32
SLE RARA-1	-52.28	-409.56	-12.40	383.76	8.78
SLE RARA-2	-18.23	1081.08	-3.67	23.43	10.88
SLE RARA-2	-45.25	-338.16	-9.87	312.78	6.75
SLE FREQ-1	-17.19	972.42	-6.73	56.39	18.98
SLE FREQ-1	-22.85	-293.50	-9.92	265.09	8.84
SLE FREQ-2	-16.90	865.36	-5.96	38.90	16.51
SLE FREQ-2	-17.23	-246.06	-8.32	217.75	7.67
SLE QP	-16.70	865.38	-6.09	38.90	17.14
SLE QP	-14.43	-246.53	-8.60	217.69	8.21

Travi tipo C1 (h=275 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-1107.32	3143.09	12.47	73.37	-18.49
SLU-2	-914.11	2855.08	5.07	86.83	-31.41
SLV inviluppo Max	-3977.22	2532.64	57.32	189.32	10.38
SLE RARA-1	-807.60	2313.79	9.39	61.28	-12.35
SLE RARA-2	-678.79	2121.78	4.45	70.25	-20.97
SLE FREQ-1	-687.55	1993.22	11.25	76.15	0.08
SLE FREQ-2	-606.66	1865.18	8.49	82.13	-4.25
SLE QP	-621.60	1865.10	10.09	82.12	-0.02

Travi tipo C1 (h=120 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
--------------	---	----	----	----	----

	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
				Data : LUGLIO 2024	

	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-1689.37	77.29	-12.74	1063.10	110.32
SLU-2	-1313.03	66.10	-9.32	967.06	75.33
SLV inviluppo Min	3840.64	28.37	-41.91	469.77	-204.96
SLE RARA-1	-1236.85	55.41	-9.36	783.10	81.25
SLE RARA-2	-985.96	47.96	-7.08	719.07	57.92
SLE FREQ-1	-1104.26	42.98	-8.72	676.19	78.73
SLE FREQ-2	-952.03	38.00	-7.36	633.50	65.09
SLE QP	-997.12	38.00	-7.86	633.47	70.84

Travi tipo D

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-74.27	2765.07	4.26	43.17	10.32
SLU-1	-498.75	34.00	-4.42	1263.24	80.52
SLU-2	-67.82	2364.47	6.81	-66.16	26.24
SLU-2	-438.70	27.76	-2.09	1039.97	50.20
SLV inviluppo Max	-948.52	1806.82	75.55	57.29	111.29
SLV inviluppo Min	1843.23	8.50	-18.90	439.19	-158.00
SLE RARA-1	-52.35	1980.06	7.82	-72.26	26.96
SLE RARA-1	-362.62	23.90	-3.31	891.22	59.57
SLE RARA-2	-49.71	1716.88	5.28	-37.39	19.95
SLE RARA-2	-322.59	19.74	-1.76	742.37	39.36
SLE FREQ-1	-42.77	1541.58	7.77	-14.14	25.31
SLE FREQ-1	-294.68	16.96	-3.77	643.23	60.69
SLE FREQ-2	-40.75	1367.50	13.36	-0.89	21.16
SLE FREQ-2	-267.92	14.19	-2.90	544.00	49.05
SLE QP	-39.93	1367.52	14.54	-0.89	22.75
SLE QP	-267.73	14.19	-3.38	544.02	54.54

Travi tipo D1 (h=170 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-5607.99	4027.19	62.91	13.75	204.35

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
				Data : LUGLIO 2024	


SLU-2	-5115.29	3437.17	262.76	-140.30	-383.09
SLV inviluppo Max	-5673.28	3217.83	32.48	-32.82	-53.82
SLE RARA-1	-4089.35	2910.12	106.62	-134.95	-209.04
SLE RARA-2	-3732.98	2525.05	170.87	-91.94	-263.90
SLE FREQ-1	-3209.82	2394.04	-17.30	-66.07	-86.93
SLE FREQ-2	-2957.21	2143.94	13.37	-37.54	-112.26
SLE QP	-291.21	2163.79	-23.10	-37.98	-78.54

Travi tipo D1 (h=120 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-7603.99	61.00	83.58	1267.12	-1241.08
SLU-2	-6712.91	48.56	65.15	1060.17	-935.22
SLV inviluppo Min	-69.99	16.51	13.57	378.39	-586.58
SLE RARA-1	-5486.11	42.77	58.26	906.39	-853.89
SLE RARA-2	-4892.06	34.48	45.98	768.42	-649.99
SLE FREQ-1	-4293.63	30.27	40.06	703.38	-547.80
SLE FREQ-2	-3886.95	24.81	31.99	612.81	-413.64
SLE QP	-3854.99	25.02	32.35	617.07	-418.97

Travi tipo E

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-457.10	1383.24	-18.85	70.22	-13.21
SLU-1	66.69	385.42	2.39	-440.58	-24.04
SLU-2	-409.08	1087.10	-14.86	59.48	-10.35
SLU-2	-40.23	318.80	-0.63	-349.19	-20.80
SLV inviluppo Max	-331.76	666.43	5.78	56.01	17.67
SLV inviluppo Min	305.76	-117.83	-38.89	-261.60	-26.66
SLE RARA-1	-314.12	959.56	-12.83	50.61	-9.39
SLE RARA-1	50.76	274.98	1.29	-307.19	-16.31
SLE RARA-2	-282.11	762.13	-10.17	43.45	-7.48
SLE RARA-2	-20.52	230.57	-0.73	-246.26	-14.15
SLE FREQ-1	-177.58	635.97	-7.31	40.14	-7.06

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
				Data : LUGLIO 2024	

SLE FREQ-1	85.62	207.25	0.94	-210.22	-8.19
SLE FREQ-2	-151.86	504.64	-5.48	35.44	-5.83
SLE FREQ-2	-112.94	152.51	-5.46	194.42	2.50
SLE QP	-138.73	505.50	-5.30	35.67	-5.97
SLE QP	-101.79	152.58	-6.28	194.59	4.16

Travi tipo F

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-10.68	1052.60	-2.40	-9.22	7.25
SLU-1	-240.47	-823.27	-22.73	-613.20	-32.10
SLU-2	14.07	830.70	-4.54	6.40	-106.14
SLU-2	-235.54	-655.30	-17.05	-493.85	-24.54
SLV inviluppo Max	-198.04	603.85	-4.24	101.14	4.11
SLV inviluppo Min	122.19	-657.47	-38.52	161.33	-164.30
SLE RARA-1	-6.42	729.51	-1.74	-6.04	5.22
SLE RARA-1	-172.74	-575.10	-16.91	-429.21	-24.05
SLE RARA-2	19.49	593.94	-3.09	3.84	-78.08
SLE RARA-2	-169.45	-463.12	-13.12	-349.64	-19.01
SLE FREQ-1	69.20	509.07	-1.62	3.24	-76.69
SLE FREQ-1	-124.38	-387.71	-16.32	-296.57	-23.86
SLE FREQ-2	61.23	430.25	-1.39	1.08	-67.07
SLE FREQ-2	-119.93	-313.02	-14.10	-243.52	-20.93
SLE QP	70.84	429.24	-1.18	1.34	-68.44
SLE QP	-113.16	-312.89	-15.00	-243.51	-22.23

Travi tipo F1

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-199.29	3974.32	-95.12	7.80	99.80
SLU-1	550.90	788.76	-349.22	1277.13	-65.43
SLU-2	-298.23	3254.69	-81.57	7.76	76.31
SLU-2	296.23	589.80	-268.18	1074.74	-54.97
SLV inviluppo Max	-949.63	2346.46	-0.28	88.41	68.81

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
				Data : LUGLIO 2024	


SLV inviluppo Min	1683.59	-278.42	-248.45	376.45	-77.48
SLE RARA-1	-133.50	2798.68	-66.00	3.28	69.00
SLE RARA-1	382.63	546.27	-240.93	907.76	-46.46
SLE RARA-2	-199.46	2318.93	-56.96	3.25	53.35
SLE RARA-2	212.85	413.64	-186.90	772.84	-39.48
SLE FREQ-1	-13.48	2017.61	-41.75	-7.30	45.11
SLE FREQ-1	309.14	380.33	-152.51	677.78	-35.58
SLE FREQ-2	-45.35	1698.75	-35.25	-7.87	34.79
SLE FREQ-2	206.98	294.81	-116.58	587.56	-30.97
SLE QP	-9.05	1701.67	-33.80	-9.54	35.14
SLE QP	240.05	303.51	-116.83	586.75	-31.09

Travi tipo G

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	1057.74	1377.69	-51.31	-61.41	-4.06
SLU-1	-107.97	-797.85	50.13	-654.65	26.46
SLU-2	867.72	1139.60	-41.51	-53.14	-4.17
SLU-2	-145.39	-641.57	39.11	-523.53	18.93
SLV inviluppo Max	-289.46	751.82	-15.22	16.24	5.68
SLV inviluppo Min	872.29	-547.24	3.47	-342.19	-10.26
SLE RARA-1	767.66	976.21	-36.24	-43.78	-2.86
SLE RARA-1	-72.84	-558.65	34.87	-458.01	18.14
SLE RARA-2	640.98	817.48	-29.70	-38.27	-2.93
SLE RARA-2	-97.79	-454.46	27.52	-370.60	13.12
SLE FREQ-1	641.93	710.85	-26.16	-33.08	-1.81
SLE FREQ-1	-22.51	-385.17	23.31	-313.01	11.43
SLE FREQ-2	561.97	604.98	-21.85	-29.33	-1.80
SLE FREQ-2	-34.31	-315.72	18.45	-254.77	8.17
SLE QP	575.46	604.86	-21.98	-29.09	-1.61
SLE QP	-19.80	-315.74	18.55	-254.88	8.43

Travi tipo G1 (h=275 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
--------------	---	----	----	----	----

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
				Data : LUGLIO 2024	


	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-104.41	1595.98	22.82	0.88	15.74
SLU-2	-33.73	1302.91	37.04	-8.36	16.00
SLV inviluppo Max	-348.17	1123.14	24.05	62.15	12.03
SLE RARA-1	-74.41	1123.99	15.16	-2.52	10.84
SLE RARA-2	-27.30	928.60	24.64	-8.68	11.01
SLE FREQ-1	-75.66	803.80	0.05	-12.55	5.49
SLE FREQ-2	-48.44	675.06	3.12	8.61	5.31
SLE QP	-61.04	675.91	-1.49	8.65	4.42

Travi tipo G1 (h=120 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-255.66	-29.83	-53.26	690.81	31.52
SLU-2	-151.92	-67.67	-36.92	586.38	26.90
SLV inviluppo Max	197.97	-564.77	3.08	-465.81	-4.64
SLE RARA-1	-179.39	-35.13	-37.12	493.78	21.76
SLE RARA-2	-110.23	-60.36	-26.22	424.16	18.67
SLE FREQ-1	-145.39	-72.65	-27.11	377.80	13.03
SLE FREQ-2	-103.56	-89.23	-20.28	331.39	10.79
SLE QP	-116.40	-88.51	-21.57	331.40	10.22

Travi tipo H

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	986.10	1540.77	-0.42	199.12	1.50
SLU-1	197.34	-257.69	-39.31	-515.18	27.68
SLU-2	790.20	1236.10	2.51	162.70	2.88
SLU-2	137.82	-199.55	-26.80	-412.58	26.31
SLV inviluppo Max	-577.03	747.31	-7.94	55.81	31.91
SLV inviluppo Min	556.64	-396.44	-46.53	-296.41	-53.81
SLE RARA-1	711.81	1069.89	-1.23	138.84	1.32
SLE RARA-1	138.52	-179.97	-27.43	-360.12	18.48
SLE RARA-2	581.21	866.78	0.73	114.56	2.24

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
				Data : LUGLIO 2024	

SLE RARA-2	98.84	-141.21	-19.09	-291.72	17.57
SLE FREQ-1	589.45	709.03	-6.23	93.46	1.35
SLE FREQ-1	102.71	-121.34	-20.41	-248.29	7.21
SLE FREQ-2	392.22	572.64	-16.53	26.93	-27.70
SLE FREQ-2	77.85	-95.82	-15.22	-202.80	6.10
SLE QP	404.94	569.60	-16.86	26.83	-26.06
SLE QP	82.64	-96.76	-16.30	-203.14	4.56

Travi tipo H1 (h=275 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-652.07	4014.27	22.89	87.11	-19.00
SLU-2	-776.25	3314.05	14.21	75.46	-14.02
SLV inviluppo Max	-540.61	2343.21	35.78	200.29	11.95
SLE RARA-1	-444.59	2829.98	16.20	64.13	-13.35
SLE RARA-2	-527.37	2363.17	10.42	56.37	-10.03
SLE FREQ-1	-162.56	2035.93	13.35	55.93	-9.52
SLE FREQ-2	-195.64	1723.88	9.85	51.00	-7.40
SLE QP	-129.32	1721.35	10.92	51.75	-7.67

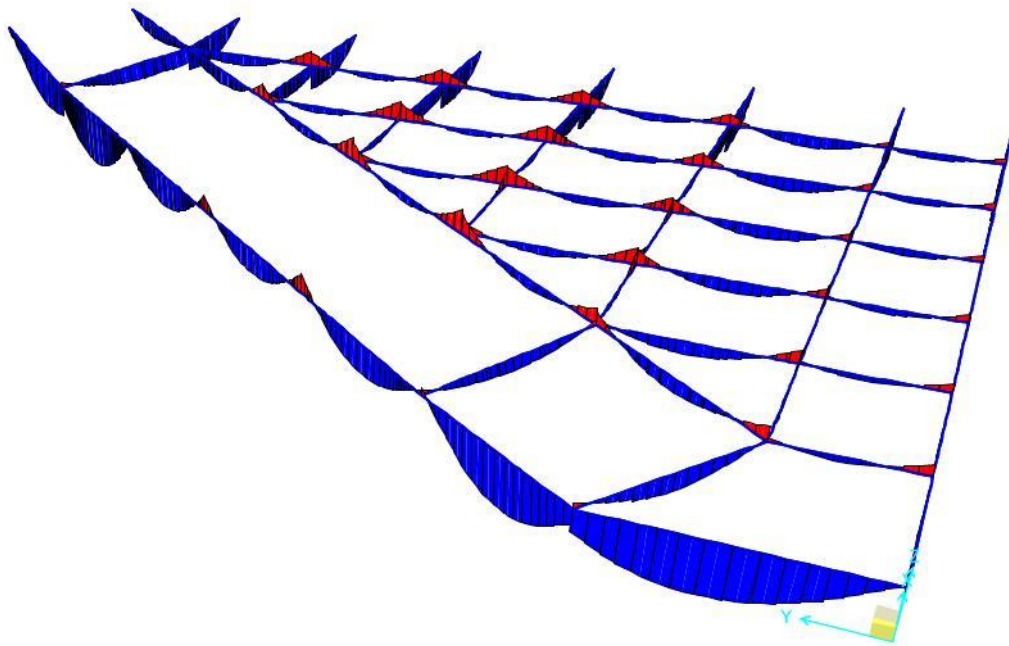
Travi tipo H1 (h=120 cm)

Combinazione	P	M3	M2	V2	V3
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN
SLU-1	-361.99	-86.36	-6.11	-1086.24	-9.27
SLU-2	-598.18	-119.88	19.84	-928.96	2.14
SLV inviluppo Max	205.65	-972.18	-22.65	-694.36	-20.82
SLE RARA-1	-241.30	-75.75	-5.07	-777.48	-6.77
SLE RARA-2	-398.76	-98.10	12.23	-672.63	0.84
SLE FREQ-1	-1.69	-101.67	-16.02	-598.32	-9.45
SLE FREQ-2	-80.25	-115.97	-6.57	-528.19	-5.18
SLE QP	-0.98	-114.18	-12.86	-527.50	-7.61

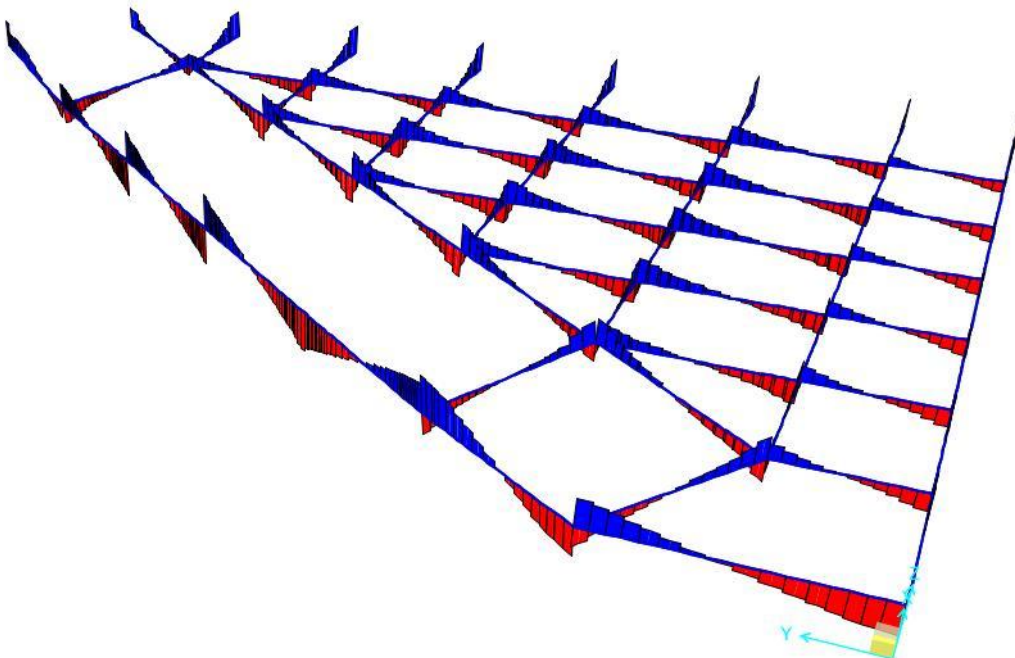
Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi delle sollecitazioni flettenti M33 e taglianti V22 ottenuti dal codice di calcolo per la combinazione SLU-1.



Moment 3-3 Diagram (SLU-1)



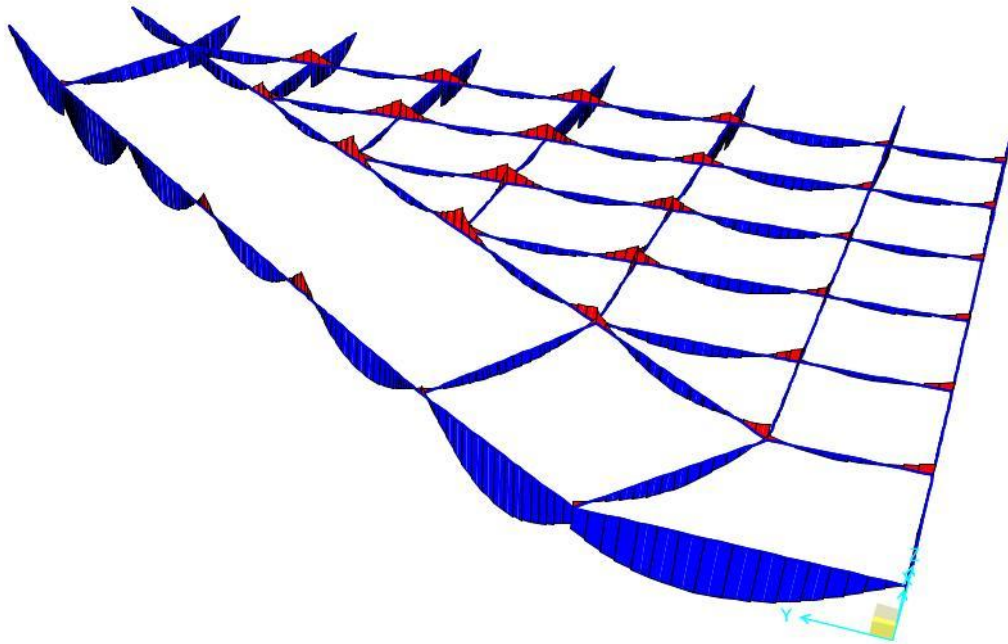
Shear Force 2-2 Diagram (SLU-1)



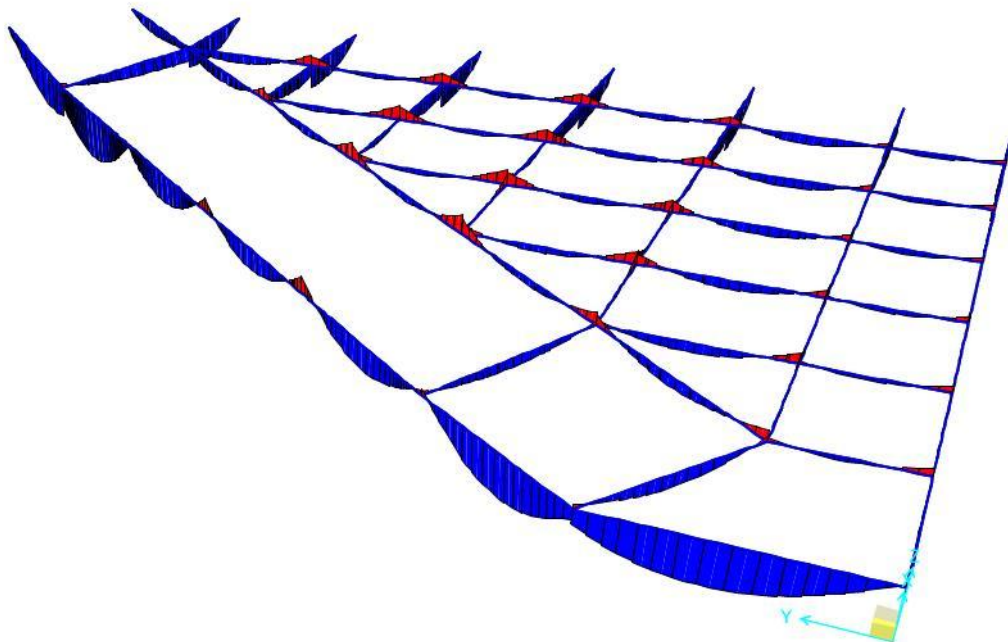
Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi delle sollecitazioni flettenti M33 ottenuti dal codice di calcolo per la combinazioni SLE (SLE-RARA-1, SLE-FREQ-1, SLE-QP):



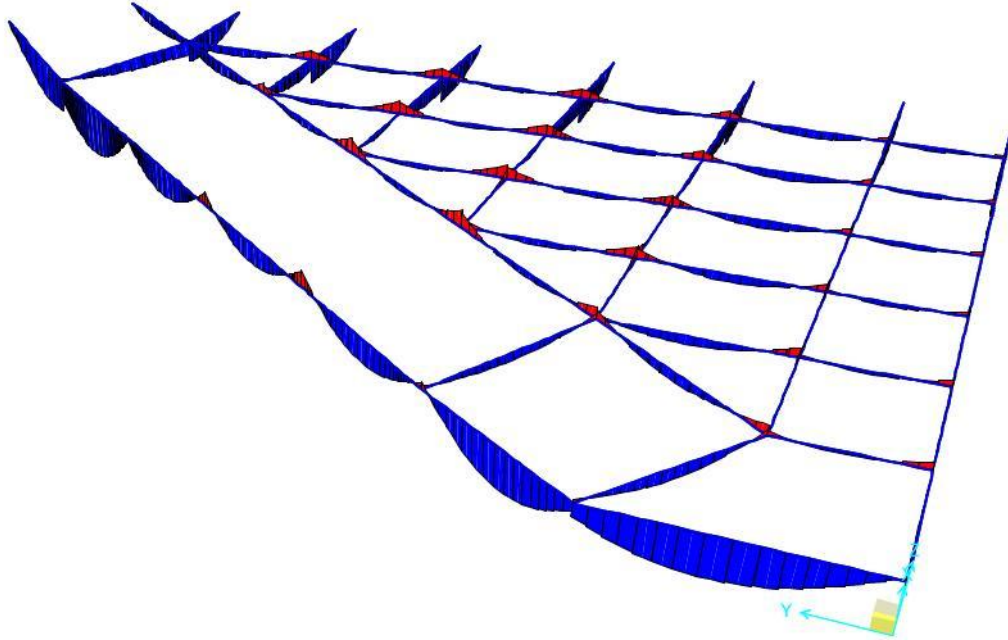
Moment 3-3 Diagram (SLE RARA-1)



Moment 3-3 Diagram (SLE FREQ-1)



Moment 3-3 Diagram (SLE QP) x



7.6.1 Verifiche SLU a flessione

Nel seguito si riportano le verifiche a flessione delle travi dell'impalcato nei confronti degli stati limite ultimi (SLU). Le sollecitazioni derivano dall'analisi globale della struttura.

Nelle tabelle di verifica le sollecitazioni ed il relativo segno sono indicati con le convenzioni del software RC-SEC utilizzato per le verifiche di sezione:

N, Mx, My = Sforzo normale e Momenti di progetto

N Res = Sforzo normale resistente

Mx Res = Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

My Res = Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

Mis.Sic. = Misura sicurezza, rapporto vettoriale tra (N Res , Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)

sforzo assiale N: "+" compressione, "-" trazione;

momento Mx: "+" tende le fibre inferiori, "-" tende le fibre superiori.

Travi tipo A – 50x120

Sezione rettangolare: B = 0.50 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (5+5)\Phi 30$ $A_{sup} = 5\Phi 30$ St. $\Phi 10/10$ a 4 braccia

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
-1045.21	1654.81	4.97	-1045.18	2518.77	0.81	1.56

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p style="text-align: center;">PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p style="text-align: center;">RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p>
		<p>Data : LUGLIO 2024</p>

-1045.90	1354.38	11.97	-1045.81	2514.93	22.99	1.94
-574.50	982.00	30.59	-574.37	2713.29	98.06	2.90

Travi tipo A – 50x170

Sezione rettangolare: B = 0.50 m H = 1.70 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (5+5)\Phi 30$ $A_{sup} = 5\Phi 30$ St. $\Phi 10/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
118.19	262.81	10.24	118.13	4640.37	168.01	17.37
-222.50	198.86	60.61	-222.56	2223.94	833.52	13.71
149.49	-305.05	4.38	149.33	-2967.10	55.58	9.89

Travi tipo A1 – 165x247

Sezione rettangolare: B = 1.65 m H = 2.47 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (15+15)\Phi 26$ $A_{sup} = 15\Phi 26$ St. $\Phi 14/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-4336.64	5064.42	-313.99	-4336.55	10491.49	-742.77	2.45
-3935.72	4363.33	-268.93	-3935.54	10949.49	-869.06	3.08
-5051.15	3514.11	-50.61	-5051.20	9671.92	-193.57	4.12

Travi tipo A1 – 165x142

Sezione rettangolare: B = 1.65 m H = 1.42 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (15+15)\Phi 26$ $A_{sup} = 15\Phi 26$ St. $\Phi 14/10$ a 4 braccia


N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-692.91	-436.39	106.82	-693.09	-4181.73	856.38	7.83
-162.52	-1672.38	6.78	-162.60	-4546.43	29.17	2.69
1513.74	-913.42	-77.65	1513.83	-5467.59	-493.09	6.22

Travi tipo B – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 24$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 12/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
3.48	481.33	-2.68	3.43	1977.73	-1.47	4.11
81.00	-207.57	-13.32	81.20	-2015.82	-123.85	9.71
-5.86	376.26	-2.64	-5.92	1974.03	-4.68	5.25
62.73	-161.67	-11.08	62.85	-2005.87	-137.87	12.41

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024

-135.52	488.23	14.92	-135.67	1904.07	62.18	3.90
173.39	-526.74	-27.11	173.39	-2064.07	-112.92	3.92

Travi tipo B1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 10/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-744.58	2773.61	13.21	-744.52	11499.18	23.25	4.39
-614.75	2490.53	20.97	-614.63	11647.97	144.08	4.93
-3212.94	1947.94	26.25	-3212.69	8438.51	145.47	6.89

Travi tipo B1 – 120x120

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 12/10$ a 4 braccia

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-253.05	-539.48	-49.12	-253.04	-2752.82	-235.49	4.90
-262.88	-463.50	-91.29	-262.78	-2720.81	-510.93	5.58
1119.32	-788.01	-43.07	1119.36	-3391.57	-176.12	4.40

Travi tipo C – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 30$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 10/10$ a 4 braccia


N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-24.82	1738.90	-5.80	-24.78	2892.51	-15.81	1.66
-78.55	-580.79	-17.25	-78.30	-1937.53	-52.66	3.30
-24.51	1489.32	-4.97	-24.35	2892.73	-15.83	1.94
-68.02	-473.70	-13.44	-68.00	-1942.89	-57.51	4.06
-777.15	1089.55	23.61	-777.18	2501.88	51.73	2.40
550.79	-521.13	-40.36	550.82	-2262.78	-172.85	4.40

Travi tipo C1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (12+12)\Phi 28$ $A_{sup} = (12+12)\Phi 20$ St. $\Phi 14/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-1107.32	3143.09	12.47	-1107.58	14397.56	25.48	5.02

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p align="center">PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p align="center">RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	Titolo elaborato:
		<p>Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>

-1689.37	77.29	-12.74	-1689.60	-7619.76	-230.57	18.17
-914.11	2855.08	5.07	-913.90	14638.63	2.83	5.58
-1313.03	66.10	-9.32	-1312.78	-8086.79	-243.29	24.81
-3977.22	2532.64	57.32	-3977.39	10795.27	406.48	7.38
3840.64	28.37	-41.91	3840.78	17181.65	-4095.30	97.81

Travi tipo C1 – 120x120

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (12+12)\Phi 28$ $A_{sup} = (12+12)\Phi 20$ St. $\Phi 14/8.5$ a 6 braccia

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-1013.96	3023.79	9.80	-1014.00	5526.52	29.25	1.87
-1689.37	77.29	-12.74	-1689.08	-2540.27	-215.78	16.34
-853.20	2753.71	-26.30	-853.23	5599.55	-60.98	2.08
-1313.03	66.10	-9.32	-1313.03	-2719.56	-226.76	23.01
-3479.37	2565.34	102.32	-3479.30	4342.63	181.15	1.86
3840.64	28.37	-41.91	3840.50	6821.99	-1844.28	43.69

Travi tipo D – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 10\Phi 36$ $A_{sup} = 10\Phi 26$ St. $\Phi 14/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-74.27	2765.07	4.26	-74.08	4354.60	2.51	1.58
-498.75	34.00	-4.42	-498.69	-2197.08	-242.78	56.05
-67.82	2364.47	6.81	-67.56	4357.61	10.80	1.85
-438.70	27.76	-2.09	-438.79	-2229.72	-135.90	60.76
-948.52	1806.82	75.55	-948.35	3915.35	152.58	2.27
1843.23	8.50	-18.90	1843.49	4644.90	-1384.94	72.51

Travi tipo D1 – 155x170


Sezione rettangolare: B = 1.55 m H = 1.70 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (16+16)\Phi 32$ $A_{sup} = 16\Phi 32$ St. $\Phi 14/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-5607.99	4027.19	62.91	-5608.00	11958.81	218.81	3.70
-5115.29	3437.17	262.76	-5115.42	12279.50	1256.22	4.62
-5673.28	3217.83	32.48	-5673.09	11909.77	199.49	5.10

Travi tipo D1 – 155x120

Sezione rettangolare: B = 1.55 m H = 1.20 m C = 55 mm

	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024

Armatura: $A_{inf} = (16+16)\Phi 32$ $A_{sup} = 16\Phi 32$ St. $\Phi 14/10$ a 4 braccia

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-7603.99	61.00	83.58	-7603.89	-2687.23	360.86	4.17
-6712.91	48.56	65.15	-6712.94	-3141.61	336.46	5.13
-69.99	16.51	13.57	-70.13	4878.05	8268.63	609.99

Travi tipo E – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 26$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 10/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-438.72	558.50	7.28	-438.68	2037.61	19.60	3.73
305.76	-117.83	-38.89	305.81	-2069.47	-698.67	17.79
-409.08	1087.10	-14.86	-409.14	2052.83	-21.82	1.90
-40.23	318.80	-0.63	-40.02	2247.17	-4.25	7.08
-331.76	666.43	5.78	-331.75	2093.41	21.13	3.18

Travi tipo F – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 24$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 10/10$


N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-10.68	1052.60	-2.40	-10.66	1975.79	-5.19	1.88
-240.47	-823.27	-22.73	-240.52	-1853.40	-51.46	2.25
14.07	830.70	-4.54	14.05	1987.33	-1.27	2.39
-235.54	-655.30	-17.05	-235.28	-1856.05	-46.44	2.83
-198.04	603.85	-4.24	-198.25	1877.37	-5.04	3.11
122.19	-657.47	-38.52	122.28	-2041.60	-122.30	3.11

Travi tipo F1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 26$ St. $\Phi 12/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-199.29	3974.32	-95.12	-199.23	11891.26	-303.94	2.99
550.90	788.76	-349.22	550.77	9590.10	-4259.70	12.16
-298.23	3254.69	-81.57	-298.37	11768.60	-314.39	3.62
296.23	589.80	-268.18	296.41	9305.73	-4205.58	15.76
-949.63	2346.46	-0.28	-949.63	10992.28	-0.63	4.68

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p align="center">PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p align="center">RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	Titolo elaborato:
		<p>Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>

1683.59	-278.42	-248.45	1683.49	-6092.19	-5415.33	21.84
---------	---------	---------	---------	----------	----------	-------

Travi tipo G – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi24$ $A_{sup} = 9\Phi24$ St. $\Phi10/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
1057.74	1377.69	-51.31	1057.77	2524.50	-89.52	1.83
-107.97	-797.85	50.13	-108.19	-1921.22	123.14	2.41
867.72	1139.60	-41.51	867.48	2427.48	-89.44	2.13
-145.39	-641.57	39.11	-145.29	-1901.93	117.56	2.96
-289.46	751.82	-15.22	-289.42	1827.59	-44.31	2.43
872.29	-547.24	3.47	872.31	-2431.74	23.86	4.44

Travi tipo G1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi20$ St. $\Phi8/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-104.41	1595.98	22.82	-104.31	11243.82	163.83	7.16
-33.73	1302.91	37.04	-33.70	11338.00	365.43	8.76
-348.17	1123.14	24.05	-348.26	10942.61	143.55	10.62

Travi tipo G1 – 120x120

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 1.20m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi20$ St. $\Phi12/10$


N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-255.66	-29.83	-53.26	-255.66	-2336.83	-2142.03	40.32
-151.92	-67.67	-36.92	-151.77	-2669.50	-1170.15	31.70
197.97	-564.77	3.08	197.91	-2973.27	3.51	5.30

Travi tipo H – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi24$ $A_{sup} = 9\Phi24$ St. $\Phi10/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
986.10	1540.77	-0.42	986.02	2490.28	-0.48	1.62
197.34	-257.69	-39.31	197.33	-2070.31	-315.00	8.03

	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024

790.20	1236.10	2.51	790.16	2391.38	3.77	1.93
137.82	-199.55	-26.80	137.87	-2042.86	-270.25	10.23
-577.03	747.31	-7.94	-576.81	1677.47	-17.89	2.24
556.64	-396.44	-46.53	556.42	-2258.91	-268.01	5.70

Travi tipo H1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 10/10$

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-652.07	4014.27	22.89	-652.22	11316.21	31.55	2.90
-776.25	3314.05	14.21	-776.50	11162.83	31.62	3.53
-540.61	2343.21	35.78	-540.60	11439.79	184.67	5.14

Travi tipo H1 – 120x120

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 1.20m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 12/10$ a 4 braccia

N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
-361.99	-86.36	-6.11	-362.05	-2703.60	-124.24	21.60
-598.18	-119.88	19.84	-598.00	-2579.93	277.70	14.15
205.65	-972.18	-22.65	205.53	-2969.75	-79.26	3.06

Le verifiche di resistenza agli stati limite ultimi (SLU) per flessione risultano soddisfatte.

Di seguito si riporta il controllo che l'armatura inferiore, agli appoggi, sia in grado di sopportare uno sforzo pari al taglio:

TRAVE	$A_{s\ inf}$	$A_{s\ f_{yd}}$		V2 max (SLU)
	[mm ²]	[KN]		[KN]
A	7069	2766	>	599
A1	15928	6233	>	1452
B	4072	1593	>	390
B1	10619	4155	>	694

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024
---	--	---

C	6362	2489	>	595
C1	14778	5783	>	1063
D	10179	3983	>	1430
D1	25736	10071	>	1267
E	4778	1870	>	453
F	4072	1593	>	692
F1	10619	4155	>	1277
G	4072	1593	>	713
G1	10619	4155	>	691
H	4072	1593	>	972
H1	10619	4155	>	1086

7.6.2 Verifiche SLE

Nel seguito si riportano le verifiche allo stato limite delle tensioni in esercizio e alla fessurazione con riferimento al momento principale $M_x = M_3$. Con riferimento al segno delle sollecitazioni, lo sforzo assiale N_{Ed} è positivo se di compressione, mentre il momento M_{Ed} è positivo se tende le fibre inferiori della trave.

Travi tipo A – 50x120

Sezione rettangolare: B = 0.50 m H = 1.20 m C = 55 mm


Armatura: $A_{inf} = (5+5)\Phi 30$ $A_{sup} = 5\Phi 30$ St. $\Phi 10/10$ a 4 braccia

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -829.81 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1158.30 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 6.81 \text{ MPa}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p style="text-align: center;">PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p style="text-align: center;">RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$\sigma_s = 234 \text{ daN/cm}^2$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -555.76 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 811.64 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 4.93 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.197 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -447.30 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 683.82 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 4.19 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.175 \text{ mm}$$

Travi tipo A – 50x170

Sezione rettangolare: B = 0.50 m H = 1.70 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (5+5)\Phi 30$ $A_{sup} = 5\Phi 30$ St. $\Phi 10/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = 84.06 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 185.49 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 15.68 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -83.17 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 129.20 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.19 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.039 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -60.93 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 98.96 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.97 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.031 \text{ mm}$$

Travi tipo A1 – 165x247

Sezione rettangolare: B = 1.65 m H = 2.47 m C = 55 mm

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Armatura: $A_{inf} = (15+15)\Phi 26$ $A_{sup} = 15\Phi 26$ St. $\Phi 14/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -3157.98 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 3661.29 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 212.62 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -2366.53 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2608.98 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.15 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.188 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -2341.36 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2614.72 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.16 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.199 \text{ mm}$$

Travi tipo A1 – 165x142

Sezione rettangolare: B = 1.65 m H = 1.42 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (15+15)\Phi 26$ $A_{sup} = 15\Phi 26$ St. $\Phi 14/10$ a 4 braccia

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -85.99 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -1461.92 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 3.02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 147.00 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -334.94 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -247.67 \text{ kNm}$$


$$\sigma_c = 0.65 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.066 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -302.79 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -220.90 \text{ kNm}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$\sigma_c = 0.57 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.060 \text{ mm}$$

Travi tipo B – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 24$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 12/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = 2.92 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 56.31 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 332.48 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -143.12 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0.90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 73.99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 27.63 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = 2.40 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 38.48 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 217.72 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -90.25 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.17 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0.56 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.068 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.023 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = 1.68 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 30.88 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 173.47 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -69.46 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0.43 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.055 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.018 \text{ mm}$$

Travi tipo B1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 10/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -543.13 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2031.44 \text{ kNm}$$


$$\sigma_c = 1.60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 96.72 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -461.03 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1716.67 \text{ kNm}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$\sigma_c = 1.32 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.097 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -431.86 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1592.80 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.23 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.090 \text{ mm}$$

Travi tipo B1 – 120x120

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 12/10$ a 4 braccia

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -178.42 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -387.85 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 81.60 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -103.06 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -303.82 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.22 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.075 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -89.26 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -270.14 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.09 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.067 \text{ mm}$$

Travi tipo C – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 30$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 10/10$ a 4 braccia


Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -18.43 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -52.28 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1247.47 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -409.56 \text{ kNm}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$\sigma_c = 5.67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 2.11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 187.51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 97.97 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -17.19 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -22.85 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 972.42 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -293.50 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 4.45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 1.54 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.171 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.095 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -16.70 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -14.43 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 865.38 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -246.53 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 3.96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 1.30 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.167 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.079 \text{ mm}$$

Travi tipo C1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (12+12)\Phi 28$ $A_{sup} = (12+12)\Phi 20$ St. $\Phi 14/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -807.60 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2313.79 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 92.61 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -687.55 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1993.22 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.34 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.100 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente


$$N_{Ed} = -621.60 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1865.10 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.26 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.093 \text{ mm}$$

Travi tipo C1 – 120x120

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (12+12)\Phi 28$ $A_{sup} = (12+12)\Phi 20$ St. $\Phi 14/8.5$ a 6 braccia

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -738.48 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2226.80 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 6.43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 187.45 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -618.33 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1934.75 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 5.67 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.200 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -559.19 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1818.97 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 5.34 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.200 \text{ mm}$$

Travi tipo D – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 10\Phi 36$ $A_{sup} = 10\Phi 26$ St. $\Phi 14/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -52.35 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1980.06 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 7.55 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 195.27 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -42.77 \text{ kN}$$


$$M_{Ed} = 1541.58 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 6.89 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.197 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -39.93 \text{ kN}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$M_{Ed} = 1367.52 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 5.30 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.196 \text{ mm}$$

Travi tipo D1 – 155x170

Sezione rettangolare: B = 1.55 m H = 1.70 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (16+16)\Phi 32$ $A_{sup} = 16\Phi 32$ St. $\Phi 14/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -4089.35 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2910.12 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 162.32 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -3209.82 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2394.04 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.88 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.142 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -291.21 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2163.79 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 2.39 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.070 \text{ mm}$$

Travi tipo D1 – 155x120

Sezione rettangolare: B = 1.55 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (16+16)\Phi 32$ $A_{sup} = 16\Phi 32$ St. $\Phi 14/10$ a 4 braccia

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -5486.11 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 42.77 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 6.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 180.91 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -4293.63 \text{ kN}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$M_{Ed} = 30.27 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 4.72 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.196 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -3854.99 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 25.02 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 4.25 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.197 \text{ mm}$$

Travi tipo E – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 26$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 10/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -314.12 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 959.56 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 4.67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 214.98 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -177.58 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 635.97 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 3.11 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.186 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -138.73 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 505.50 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 2.47 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.147 \text{ mm}$$

Travi tipo F – 100x120


Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 24$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 10/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = 19.49 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -172.74 \text{ kN}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$M_{Ed} = 593.94 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -575.10 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 3.17 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 3.12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 130.35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 148.80 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = 69.20 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -124.38 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 509.07 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -387.71 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 2.73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 2.17 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.145 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.141 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = 70.84 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -113.16 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 429.24 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -312.89 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 2.31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 1.77 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.120 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.115 \text{ mm}$$

Travi tipo F1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 26$ St. $\Phi 12/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -133.50 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2798.68 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 2.51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 112.78 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -13.48 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2017.61 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.81 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.095 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -9.05 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1701.67 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.52 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.080 \text{ mm}$$

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Travi tipo G – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 24$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 10/10$

Combinazione Rara

$N_{Ed} = 767.66$ kN	$N_{Ed} = -72.84$ kN
$M_{Ed} = 976.11$ kNm	$M_{Ed} = -558.65$ kNm
$\sigma_c = 5.84$ MPa	$\sigma_c = 3.35$ MPa
$\sigma_s = 146.90$ MPa	$\sigma_s = 137.87$ MPa

Combinazione Frequente

$N_{Ed} = 641.93$ kN	$N_{Ed} = -22.51$ kN
$M_{Ed} = 710.85$ kNm	$M_{Ed} = -385.17$ kNm
$\sigma_c = 4.46$ MPa	$\sigma_c = 2.65$ MPa
$w_k = 0.137$ mm	$w_k = 0.182$ mm

Combinazione Quasi-permanente

$N_{Ed} = 575.46$ kN	$N_{Ed} = -19.80$ kN
$M_{Ed} = 604.86$ kNm	$M_{Ed} = -315.74$ kNm
$\sigma_c = 3.79$ MPa	$\sigma_c = 2.16$ MPa
$w_k = 0.112$ mm	$w_k = 0.149$ mm

Travi tipo G1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 8/10$


Combinazione Rara

$N_{Ed} = -74.41$ kN
$M_{Ed} = 1123.99$ kNm
$\sigma_c = 0.96$ MPa
$\sigma_s = 46.47$ MPa

Combinazione Frequente

$N_{Ed} = -75.66$ kN
$M_{Ed} = 803.80$ kNm
$\sigma_c = 0.72$ MPa
$w_k = 0.041$ mm

Combinazione Quasi-permanente

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$N_{Ed} = -61.04 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 675.91 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.62 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.034 \text{ mm}$$

Travi tipo G1 – 120x120

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 1.20m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 12/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -110.23 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -60.36 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 22.85 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -103.56 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -89.23 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.49 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.032 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -116.40 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -88.51 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.49 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.033 \text{ mm}$$

Travi tipo H – 100x120

Sezione rettangolare: B = 1.00 m H = 1.20 m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = 9\Phi 24$ $A_{sup} = 9\Phi 24$ St. $\Phi 10/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = 711.81 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 138.52 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1069.89 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -179.97 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 5.86 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 1.30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 167.70 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 30.50 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

$$N_{Ed} = 589.45 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 102.71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 709.03 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -121.34 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 4.04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0.89 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.129 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.024 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = 404.94 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 82.64 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 569.60 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -96.76 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 3.36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0.71 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.120 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.019 \text{ mm}$$

Travi tipo H1 – 120x275

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 2.75m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 10/10$

Combinazione Rara

$$N_{Ed} = -444.59 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2829.98 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 2.38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 124.25 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -162.56 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2035.93 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.77 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.100 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -129.32 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1721.35 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 1.50 \text{ MPa}$$


$$w_k = 0.084 \text{ mm}$$

Travi tipo H1 – 120x120

Sezione rettangolare: B = 1.20 m H = 1.20m C = 55 mm

Armatura: $A_{inf} = (10+10)\Phi 26$ $A_{sup} = (10+10)\Phi 20$ St. $\Phi 12/10$ a 4 braccia

Combinazione Rara

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024
---	--	---

$$N_{Ed} = -398.76 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -98.10 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 50.06 \text{ MPa}$$

Combinazione Frequente

$$N_{Ed} = -80.25 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -115.97 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.48 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.034 \text{ mm}$$

Combinazione Quasi-permanente

$$N_{Ed} = -0.98 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -114.18 \text{ kNm}$$

$$\sigma_c = 0.55 \text{ MPa}$$

$$w_k = 0.025 \text{ mm}$$

Le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) nei confronti delle tensioni nei materiali e dei valori di apertura delle fessure risultano soddisfatte.


7.6.3 Verifiche a taglio

In fase sismica la domanda a taglio è stata ottenuta dalla condizione di equilibrio della trave, considerata incernierata agli estremi, soggetta ai carichi gravitazionali ($G+\psi Q_k$) e all'azione dei momenti resistenti di progetto nelle due sezioni di estremità della trave di luce "L", amplificati del fattore di sovraresistenza γ_{Rd} posto pari a 1.1 in CDB:


$$V_{Ed} = V_{G+\psi Q_k} + \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd1} + M_{Rd2}}{L}$$

Di seguito si riportano i momenti resistenti alle estremità delle travi calcolati in corrispondenza del massimo valore dello sforzo assiale di compressione in fase sismica; in prima approssimazione, data la presenza delle predelle sulle travi, non si è tenuto conto delle armature della soletta.

TRAVE	N [kN]	M _{Rd} [kNm]
A – 50x120	248.43	-1954.04 3098.70
A – 50x170	171.63	-2996.38 4769.12
A1 –165x247	1905.88	-10994.95

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali <hr/> Data : LUGLIO 2024
---	--	---

		17521.64	
A1 – 165x142	1877.72	-5702.75 9038.12	
B – 100x120	234.01	-2097.04 2097.04	
B1 – 120x275	2396.97	-11195.31 15210.74	
B1 – 120x120	2306.42	-3947.04 5384.29	
C – 100x120	982.99	-2488.85 3399.53	
C1 – 120x275	3840.64	-14052.68 20101.05	
C1 – 120x120	2522.51	-4554.04 7007.25	
D – 100x120	1872.26	-3413.45 5217.64	
D1 – 155x170	246.73	-9525.59 16150.33	
D1 – 155x120	-38.85	-6227.07 10404.69	
E – 100x120	305.76	-2138.83 2425.09	
F – 100x120	414.33	-2195.41 2195.41	
F1 – 120x275	1683.59	-14197.66 14197.66	
G – 100x120	1618.80	-2809.75 2809.75	
G1 – 120x275	339.91	-7601.64 11770.64	
G1 – 120x120	347.56	-3041.29	

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

		4559.44
H – 100x120	2661.34	-3312.53 3312.53
H1 – 120x275	284.90	-8327.54 12453.88
H1 – 120x120	208.29	-2977.32 4496.78

Il calcolo delle armature trasversali è eseguito con riferimento alla zona “critica” della trave che si estende, in CDB, per una distanza pari all’altezza della trave a partire dalla faccia del nodo trave-palo di fondazione.

La sintesi delle verifiche a taglio è riportata nella tabella seguente nella quale “ V_{wd} ” è il taglio resistente assorbito dalle staffe:

TRAVE	sez. [cm]	Armatura trasversale (staffe)	$V_{G+\psi Qk}$ [KN]	L [m]	M_{Rd1} [KNm]	M_{Rd2} [KNm]	γ_{Rd}	V_{ed} [KN]	V_{wd} [KN]
A	50x120	Φ10/10 a 4 braccia	227.19	5.05	3098.70	4769.12	1.1	1940.98	< 2243.17
	50x170	Φ10/10							< 2298.63
A1	165x247	Φ14/10	567.43	6.79	17521.64	9038.12	1.1	4870.19	< 6470.25
	165x142	Φ14/10 a 4 braccia							< 5295.83
B	100x120	Φ12/10	151.47	3.10	2097.08	2097.08	1.1	1639.72	< 2248.37
B1	120x275	Φ10/10	267.51	5.35	5384.29	5384.29	1.1	2481.61	< 3689.76
	120x120	Φ12/10 a 4 braccia							< 3307.90
C	100x120	Φ10/10 a 4 braccia	217.69	3.67	3399.53	3399.53	1.1	2255.56	< 2473.85
C1	120x275	Φ14/10	633.47	5.58	20101.05	7007.25	1.1	5977.40	< 7231.93
	120x120	Φ14/8.5 a 6 braccia							< 6191.49
D	100x120	Φ14/10	544.02	4.76	5217.64	5217.64	1.1	2955.53	< 3016.92
D1	155x170	Φ14/10	617.07	7.91	16150.33	10404.69	1.1	4309.53	< 4383.07
	155x120	Φ14/10 a 4 braccia							< 4668.04

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA								Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
									Data : LUGLIO 2024	

E	100x120	Φ10/10	194.59	5.05	2425.09	2425.09	1.1	1251.06	<	1548.92
F	100x120	Φ10/10	243.51	5.20	2195.41	2195.41	1.1	1172.34	<	1550.31
F1	120x275	Φ12/10	586.75	7.26	14197.66	14197.66	1.1	4889.07	<	5313.25
G	100x120	Φ10/10	254.88	6.57	2809.75	2809.75	1.1	1195.74	<	1553.07
G1	120x275	Φ8/10	331.40	5.80	4559.44	4559.44	1.1	2060.84	<	2141.39
	120x120	Φ12/10								2230.45
H	100x120	Φ10/10	203.14	6.57	3212.53	3212.53	1.1	1278.87	<	1553.07
H1	120x275	Φ10/10	527.50	8.15	12453.88	4496.78	1.1	2815.32	<	3683.28
	120x120	Φ12/10 a 4 braccia								3311.36

Le verifiche di resistenza agli stati limite ultimi (SLU-SLV) per taglio è soddisfatta.

7.6.4 Verifiche dei limiti di armatura

Le verifiche seguenti riguardano il controllo della duttilità senza calcolo diretto. In ogni sezione della trave, il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa ρ e quello relativo all'armatura compressa ρ_{comp} deve rispettare le limitazioni seguenti:


$$\frac{1.4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3.5}{f_{yk}}$$

$$\rho_{comp} \geq 0.25 \text{ ovunque}$$

$$\rho_{comp} \geq \rho / 2 \text{ nelle zone dissipative}$$

Nella tabella seguente è riportata la verifica di tali limitazioni:


TRAVE	b [m]	h [m]	Armatura	n.	φ	A _s [mm ²]	1.4 / f _{yk}	ρ	ρ _{comp} + 3.5 / f _{yk}
A	0.50	1.20	superiore	5	30	3534			

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA							Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
								Data : LUGLIO 2024	

			inferiore	10	30	7069	0.31%	<	1.18%	<	1.37%
									($\rho_{comp}=0.59\%$)		
A	0.50	1.70	superiore	5	30	3534	0.31%	<	0.42%	<	1.61%
									($\rho_{comp}=0.83\%$)		
			inferiore	10	30	7069					
A1	1.65	2.47	superiore	15	26	7964					
			inferiore	30	26	15928	0.31%	<	0.39%	<	0.97%
									($\rho_{comp}=0.20\%$)		
A1	1.65	1.42	superiore	15	26	7964	0.31%	<	0.34%	<	1.46%
									($\rho_{comp}=0.68\%$)		
			inferiore	30	26	15928					
B	1.00	1.20	superiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.12%
									($\rho_{comp}=0.34\%$)		
			inferiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.12%
									($\rho_{comp}=0.34\%$)		
B1	1.20	2.75	superiore	20	20	6283					
			inferiore	20	26	10619	0.31%	<	0.32%	<	0.97%
									($\rho_{comp}=0.19\%$)		
B1	1.20	1.20	superiore	20	20	6283	0.31%	<	0.44%	<	1.52%
									($\rho_{comp}=0.74\%$)		
			inferiore	20	26	10619					
C	1.00	1.20	superiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.31%
									($\rho_{comp}=0.53\%$)		
			inferiore	9	30	6362	0.31%	<	0.53%	<	1.12%
									($\rho_{comp}=0.34\%$)		
C1	1.20	2.75	superiore	24	20	7540					
			inferiore	24	28	14778	0.31%	<	0.45%	<	1.01%
									($\rho_{comp}=0.23\%$)		
C1	1.20	1.20	superiore	24	20	7540					

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA							Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
								Data : LUGLIO 2024	

			inferiore	24	28	14778	0.31%	<	1.03%	<	1.30%
									($\rho_{comp}=0.52\%$)		
D	1.00	1.20	superiore	10	26	5309					
			inferiore	10	36	10179	0.31%	<	0.85%	<	1.22%
									($\rho_{comp}=0.44\%$)		
D1	1.55	1.70	superiore	16	32	12868					
			inferiore	32	32	25736	0.31%	<	0.98%	<	1.27%
									($\rho_{comp}=0.49\%$)		
D1	1.55	1.20	superiore	16	32	12868			0.49%		
			inferiore	32	32	25736	0.31%	<	1.38%	<	1.47%
									($\rho_{comp}=0.69\%$)		
E	1.00	1.20	superiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.18%
									($\rho_{comp}=0.40\%$)		
			inferiore	9	26	4778	0.31%	<	0.40%	<	1.12%
									($\rho_{comp}=0.34\%$)		
F	1.00	1.20	superiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.12%
									($\rho_{comp}=0.34\%$)		
			inferiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.12%
									($\rho_{comp}=0.34\%$)		
F1	1.20	2.75	superiore	20	26	10619	0.31%	<	0.32%	<	1.10%
									($\rho_{comp}=0.32\%$)		
			inferiore	20	26	10619	0.31%	<	0.32%	<	1.10%
									($\rho_{comp}=0.32\%$)		
G	1.00	1.20	superiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.12%
									($\rho_{comp}=0.34\%$)		
			inferiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.12%
									($\rho_{comp}=0.34\%$)		
G1	1.20	2.75	superiore	20	20	6283					
			inferiore	20	26	10619	0.31%	<	0.32%	<	0.97%
									($\rho_{comp}=0.19\%$)		

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA						Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali	
							Data : LUGLIO 2024	

G1	1.20	1.20	superiore	20	20	6283	0.31%	<	0.44%	<	1.52%
			($\rho_{comp}=0.74\%$)								
			inferiore	20	26	10619					
H	1.00	1.20	superiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.12%
			($\rho_{comp}=0.34\%$)								
			inferiore	9	24	4072	0.31%	<	0.34%	<	1.12%
($\rho_{comp}=0.34\%$)											
H1	1.20	2.75	superiore	20	20	6283					
			inferiore	20	26	10619	0.31%	<	0.32%	<	0.97%
($\rho_{comp}=0.19\%$)											
H1	1.20	1.20	superiore	20	20	6283	0.31%	<	0.44%	<	1.52%
			($\rho_{comp}=0.74\%$)								
			inferiore	20	26	10619					

Per le armature longitudinali delle travi, sia superiori sia inferiori, quando non è possibile attraversare i nodi, occorre rispettare le seguenti prescrizioni:

- le barre vanno ancorate rivoltando verticalmente in corrispondenza della faccia opposta a quella di intersezione con il nodo, a contenimento del nodo;
- la lunghezza di ancoraggio delle armature tese va calcolata in modo da sviluppare una tensione nelle barre pari a $1,25 f_{yk}$, e misurata a partire da una distanza pari a 6 diametri dalla faccia del palo verso l'interno.

Per il caso in esame si prevede di connettere meccanicamente con manicotti certificati le armature strutturali superiori ed inferiori delle travi delle travi prefabbricate con spezzoni di barre ad L dello stesso diametro, di lunghezza complessiva 2.60 m, che si ancorano, risvoltando verticalmente, sulla faccia opposta del nodo.

La lunghezza minima di ancoraggio " l_{b-min} ", nelle ipotesi più cautelative di diametro delle barre $\phi=36$ mm e ancoraggio in presenza di armature molto addensate ($\eta_1=0.7$) risulta inferiore alla lunghezza di ancoraggio che si adotta:

$$l_{b-min} = \frac{1.25 \cdot f_{yk} \cdot \phi}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{1.25 \cdot 450 \cdot (36/1000)}{4 \cdot 2.37} = 2.14m < 2.60 - 6 \cdot \frac{36}{1000} = 2.38m$$

Con riferimento alle prescrizioni di normativa sulle armature trasversali in zona critica, il diametro minimo delle staffe è 6 mm, mentre il passo deve essere non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:

- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 225 mm per CD "B";

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

- 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CD "B"
- 24 volte il diametro delle armature trasversali.

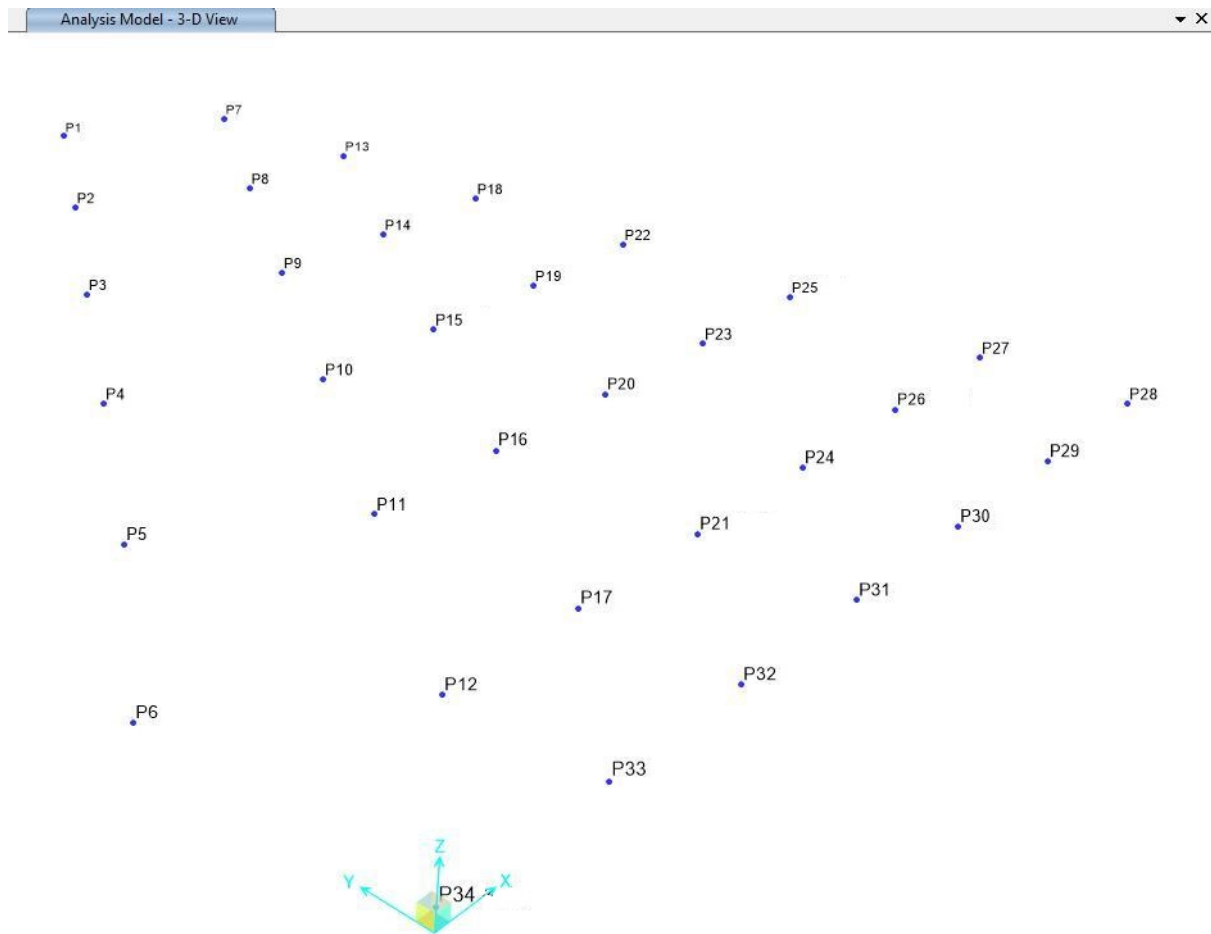
Le staffe utilizzate per le travi hanno:

- diametro da $\phi 10$ a $\phi 14 > 6\text{mm}$;
- passo da 8.5 a 10 cm $< 8 \phi_{\text{long}} = 8 \times 1.4 = 11.2$ cm, in cui ϕ_{long} è il diametro minimo (14 mm) delle armature di parete utilizzato.

7.7 PALI DI FONDAZIONE

I pali che sorreggono l'impalcato, di diametro $\Phi 1500$, sono della tipologia trivellati di c.a. con cls di classe C35/45, con lamierino di spessore 14 mm fino a quota -17 m s.l.m.m. e quota di infissione -34.50 m s.l.m.m.; la quota di testa palo è +0.70 m s.l.m.m. ad esclusione dei cinque pali di bordo (da P1 a P5) afferenti allo scivolo di ormeggio la cui testa palo è a quota +0.20 m s.l.m.m. .

La numerazione dei pali nel modello di calcolo è riportata nell'immagine seguente:



La struttura è stata analizzata con il modello e le combinazioni descritte ai par. 7.2 e 7.3; nelle verifiche si è trascurata la presenza del lamierino metallico.

Per le verifiche strutturali SLU dei pali di fondazione è stata assunta come azione quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1.10 in CD"B".

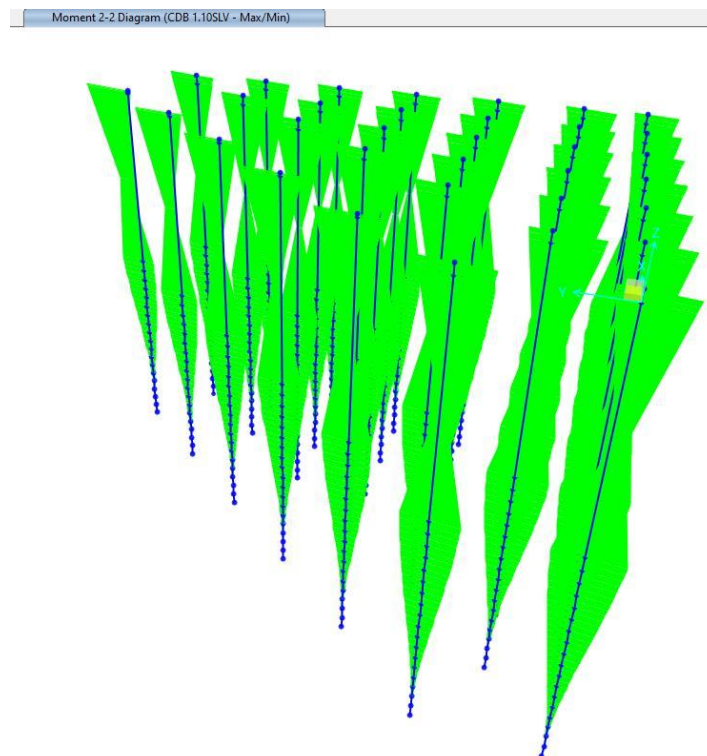
Per la combinazione "CDB 1.10*SLV", che risulta dimensionante nelle verifiche SLU, risultano le seguenti sollecitazioni massime:

Condizione	PALO	P	V2	V3	M2	M3
		KN	KN	KN	KNm	KNm
M2 max	P1	-720.11	106.44	152.80	1871.94	900.63

M3 max	P7	-1521.79	-155.07	-107.86	-755.87	-1957.24
V max	P34	-1371.15	-198.04	-214.77	-1201.84	-722.89
Pressoflessione deviata max	P13	-1565.46	-159.42	-115.15	-1005.07	-1928.60

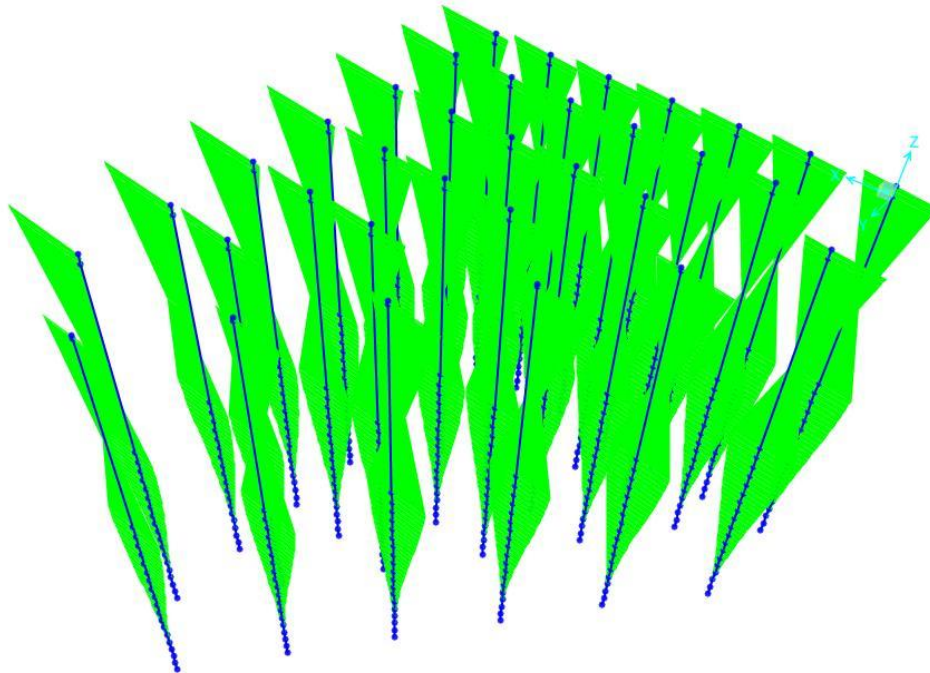
Nella tabella P rappresenta lo sforzo assiale ("-" = compressione) mentre l'asse 1 è parallelo alla linea d'asse del palo (//z), l'asse 2 è orizzontale e parallelo all'asse x, l'asse 3 è orizzontale e parallelo all'asse y.

I diagrammi delle sollecitazioni di flessione e taglio (M22, M33, V22, V33) sui pali per la combinazione "CDB 1.10*SLV", ottenute dal modello di calcolo, sono riportati nelle immagini seguenti:

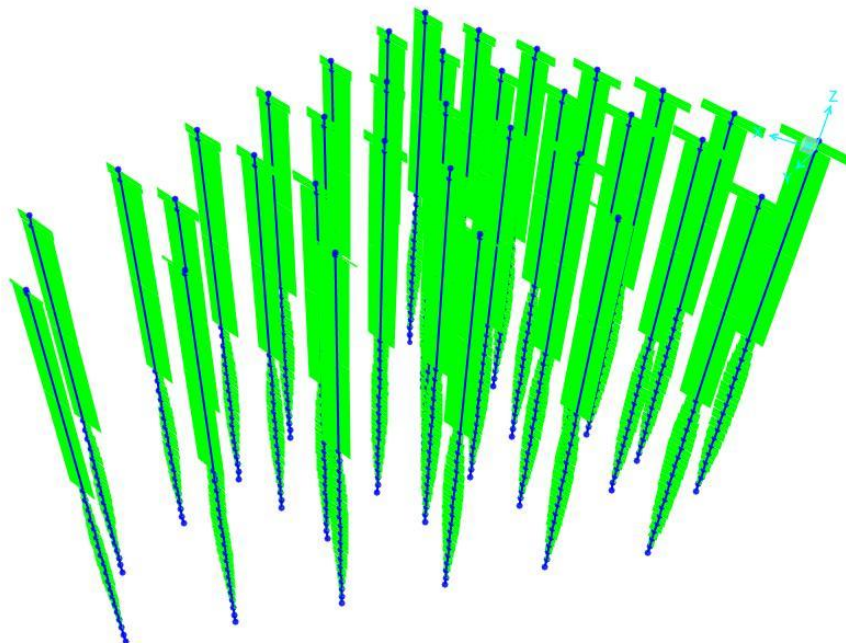




Moment 3-3 Diagram (CDB 1.10SLV - Max/Min)

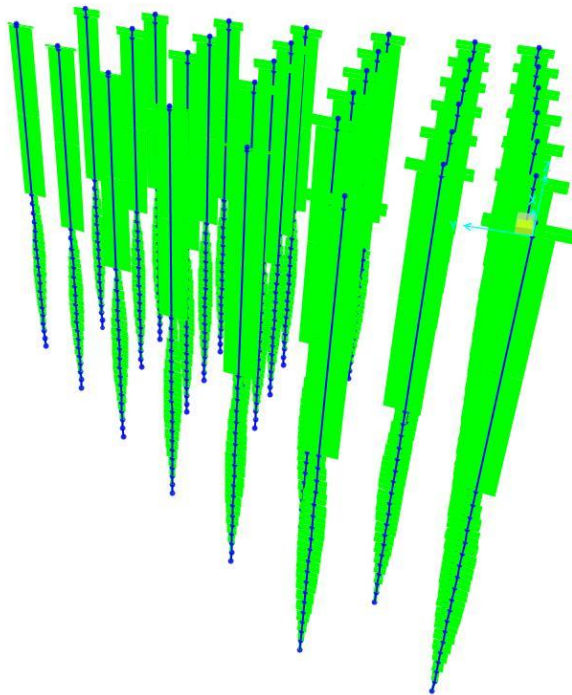


Shear Force 2-2 Diagram (CDB 1.10SLV - Max/Min)



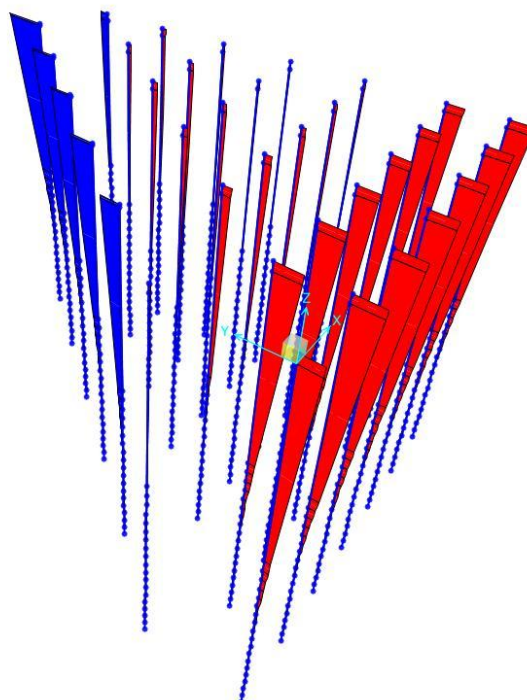


Shear Force 3-3 Diagram (CDB 1.10SLV - Max/Min)



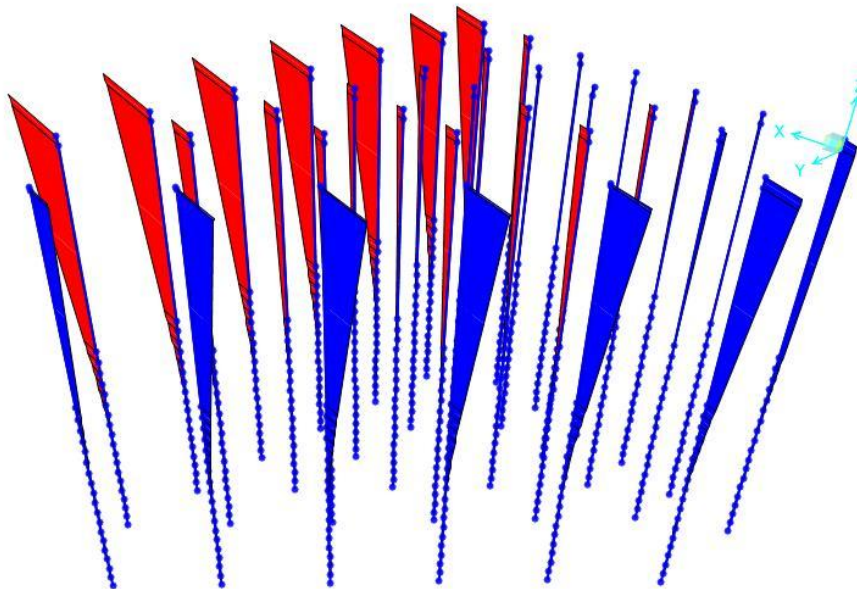
I diagrammi delle sollecitazioni di flessione e taglio (M_{22} , M_{33} , V_{22} , V_{33}) sui pali per le combinazioni statiche SLU-1, ottenute dal modello di calcolo, sono riportati nelle immagini seguenti:

Moment 2-2 Diagram (SLU-1)

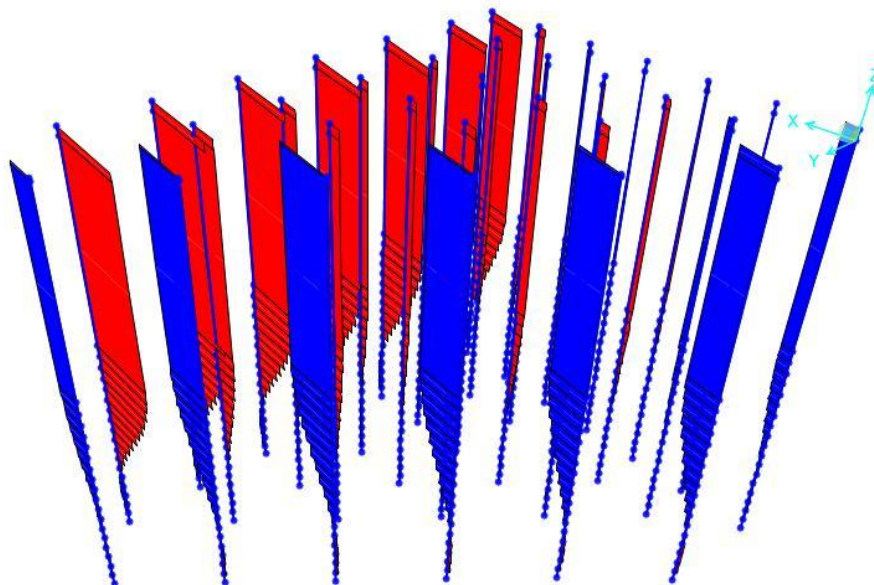




Moment 3-3 Diagram (SLU-1)

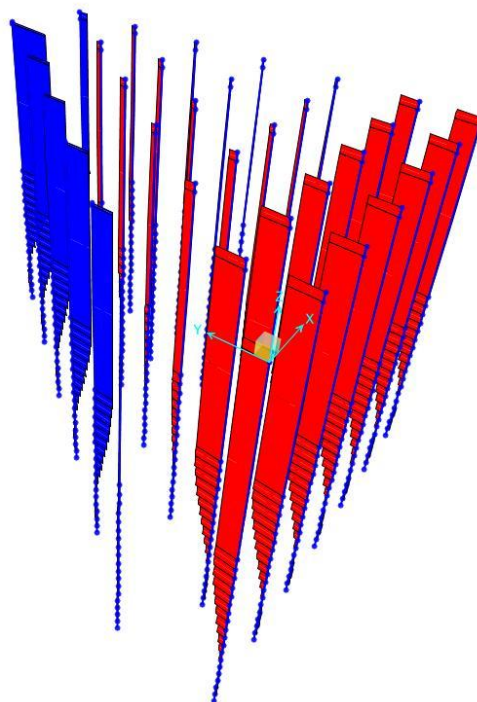


Shear Force 2-2 Diagram (SLU-1)





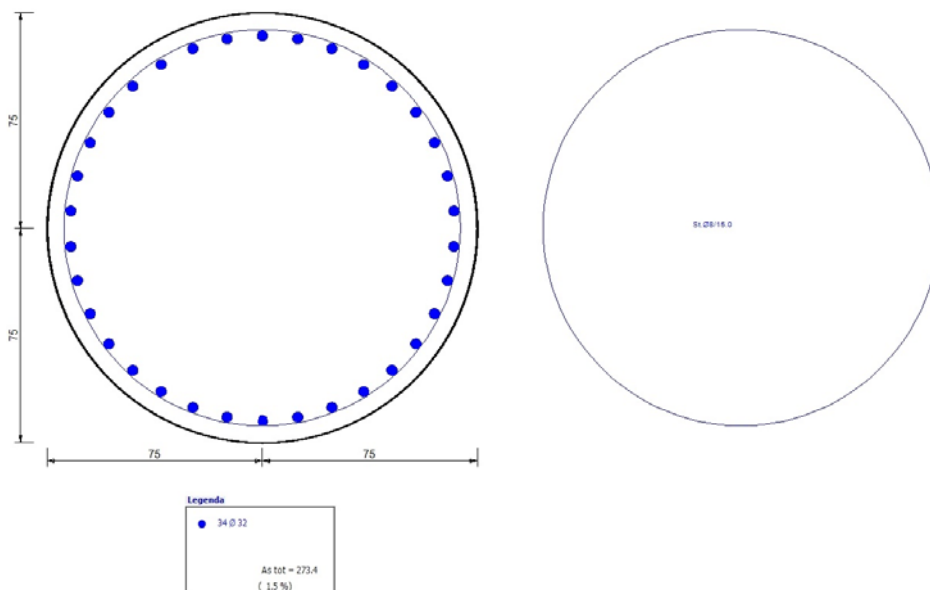
Shear Force 3-3 Diagram (SLU-1)




Nella tabella e immagine seguenti è riportata l'armatura strutturale oggetto di verifica:

	Sez. [mm]	coprif.	armatura
Pali in c.a.	φ1500	6.3 cm	barre longitudinali: 34φ32
		5.5 cm	spirale: φ8/15

Nome sezione: Pila D1500
Coor. x: 10000.000, y: 0.000, z: 0.000



 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

7.7.1 Verifiche per combinazioni sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata la sintesi delle verifiche di sezione SLU con riferimento alla combinazione "CDB 1.10*SLV" nella quale l'involuppo delle sollecitazioni SLV è stato incrementato del fattore 1.10.

SLU-PRESSO FLESSIONE

N	Mx	My	N_{Res}	Mx_{Res}	My_{Res}	Mis.Sic.
[KN]	[KNm]	[KNm]	[KN]	[KNm]	[KNm]	
720.11	900.63	1871.94	720.20	2819.61	5847.20	3.12
1521.79	1957.24	755.87	1521.79	6357.63	2454.78	3.25
1371.15	722.89	1201.84	1371.35	3484.44	5785.68	4.82
1565.46	1928.60	1005.07	1565.30	6062.77	3151.81	3.14

in cui:

N, Mx, My = Sforzo normale e Momenti di progetto

N Res = Sforzo normale resistente

Mx Res = Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

My Res = Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

Mis.Sic. = Misura sicurezza, rapporto vettoriale tra (N Res , Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)

SLU-TAGLIO

V_{Ed}	V_{cd}	V_{wd}	V_{Rd}	cotgθ	verifica
[KN]	[KN]	[KN]	[KN]		
183.84	5282.65	742.84	742.84	2.5	V _{Ed} < V _{Rd}
183.51	5400.06	734.01	734.01	2.5	V _{Ed} < V _{Rd}
286.12	5388.04	737.49	737.49	2.5	V _{Ed} < V _{Rd}
194.59	5403.00	735.62	735.62	2.5	V _{Ed} < V _{Rd}

in cui:

V_{Ed} = Taglio di progetto, proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro

V_{cd} = Taglio compressione resistente lato calcestruzzo

V_{wd} = Taglio resistente assorbito dalle staffe

V_{Rd} = min[V_{cd}; V_{wd}] = resistenza a taglio per elementi con armatura a taglio

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

7.7.2 Verifiche per combinazioni statiche

Si riporta solamente la verifica SLE, non risultando dimensionanti le combinazioni SLU statiche rispetto a quelle sismiche.

Con riferimento alla fessurazione è stata comunque considerata la classe di esposizione XS3 per il cls del palo, pur non essendo a diretto contatto con l'acqua di mare per la presenza del lamierino metallico.

Condizione	Combinazione	P	M3	M2
		[KN]	[KNm]	[KNm]
M2 max (*)	SLE RARA-1	-1617.08	379.99	1280.83
M3 max		-2179.46	-1231.34	278.33
M2 max	SLE FREQ-1	-1145.49	143.57	923.86
M3 max (*)		-1422.28	-953.86	227.44
M2 max	SLE QP	-949.74	53.21	783.84
M3 max (*)		-1121.28	-841.79	207.18

(*) la combinazione coincide con quella che rende massimi gli effetti della pressoflessione deviata

SLE - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Condizione	Combinazione	σ_c [MPa]		$\sigma_{c\text{-limite}}$ [MPa]		σ_s [MPa]		$\sigma_{s\text{-limite}}$ [MPa]		w [mm]		w _{limite} [mm]
M2 max	SLE RARA-1	4.62	<	22.41		-65.70	<	360				
M3 max		4.39	<	22.41		-43.68	<	360				
M2 max	SLE FREQ-1									0.05	<	0.20
M3 max										0.05	<	0.20
M2 max	SLE QP	2.72	<	16.81						0.05	<	0.20
M3 max		3.00	<	16.81						0.05	<	0.20

in cui:

σ_c = massima tensione di compressione nel cls


σ_s = massima tensione nell'acciaio ("-“ trazione, "+“ compressione)

w = apertura della fessura

7.7.3 Verifica dei limiti di armatura

L'armatura adottata per i pali di fondazione soddisfa quanto prescritto da punto 7.2.5. delle NTC2018; in particolare:

- l'armatura longitudinale adottata, pari all'1.5% A_c , è superiore all'armatura minima dello 0.3% A_c ;

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

- l'armatura trasversale adottata con spirale $\phi 8/15$ cm soddisfa il requisito sul diametro minimo di 8 mm e sul passo $\leq 8d = 8 \times 3.2 = 25.6$ cm;

Inoltre, in assenza di specifiche valutazioni della capacità di duttilità:

- la capacità per taglio pari a 734 KN è superiore a 1.3 volte la domanda pari a $1.3 \times 286.12 = 372$ KN;
- come mostrato nella tabella seguente, la tensione normale media sui pali è sempre inferiore a $0.45 f_{cd}$, essendo f_{cd} la resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo pari a 21.17 MPa:

Condizione	P	M3	M2	σ_c		$0.45 f_{cd}$
	[KN]	[KNm]	[KNm]	[MPa]	<	[MPa]
M2 max	720.11	900.63	1871.94	7.05	<	9.52
M3 max	1521.79	1957.24	755.87	7.21	<	9.52
Pressoflessione deviata max	1565.46	1928.60	1005.07	7.47	<	9.52
P max	6093.91	-	-	3.45	<	9.52

- il momento flettente in campo elastico è inferiore a $1,5 M_{Rd}$ come mostrato nella tabella seguente nella quale il momento flettente sui pali, per le due direzioni orizzontali dell'azione sismica, è stato calcolato adottando uno spettro di risposta con fattore di comportamento $q=1$:

Combinazione	Condizione	PALO	P	M2 el	M3 el
			KN	KNm	KNm
SLV involuppo ($q=1$)	M2 el max	P1	-538.00	2937.16	1892.51
	M3 el max	P7	-1430.20	-1947.49	-3030.64

Il momento resistente dei pali risulta, in corrispondenza dello stesso carico assiale:

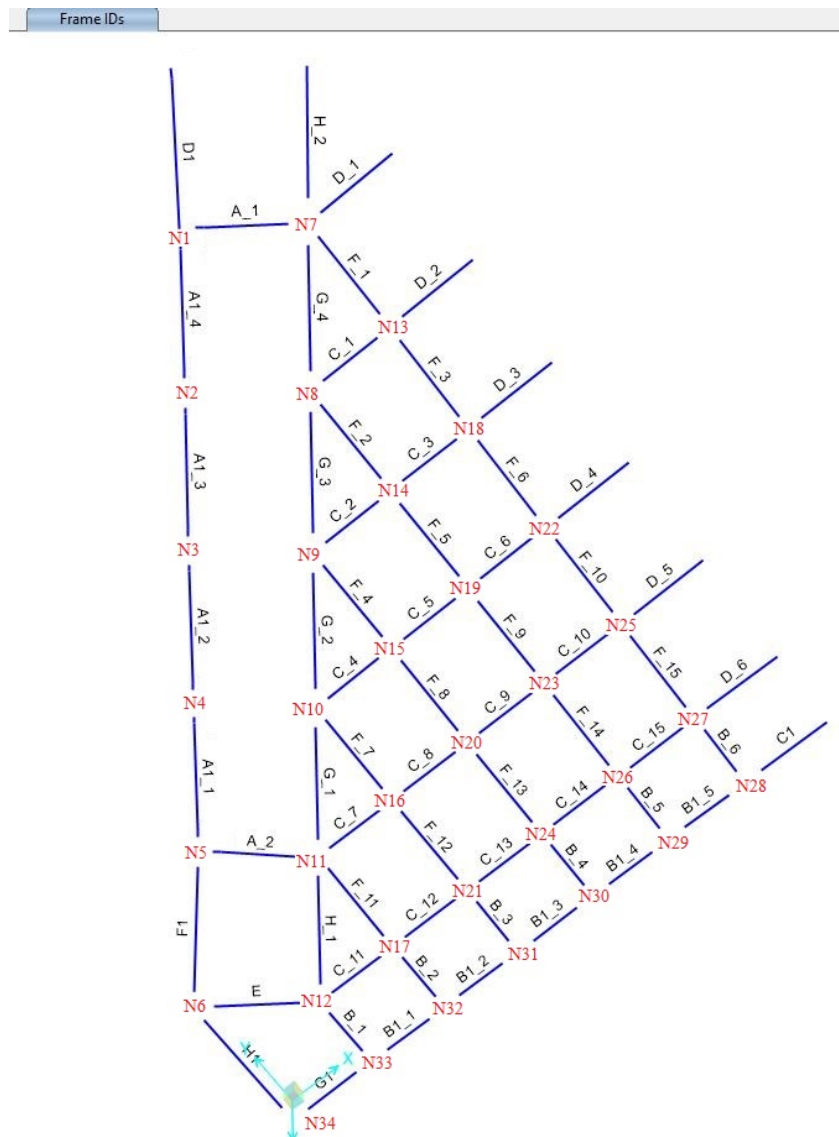
$M2_{Rd} = 4518.24$ KNm


$M3_{Rd} = 4891.96$ KNm

7.8 VERIFICHE DEI NODI

I nodi della struttura connettono i pali all'impalcato alla sovrastruttura e vengono realizzati con un getto in opera con cls di classe C35/45.

I nodi garantiscono, inoltre, la continuità delle travi; a tale scopo si prevede di connettere meccanicamente con manicotti certificati le armature strutturali superiori ed inferiori delle travi delle travi prefabbricate con spezzoni di barre ad L dello stesso diametro, di lunghezza complessiva 2.60 m, che si ancorano sulla faccia opposta del nodo. Tali armature di ancoraggio delle travi saranno racchiuse nella staffatura orizzontale del nodo. Le dimensioni dei nodi, ad esclusione di quelli in corrispondenza dello scivolo, risultano 170 cm x 170 cm con altezza 120 cm; i nodi della rampa hanno forma poligonale con ingombro in pianta superiore ed altezza 120 cm. La numerazione dei nodi nel modello di calcolo è la stessa di quella dei pali:



 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

7.8.1 Classifica dei nodi

Per la larghezza delle travi tutti i nodi, ad esclusione di N2, N3, N4 in cui convergono le travi A1 con $b=165$ cm, sono da considerarsi non interamente confinati. Nei nodi N2, N3, N4 convergono solo due travi per cui sono da considerare anch'essi non interamente confinati.


In base alla posizione nella struttura si distinguono i nodi interni da quelli esterni:

NODI	CONFINAMENTO	POSIZIONE
N1-N2-N3-N4-N5-N6	non interamente confinati	esterni
N7-N8-N9-N10-N11-N12-N13-N14-N15-N16-N17-N18-N19-N20-N21-N22- N23-N24-N25-N26-N27	non interamente confinati	interni
N28-N29-N30-N31-N32-N33-N34	non interamente confinati	esterni

Ai fini delle verifiche i nodi sono raggruppati per tipologia di trave convergente:

NODI	TRAVI CONVERGENTI	POSIZIONE
N1	A, A1, D1	esterno
N2-N3-N4	A1	
N5	A, A1, F1	
N6	E, F1, H1	
N7 (*)	A, D, F, G, H	interno
N8-N9-N10	C, F, G	
N11 (*)	A, C, F, G, H	
N12	B, C, E, H	
N13-N18-N22-N25	C, D, F	
N14-N15-N16-N19-N20-N23	C, F	
N17-N21-N24-N26	B, C	
N27	B, C, D, F	esterno
N28	B, B1, C1	
N29-N30-N31-N32	B, B1	
N33	B, B1, G1	
N34	H1, G1	

(*) Nei nodi N7, N11 convergono 5 travi; tali tipologie di nodi non sono trattate nelle NTC2018; si è comunque applicato lo stesso criterio di verifica dei nodi con 4 travi.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

7.8.2 Criteri di verifica

La domanda a taglio in direzione orizzontale agente nel nucleo di calcestruzzo del nodo è stata calcolata, per ciascuna direzione dell'azione sismica e in assenza di forza di taglio V_c sopra il nodo con le relazioni:

$$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{S1} + A_{S2}) \cdot f_{yd} \quad \text{per nodi interni}$$

$$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{S1} \cdot f_{yd} \quad \text{per nodi esterni}$$

Nelle relazioni il fattore di sovraresistenza $\gamma_{Rd}=1.1$ in CDB e A_{S1} ed A_{S2} sono l'area dell'armatura superiore ed inferiore della trave, mentre f_{yd} è la resistenza di calcolo dell'acciaio.

Per il calcolo della capacità a taglio del nodo si è fatto riferimento allo schema a traliccio suggerito al par. 7.4.4.3.1 delle NTC2018 costituito da un meccanismo di taglio compressione ed uno di taglio trazione.

La verifica a compressione del puntone diagonale di cls (verifica a taglio-compressione), in assenza di forza assiale v_c sopra al nodo, si esegue controllando che risulti:

$$V_{jbd} \leq \eta \cdot f_{cd} \cdot b_j \cdot h_{jc}$$

in cui:

$$\eta = \alpha_j \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

$\alpha_j=0.6$ per nodi interni e 0.48 per nodi esterni;

f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del cls;

h_{jc} è la distanza tra le giaciture più esterne delle armature del palo valutabile con la relazione (D è il diametro del palo e c il copriferro): $h_{jc} \cong D - 2c$;

b_j è la larghezza effettiva del nodo che si determina con la relazione (D è il diametro e b_t la larghezza della trave):

$$b_j = \min \left\{ \max[D; b_t]; \min \left[D + \frac{D}{2}; b_t + \frac{D}{2} \right] \right\}$$

Per la verifica della trazione diagonale del cls (verifica a taglio-trazione), affidando lo sforzo integralmente a staffe orizzontali, deve risultare, in assenza di forza assiale sopra il nodo:

$$A_{sh} \geq \gamma_{Rd} \cdot (A_{S1} + A_{S2}) \quad \text{per nodi interni}$$

$$A_{sh} \geq \gamma_{Rd} \cdot A_{S2} \cdot (1 - 0,8 v_d) \quad \text{per nodi esterni}$$


nelle quali:

A_{sh} è l'area totale della sezione delle staffe;

$\gamma_{Rd}=1.1$ fattore di sovraresistenza in CDB;

A_{S1} ed A_{S2} sono l'area dell'armatura superiore ed inferiore della trave;

v_d è la forza assiale normalizzata agente al di sotto del nodo, per i nodi esterni, valutabile con la relazione (N forza assiale, A_c area del palo, f_{cd} resistenza di progetto a compressione del cls del nodo): $v_d = \frac{N}{f_{cd} \cdot A_c}$.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

7.8.3 Nodi esterni

Nodo N1

trave di riferimento	A1
$A_{s1} = 7964 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 15928 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovraresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} = 3427.96 \text{ KN}$	domanda a taglio

Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.48$	nodo esterno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.41$	
$b_j = 1.65 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 19819.09 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$N = 603.05 \text{ KN}$	forza assiale al di sotto del nodo
$A_c = \pi D^2/4 = 1.77 \text{ m}^2$	area sezione trasversale del palo
$v_d = N / (f_{cd} A_c) = 0.016124$	forza assiale normalizzata al di sotto del nodo
$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2}(1 - 0.8v_d) = 17294.66 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2}(1 - 0.8v_d) / n_{st} A_{st} = 22$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 5.5 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 17593.45 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N1 si adottano n.22 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 5.5 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodi N2-N3-N4

trave di riferimento	A1
$A_{s1} = 7964 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 15928 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} = 3427.96 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.48$	nodo esterno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.41$	
$b_j = 1.65 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 19819.09 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$N = 1145.77 \text{ KN}$	forza assiale al di sotto del nodo
$A_c = \pi D^2/4 = 1.77 \text{ m}^2$	area sezione trasversale del palo
$v_d = N / (f_{cd} A_c) = 0.030634$	forza assiale normalizzata al di sotto del nodo
$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) = 17091.27 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) / n_{st} A_{st} = 22$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 5.5 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 17693.45 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per i nodi N2-N3-N4 si adottano n.22 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 5.5 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodo N5

trave di riferimento	A1
$A_{s1} = 7964 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 15928 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} = 3427.96 \text{ KN}$	domanda a taglio

Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.48$	nodo esterno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.41$	
$b_j = 1.65 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 19819.09 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$N = 1108.50 \text{ KN}$	forza assiale al di sotto del nodo
$A_c = \pi D^2/4 = 1.77 \text{ m}^2$	area sezione trasversale del palo
$v_d = N / (f_{cd} A_c) = 0.029638$	forza assiale normalizzata al di sotto del nodo
$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) = 17105.24 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) / n_{st} A_{st} = 22$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 5.5 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 17693.45 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N5 si adottano n.22 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 5.5 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodo N6

trave di riferimento	F1
$A_{s1} = 10619 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 10619 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} = 2704.50 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.48$	nodo esterno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.41$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 18017.35 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$N = 959.88 \text{ KN}$	forza assiale al di sotto del nodo
$A_c = \pi D^2/4 = 1.77 \text{ m}^2$	area sezione trasversale del palo
$v_d = N / (f_{cd} A_c) = 0.025664$	forza assiale normalizzata al di sotto del nodo
$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) = 11440.63 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8.0 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N6 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodo N28

trave di riferimento	C1
$A_{s1} = 7540 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 14778 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} = 3245.40 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.48$	nodo esterno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.41$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 18017.35 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$N = 176.88 \text{ KN}$	forza assiale al di sotto del nodo
$A_c = \pi D^2/4 = 1.77 \text{ m}^2$	area sezione trasversale del palo
$v_d = N / (f_{cd} A_c) = 0.004729$	forza assiale normalizzata al di sotto del nodo
$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) = 16194.36 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) / n_{st} A_{st} = 21$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 5.7 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 16889.20 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N28 si adottano n.21 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 5.7 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodi N29-N30-N31-N32

trave di riferimento	B1
$A_{s1} = 6283 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 10619 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} = 2704.50 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.48$	nodo esterno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.41$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 18017.35 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$N = 550.83 \text{ KN}$	forza assiale al di sotto del nodo
$A_c = \pi D^2/4 = 1.77 \text{ m}^2$	area sezione trasversale del palo
$v_d = N / (f_{cd} A_c) = 0.014727$	forza assiale normalizzata al di sotto del nodo
$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) = 11542.82 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8.0 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per i nodi N29-N30-N31-N32 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodo N33

trave di riferimento	B1
$A_{s1} = 6283 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 10619 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} = 2704.50 \text{ KN}$	domanda a taglio

Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.48$	nodo esterno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.41$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 18017.35 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$N = 609.54 \text{ KN}$	forza assiale al di sotto del nodo
$A_c = \pi D^2/4 = 1.77 \text{ m}^2$	area sezione trasversale del palo
$v_d = N / (f_{cd} A_c) = 0.016297$	forza assiale normalizzata al di sotto del nodo
$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) = 11528.16 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8.0 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N33 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodo N34

trave di riferimento	G1
$A_{s1} = 6283 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 10619 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} = 2704.50 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.48$	nodo esterno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.41$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 18017.35 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$N = 573.45 \text{ KN}$	forza assiale al di sotto del nodo
$A_c = \pi D^2/4 = 1.77 \text{ m}^2$	area sezione trasversale del palo
$v_d = N / (f_{cd} A_c) = 0.015332$	forza assiale normalizzata al di sotto del nodo
$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) = 11537.17 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s2} (1 - 0.8v_d) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8.0 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N34 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

7.8.4 Nodi interni

Nodo N7

trave di riferimento	D
$A_{s1} = 5309 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 10179 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} = 6666.60 \text{ KN}$	domanda a taglio

Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.6$	nodo interno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.51$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 22521.69 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 17036.86 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) / n_{st} A_{st} = 22$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 5.5 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 17693.45 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N7 si adottano n.22 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 5.5 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodo N8-N9-N10

trave di riferimento	C
$A_{s1} = 4072 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 6362 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovraresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} = 4490.82 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.6$	nodo interno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.51$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 22521.69 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 11476.55 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72.47 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per i nodi N8-N9-N10 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodo N11

trave di riferimento	A
$A_{s1} = 3534 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 7069 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} = 4563.85 \text{ KN}$	domanda a taglio

Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.6$	nodo interno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.51$	
$b_j = 1.25 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 18768.07 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 11663.16 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8.0 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N11 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodi N12

trave di riferimento	C
$A_{s1} = 4072 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 6362 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} = 4490.82 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.6$	nodo interno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.51$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 22521.69 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 11476.55 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N12 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodi N13-N18-N22-N25

trave di riferimento	D
$A_{s1} = 5309 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 10179 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovraresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} = 6666.60 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.6$	nodo interno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.51$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 22521.69 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 17036.86 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 6$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 1206.37 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 18095.57 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per i nodi N13-N18-N22-N25 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 6 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodi N14-N15-N16-N19-N20

trave di riferimento	C
$A_{s1} = 4072 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 6362 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovraresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} = 4490.82 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.6$	nodo interno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.51$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 22521.69 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 11476.55 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per i nodi N14-N15-N16-N19-N20 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodi N17-N21-N24-N26

trave di riferimento	C
$A_{s1} = 4072 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 6362 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} = 4490.82 \text{ KN}$	domanda a taglio

Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.6$	nodo interno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.51$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 22521.69 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 11476.55 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 4$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 804.25 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 12063.72 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per i nodi N17-N21-N24-N26 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 4 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Nodo N27

trave di riferimento	D
$A_{s1} = 5309 \text{ mm}^2$	area armatura superiore trave
$A_{s2} = 4071 \text{ mm}^2$	area armatura inferiore trave
$f_{yd} = 391.30 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo dell'acciaio
$\gamma_{Rd} = 1.1$	fattore di sovrarresistenza CDB
$V_{jbd} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd} = 6660.60 \text{ KN}$	domanda a taglio


Verifica a taglio-compressione (compressione puntone diagonale)

$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione del cls del nodo
$f_{cd} = 21.17 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a compressione del cls del nodo
$\alpha = 0.6$	nodo interno
$\eta = \alpha(1 - f_{ck}/250) = 0.51$	
$b_j = 1.5 \text{ m}$	larghezza del nodo
$D = 1.5 \text{ m}$	diametro del palo
$c = 55 \text{ mm}$	copriferro
$h_{jc} = D - 2c = 1.39 \text{ m}$	distanza tra le giaciture più esterne delle armature palo
$\eta f_{cd} b_j h_{jc} = 22521.69 \text{ KN}$	forza limite di compressione nel puntone diagonale
$V_{jbd} < \eta f_{cd} b_j h_{jc}$	verifica soddisfatta

Verifica a taglio-trazione (trazione diagonale del cls)

$A_{sh \text{ min}} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = 17036.86 \text{ mm}^2$	area totale minima della sezione delle staffe
$n_{st} = 6$	numero di bracci delle staffe
$\phi = 16 \text{ mm}$	diametro staffe
$A_{st} = 201.06 \text{ mm}^2$	area sezione trasversale barra singola staffa
$n_{st} A_{st} = 1206.37 \text{ mm}^2$	area di una staffa
$h_{nodo} = 120 \text{ cm}$	altezza del nodo
$N_{st} = \gamma_{Rd} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) / n_{st} A_{st} = 15$	numero totale di staffe nell'altezza del nodo
$p_{st} = h_{nodo} / N_{st} = 8 \text{ cm}$	passo staffe
$A_{sh} = N_{st} n_{st} A_{st} = 18095.57 \text{ mm}^2$	area totale della sezione delle staffe
$A_{sh} > A_{sh \text{ min}}$	verifica soddisfatta

Per il nodo N27 si adottano n.15 staffe orizzontali $\phi 16$ a 6 braccia con passo 8 cm per tutta l'altezza del nodo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO “E” E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

8. VERIFICHE GEOTECNICHE

In questo capitolo si presentano le necessarie verifiche degli stati limite di tipo geotecnico rispetto ai nuovi pali ed ai diaframmi del tratto E-F.

8.1 *QUADRO NORMATIVO*

In accordo alle NTC 2018, le verifiche di sicurezza sono svolte secondo il metodo semi-probabilistico con l'applicazione di coefficienti di sicurezza parziali, tenendo conto dei possibili Stati Limite Ultimi (SLU) e di esercizio (SLE) per le condizioni statiche e dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e di danno (SLD) per le condizioni sismiche.

La recente normativa ha introdotto una serie di novità sulle ipotesi da adottare nelle verifiche, che impattano significativamente sulle dimensioni delle opere in progetto. Fra queste:

le verifiche agli stati limite di tipo sismico si eseguono con parametri geotecnici caratteristici (fattori parziali γ_M unitari);

i coefficienti parziali sulle Resistenze per le verifiche geotecniche in condizioni sismiche assumono valori diversi dei corrispondenti valori in condizioni statiche;

8.1.1 Verifiche agli stati limite ultimi (SLU e SLV)

Per ogni stato limite ultimo è stato verificato il rispetto della condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore della azione (o dell'effetto dell'azione) di progetto e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Gli effetti delle azioni di progetto possono essere calcolati applicando il coefficiente di sicurezza parziale, o direttamente sulle azioni o sull'effetto finale:

$$E_d = E(\gamma_F F_k, X_k/\gamma_M, a_d) \quad \text{oppure} \quad E_d = \gamma_E E(F_k, X_k/\gamma_M, a_d)$$

con il seguente significato dei simboli

- E_d valore di progetto dell'azione o del suo effetto;
- F_k valore caratteristico di un'azione;
- X_k valori caratteristici delle proprietà dei materiali (o del terreno);
- a_d valori di progetto di un parametro geometrico;
- γ_F coefficienti parziali per le azioni;
- γ_E coefficienti parziali per gli effetti delle azioni;
- γ_M coefficiente parziali per i materiali.

Le resistenze R_d possono essere calcolate in modi distinti che si differenziano per come agisce il coefficiente di sicurezza parziale: sulle azioni, sull'effetto delle azioni o su entrambe:

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

$$R_d = R(\gamma_F F_k, X_k/\gamma_M, a_d)/\gamma_R$$

dove oltre ai precedenti simboli si considerano i seguenti:

- R_d valore di progetto della resistenza;
- γ_R coefficienti parziali per le resistenze.

Le NTC2018 stabiliscono uno specifico approccio progettuale per ogni opera o verifica geotecnica tra due possibili, Approccio 1 e Approccio 2, recependoli dall'Eurocodice 7. Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti, ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti. Per ciascuna combinazione prevista, sono prescritti i coefficienti parziali definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze nelle verifiche in condizioni statiche (R1, R2 e R3), riassunti nelle successive tabelle.

Tabella 1: Coefficienti parziali sulle azioni caratteristiche (o sull'effetto delle azioni caratteristiche): γ_F (o γ_E).


Carichi	Effetto	Coefficiente parziale	A1	A2
Permanenti	Sfav.	γ_{G1}	1,3	1,0
	Fav.	γ_{G1}	1,0	1,0
Permanenti non strutturali	Sfav.	γ_{G2}	1,5	1,3
	Fav.	γ_{G2}	0	0
Variabili	Sfav.	γ_{Qi}	1,5	1,3
	Fav.	γ_{Qi}	0	0

Tabella 2: Coefficienti parziali sui parametri caratteristici del terreno: γ_M

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coeff. parziale	Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente della resistenza a taglio	φ'	$\gamma_{\varphi'}$	1	1,25
Coesione efficace	c'	$\gamma_{c'}$	1	1,25
Resistenza non drenata	c_u	γ_{c_u}	1	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1	1

Tabella 3: Coefficienti parziali sulle resistenze caratteristiche per pali di fondazione: γ_R

Resistenza	Simbolo	Pali Infissi	Pali Trivellati	Pali ad elica continua

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA			Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
				Data : LUGLIO 2024

(*) Da

	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto

Tabella 4: Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali di fondazione in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,7	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,7	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tabella 5: Coefficienti parziali sulle resistenze caratteristiche per pali soggetti a carichi trasversali: γ

Simbolo	Coefficiente parziale (R3)
γ_T	1,3

8.1.2 Approcci e combinazioni utilizzate per le verifiche

Nell'ambito delle scelte consentite dalla Norma, le verifiche in condizioni statiche e sismiche sono eseguite come di seguito specificato:

- capacità portante delle fondazioni su pali: Approccio 2 – A1+M1+R3;

Inoltre, nella combinazione delle azioni per le verifiche sismiche le azioni vengono combinate senza amplificare i carichi permanenti ed utilizzando il coefficiente di combinazione per gli eventuali carichi variabili, come previsto al § 2.5.2. delle NTC2018.

8.2 GEOMETRIA DELLA FONDAZIONI

I pali previsti per il nuovo banchinamento sono di calcestruzzo con diametro circa 1575 mm, la realizzazione prevede preliminarmente l'infissione di un lamierino in acciaio al fine sia di trivellare internamente il materiale sabbioso sia poter eseguire il getto al di sopra del fondale. Il lamierino si svilupperà fino a circa 3m di profondità dalla quota del fondale attuale (da +0,60m lmm a -17,00m lmm). Per la restante parte (da da -17,00m lmm a -34,50m lmm) si prevede, per la realizzazione dei pali, l'utilizzo di fanghi bentonitici. I pali



presentano interasse variabile (da 8,74m a 5,37m) e sono intestati tutti alla quota di -34,5 m su l.m.m. Nella parte perimetrale, il nuovo solettone poggerà sui diaframmi esistenti delle banchine E ed F. In Figura 8.1 si riporta la planimetria dei nuovi pali di fondazione e l'ubicazione delle banchine esistenti.



Figura 8.1 – Planimetria di fondazione

I diaframmi delle banchine esistenti si sviluppano da +3,4 m lmm a -23,6m da l.m.m. hanno una sezione a "T" di larghezza pari a 3m. In Figura 8.2 si riporta la sezione tipo della banchina esistente e la geometria del diaframma di banchina.

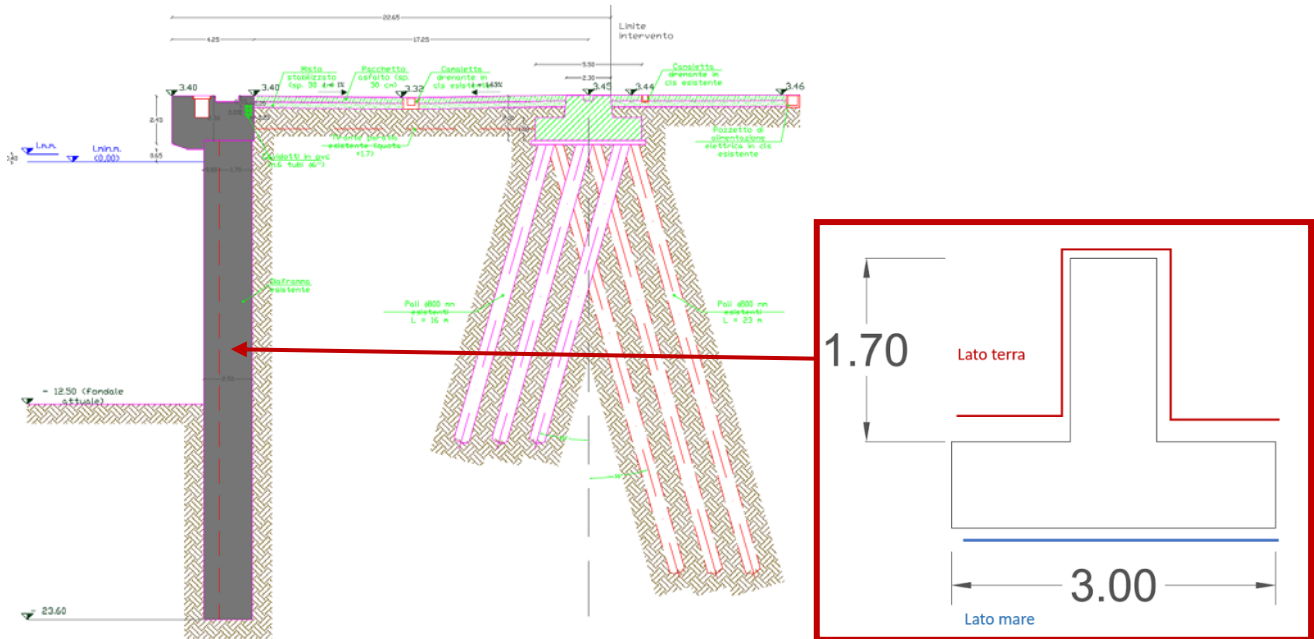


Figura 8.2 – sezione della banchina esistente e geometria dei diaframmi

8.3 VERIFICA AI CARICHI VERTICALI

La resistenza di un palo di fondazione si compone di due aliquote: la resistenza alla punta e la resistenza laterale. Una serie ormai molto ampia di osservazioni presenti in letteratura su pali in vera grandezza di grande diametro mostra che la resistenza laterale di un palo raggiunge il suo valore limite in corrispondenza di cedimenti relativamente ridotti, dell'ordine di 1 cm, mentre la resistenza alla punta, al contrario, si mobilita per spostamenti più ampi, proporzionali al diametro del palo e dell'ordine del 25% per i pali trivellati. La progettazione di pali di grande diametro richiede quindi, in buona sostanza, un approccio prestazionale.

Questo criterio progettuale viene tradizionalmente tradotto nella limitazione della resistenza alla punta attraverso l'uso di valori di soglia limite per la stima della resistenza unitaria alla punta del palo (Wright e Reese, 1979, Figura 8.3) o nell'uso di un fattore di stabilità N_q^* ridotto corrispondente all'insorgenza delle prime deformazioni plastiche alla punta che si manifestano per cedimenti del 6-10% del diametro del palo (Berezantzev 1965, Figura 8.3). Pertanto, nei terreni granulari la resistenza unitaria alla punta viene valutata come:

$$q_p = N_q^* \cdot \sigma'_v$$

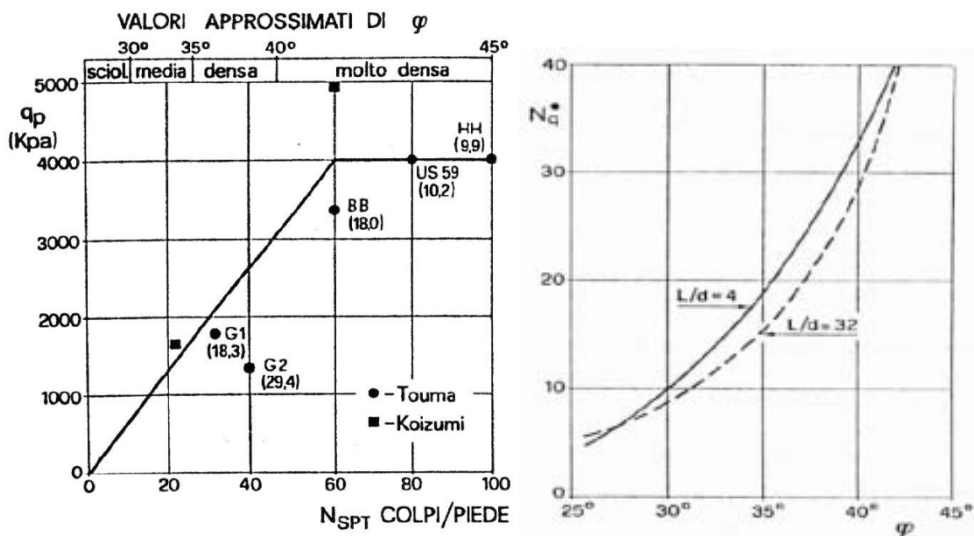


Figura 8.3 – Pali di grande diametro: a sx) valori limite mobilitati per un cedimento del 5% del palo; a dx) valori del coefficiente di stabilità N_q^* ridotto secondo Berezantzev, 1965

Dunque la portata complessiva alla punta vale:

$$Q_p = A_p q_p,$$

dove con A_p si è indicata l'area della sezione del palo.

La portata laterale viene calcolata sempre in condizioni drenate (metodo beta), secondo uno schema puramente attritivo, perché lo spessore di terreno coinvolto nella mobilitazione della resistenza al taglio sul fusto del palo è dell'ordine del diametro del palo, e le condizioni drenate si raggiungono rapidamente. Nel metodo beta la resistenza laterale unitaria (q_s) viene posta nel modo seguente:

$$q_s = k \mu \sigma'_{vz}$$

dove σ'_{vz} è la tensione verticale efficace agente alla profondità di calcolo della relativa portata laterale e k e μ sono due coefficienti dipendenti dal tipo di palo e di terreno (Tabella 8.6).

Tabella 8.6. Valori dei coefficienti k e μ

Tipo di palo	Valori di k per stato di addensamento		Valori di μ
	sciolto	denso	
Battuto: Profilato d'acciaio	0,7	1,0	$\text{tg}20^\circ = 0,36$
Tubo d'acciaio chiuso	1,0	2,0	
Calcestruzzo prefabbricato	1,0	2,0	$\text{tg}(3\phi/4)$
Calcestruzzo gettato in opera	1,0	3,0	
Trivellato	0,5	0,4	$\text{tg}\phi$
Trivellato-pressato con elica continua	0,7	0,9	$\text{tg}\phi$

Secondo Wright e Reese, per pali trivellati in cls, la resistenza laterale unitaria deve essere messa a confronto con i valori limite riportati in funzione di N_{SPT} (Figura 8.4), assumendo per il progetto il minore dei due. In Figura 8.5, invece, le raccomandazioni API nel caso tubolari in acciaio infissi dalle quali si può estrapolare le resistenze limite (laterale e punta).

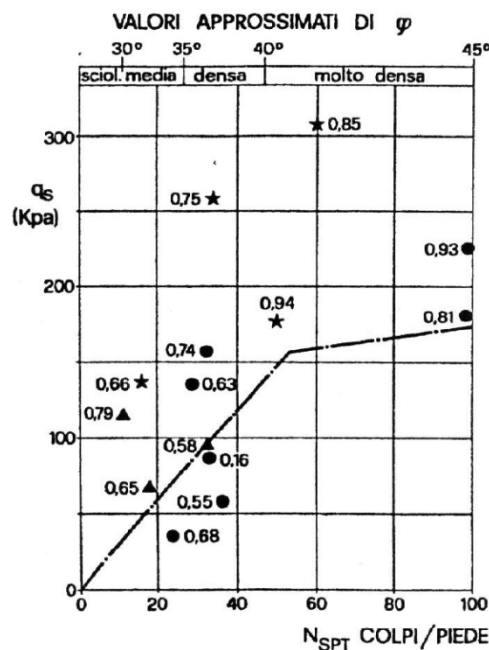


Figura 8.4 – Valori di q_s limite secondo Wright e Reese (1977), per pali in CLS

Relative Density ²	Soil Description	Shaft Friction Factor ³ β (-)	Limiting Shaft Friction Values kips/ft ² (kPa)	End Bearing Factor N_q (-)	Limiting Unit End Bearing Values kips/ft ² (MPa)
Very Loose Loose Loose Medium Dense Dense	Sand Sand Sand-Silt ⁴ Silt Silt	Not Applicable ⁵	Not Applicable ⁵	Not Applicable ⁵	Not Applicable ⁵
Medium Dense	Sand-Silt ⁴	0.29	1.4 (67)	12	60 (3)
Medium Dense Dense	Sand Sand-Silt ⁴	0.37	1.7 (81)	20	100 (5)
Dense Very Dense	Sand Sand-Silt ⁴	0.46	2.0 (96)	40	200 (10)
Very Dense	Sand	0.56	2.4 (115)	50	250 (12)

¹ The parameters listed in this table are intended as guidelines only. Where detailed information such as CPT records, strength tests on high quality samples, model tests, or pile driving performance is available, other values may be justified.

² The following definitions for relative density description are applicable:

Description	Relative Density [%]
Very Loose	0 – 15
Loose	15 – 35
Medium Dense	35 – 65
Dense	65 – 85
Very Dense	85 – 100

³ The shaft friction factor β (equivalent to the “K tan δ ” term used in previous editions of API RP 2A-WSD) is introduced in this edition to avoid confusion with the δ parameter used in the Commentary.

⁴ Sand-Silt includes those soils with significant fractions of both sand and silt. Strength values generally increase with increasing sand fractions and decrease with increasing silt fractions.

⁵ Design parameters given in previous editions of API RP 2A-WSD for these soil/relative density combinations may be unconservative. Hence it is recommended to use CPT-based methods from the Commentary for these soils.

Figura 8.5 – parametri di progetto suggeriti dalle linee guida API 2007 per il dimensionamento di pali infissi in terreni granulari

La portata laterale complessiva, in definitiva, si ottiene integrando la portata unitaria sulla superficie laterale del palo:

$$Q_s = \int_0^L \pi \cdot D \cdot q_s(z) \cdot dz$$

Determinata quindi la portata complessiva del palo alla punta (Q_p) e laterale (Q_s), si possono determinare i valori caratteristici delle resistenze alla punta (R_{bk}) e laterale (R_{sk}) dividendo le portate prima determinate per il coefficiente di correlazione ξ ; i valori di progetto, alla punta (R_{bd}) e laterale (R_{sd}), si ottengono infine, dividendo quelli caratteristici per il rispettivo coefficiente parziale di sicurezza γ .

Le valutazioni della resistenza limite laterale sono state condotte ad un funzionamento a “*palo singolo*” (essendo l’interasse tra i pali $i > \pi/2 \cdot D$, Figura 8.6).

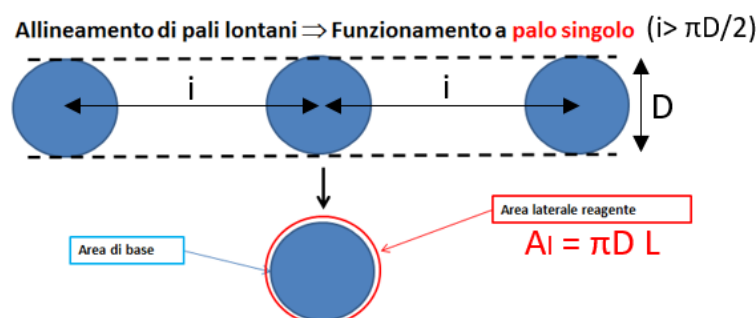



Figura 8.6 – Schema concettuale per il calcolo delle resistenze limite geotecniche delle fondazioni profonde

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

8.4 VERIFICA AI CARICHI ORIZZONTALI

La metodologia classica per la determinazione della resistenza limite di fondazioni profonde soggette a carichi orizzontali fa riferimento alla teoria di Broms (1964). In tale metodo si assume una distribuzione della pressione passiva limite del terreno formalmente analoga a quanto si fa in condizioni piane, ma con coefficienti di spinta modificati per tener conto della tridimensionalità del volume coinvolto dalla rottura. In Figura 8.7 sono mostrati i diagrammi della pressione limite del terreno per un palo soggetto a spostamento orizzontale in terreno omogeneo coesivo (diagrammi 1 e 2) o granulare (diagramma 3) secondo Broms (1964).

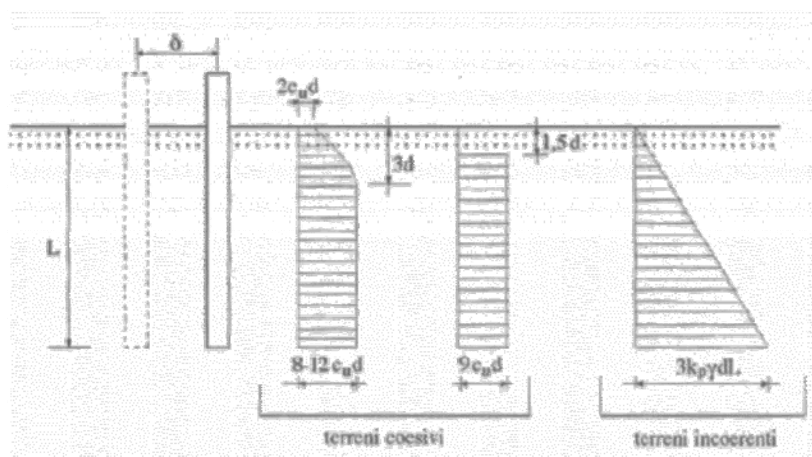


Figura 8.7 – Pressioni limite del terreno per palo soggetto a spostamento orizzontale in terreno omogeneo coesivo (diagrammi 1 e 2) o granulare (diagramma 3) secondo Broms (1964) (da Viggiani – Fondazioni)

Considerando i pali in questione come “incastri in testa” (ipotesi realistica vista la presenza del solettone in testa), per poter applicare il metodo è necessario distinguere un comportamento detto di “palo corto” in cui la rottura avviene completamente nel terreno, da un comportamento di “palo intermedio” in cui si ha la formazione di una cerniera plastica in testa al palo, da un comportamento di “palo lungo” in cui si ha la formazione di due cerniere plastiche, ovvero una in testa al palo e un’altra lungo il fusto del palo: in tale evenienza la rottura geotecnica si concentra nella zona al di sopra della rottura strutturale lungo il fusto (Figura 8.8).

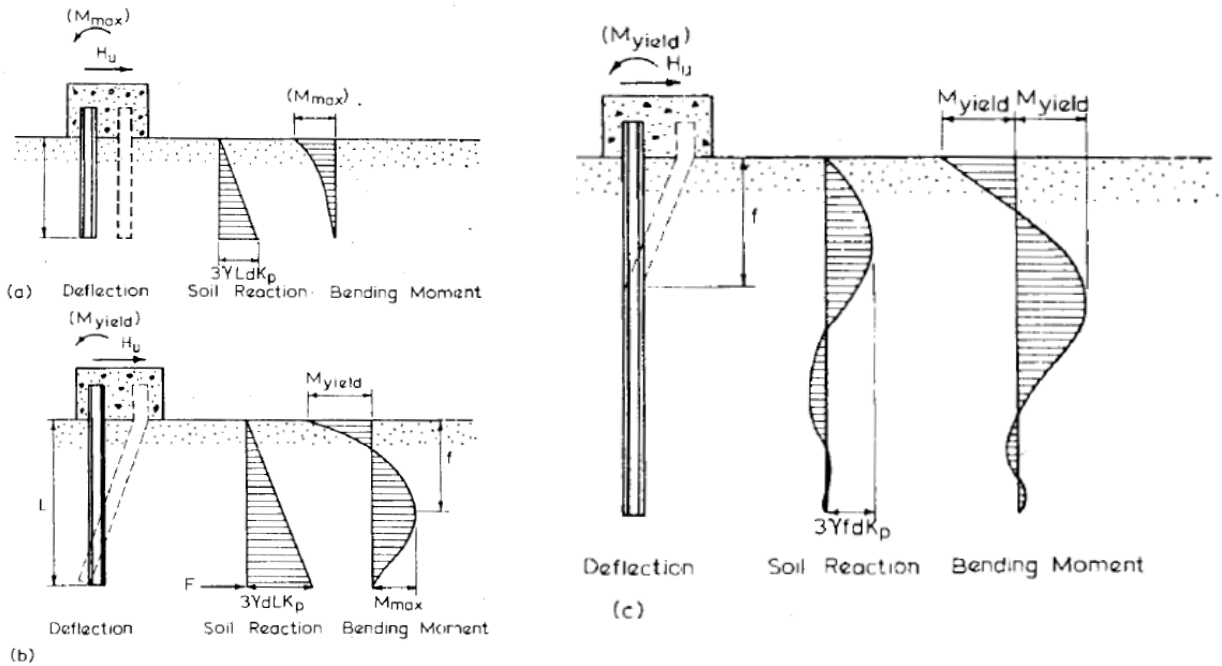


Figura 8.8 – Cinematismi di “palo corto”, “intermedio” e di “palo lungo” in terreno granulare per impedito di ruotare in testa, secondo Broms (1964)

Da considerazioni di equilibrio ed imponendo il non superamento del momento di plasticizzazione della sezione strutturale, le seguenti equazioni permettono di ricavare il carico limite in un terreno granulare omogeneo ed asciutto per il cinematismo di “palo corto”, “palo intermedio” e “palo lungo” impedito di ruotare in testa:

Palo corto	$\frac{H}{k_p \gamma d^3} = 1,5 \left(\frac{L}{d} \right)^2$
Palo intermedio	$\frac{H}{k_p \gamma d^3} = \frac{1}{2} \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \frac{d}{L}$
Palo lungo	$\frac{H}{k_p \gamma d^3} = \sqrt[3]{\left(3,676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$

Per pali liberi di ruotare in testa invece si hanno le correlazioni di Figura 8.9 dove H è il carico limite orizzontale, e la porzione di palo eventualmente fuori dal terreno, γ il peso di volume del terreno (γ' se terreno sommerso), K_p il coefficiente di spinta passivo, d ed L rispettivamente il diametro e la lunghezza infissa del palo, M_y il momento di plasticizzazione della sezione.



$$H_1 = \frac{d}{2(e+L)} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^3$$

$$\frac{H_2}{k_p \gamma d^3} \left(\frac{e}{d} + 0,544 \sqrt{\frac{H_2}{k_p \gamma d^3}} \right) = \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}$$

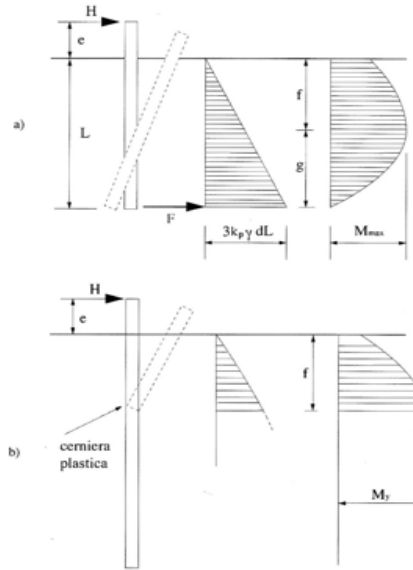


Figura 8.9 – Cinematismi di “palo corto” e di “palo lungo” in terreno granulare per pali liberi di ruotare in testa, secondo Broms (1964)

Per lo svolgimento della verifica, è agevole fare riferimento all’abaco di Figura 8.10 che, sviluppato secondo le ipotesi di Broms, permette la determinazione del carico orizzontale limite H di un palo lungo in funzione del momento plastico della sezione strutturale, della resistenza del terreno e, se del caso, dell’eccentricità e.

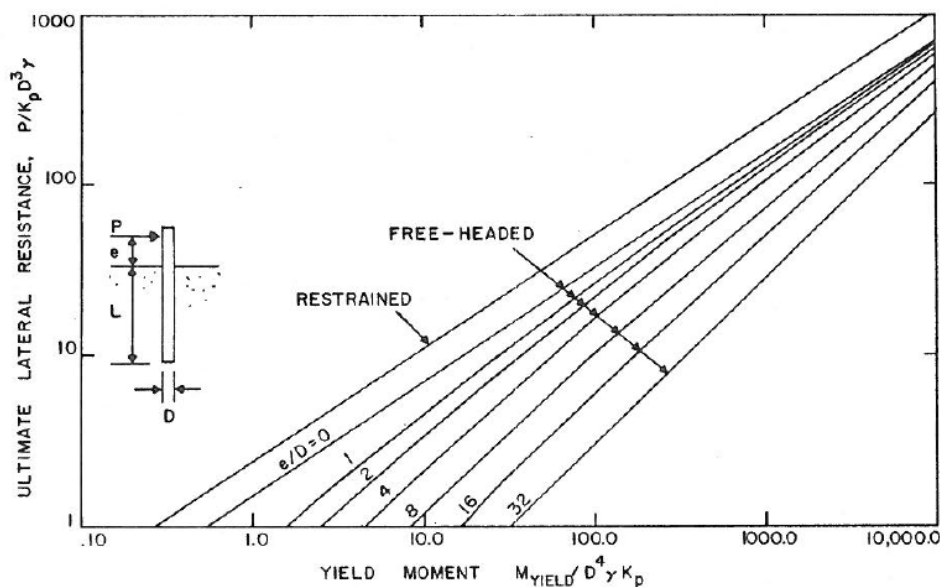


Figura 8.10 – Valore limite di H per pali lunghi in terreni incoerenti (Broms 1964).

Il diagramma proposto, di per sé, non permette una diretta determinazione del carico limite di un palo incastrato in testa in cui il carico è applicato ad una certa altezza dalla testa (eccentricità). Pertanto, nel caso in esame, volendo considerare la presenza dell’eccentricità (distanza tra quota tra solettone e fondale)

sul carico limite, ci si è ricondotti ad una situazione dove il palo è lungo e impedito di ruotare in testa, con un incastro posizionato al di sopra del piano campagna di una quantità pari all'altezza 16,6m; si è osservato che tale situazione equivale a considerare un palo libero di ruotare in testa con momento resistente doppio a quello reale (Figura 8.11).

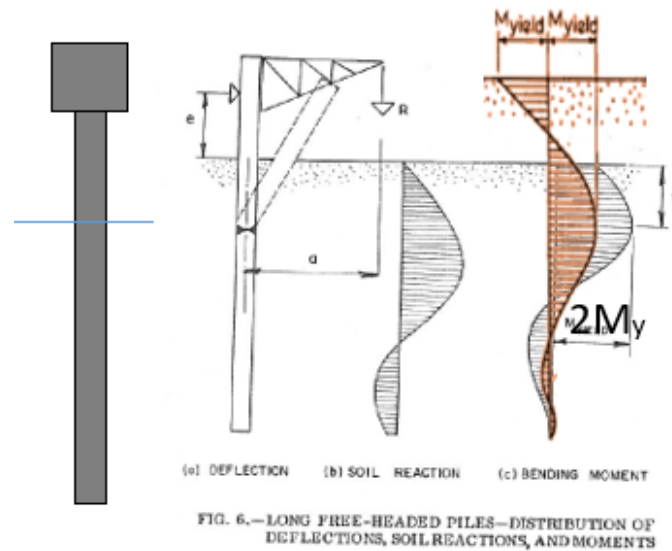



Figura 8.11 – schema per calcolo di palo incastrato in testa con eccentricità.

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

8.5 MODELLO GEOTECNICO E CRITERI DI PROGETTAZIONE

8.5.1 Sinottico dei parametri geotecnici.

La sequenza stratigrafica e le caratteristiche meccaniche dei terreni necessari allo studio delle opere in progetto sono state definite sulla base dei dati di indagine disponibili, costituiti dalle prove in sito, prove di laboratorio e da ulteriori dati raccolti all'interno dell'area portuale in occasione di altri interventi.


Da un punto di vista geotecnico i terreni presenti nel volume significativo sono tutti di natura incoerente con buono stato di addensamento e caratteristiche meccaniche.

Considerato quanto osservato dai dati disponibili, si è deciso di utilizzare un modello stratigrafico costituito da due Unità Geotecniche definibili rispettivamente, dalla più superficiale alla più profonda, "UNITA' A – Sabbie medio-grosse" e "UNITA' B – Sabbie medio-fini limose".

In Tabella 8-7 è presentato il quadro sinottico dei parametri geotecnici ottenuti dalle diverse prove. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione di caratterizzazione (PR-103-00-GEO).

Tabella 8-7. Quadro sinottico delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni presenti

				Sabbie medio-grosse (Unità A)	Sabbie medio-fini limose (Unità B)
Peso di volume	γ	[kN/m ³]		19,0	19,0
Densità relativa	DR	[%]		55-80	55-65
Parametri di resistenza in tensioni efficaci	da SPT	φ'	[°]	35-43	33-39
	da DMT	φ'	[°]	-	33
	da taglio diretto	φ'_{p}	[°]	-	40
		φ'_{vc}	[°]	35	35
Modulo di taglio a piccole deformazioni	da colonna risonante	G₀	[MPa]	-	184-216
Modulo elastico operativo	da SPT	E'	[MPa]	25-35	30-45
	da DMT	E'	[MPa]	-	70
Modulo edometrico	da DMT	M	[MPa]	-	100

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Il modello geotecnico di sottosuolo per il calcolo della portanza dei pali e dei diaframmi risulta dallo schema stratigrafico di (Figura 8.12) unitamente ai parametri geotecnici caratteristici sintetizzati in Tabella 8.8. Nella stessa tabella sono riportati anche i valori dei coefficienti adottati per il calcolo della portanza dei pali.

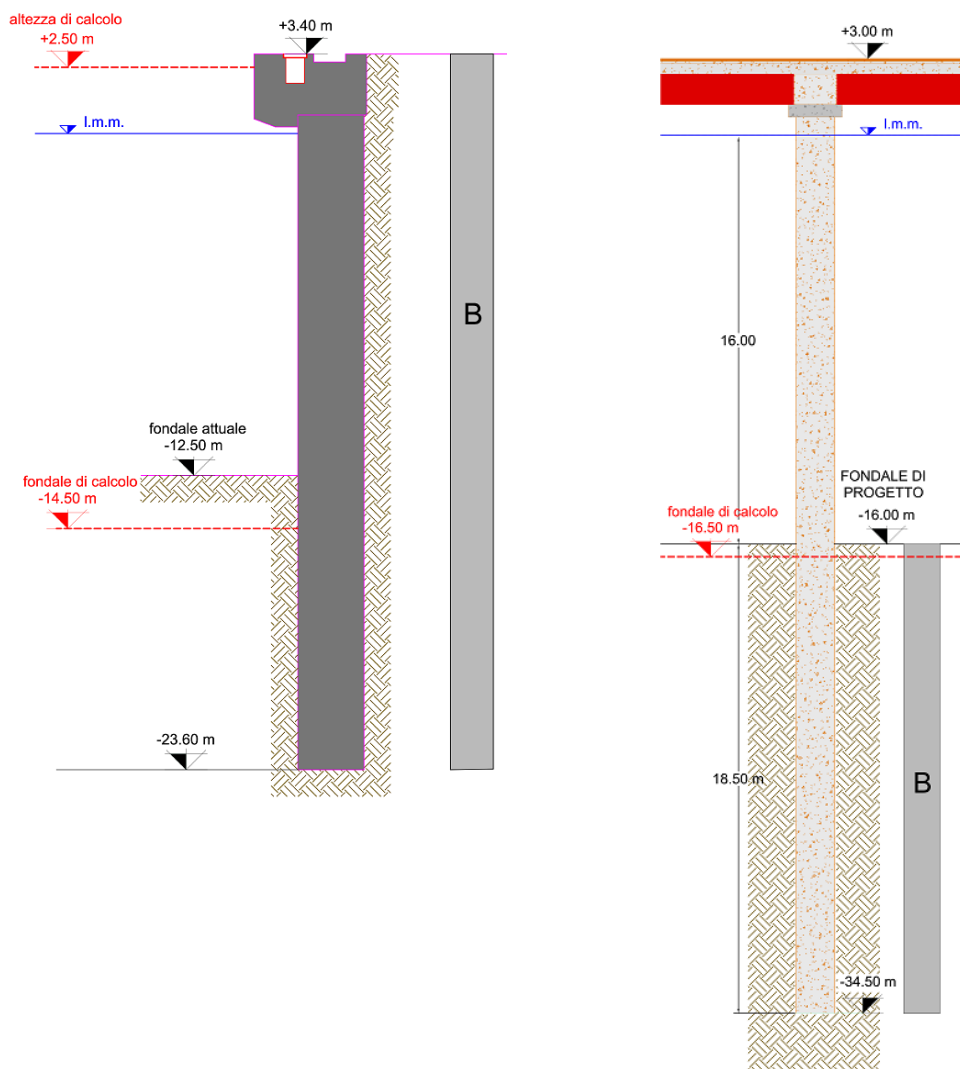



Figura 8.12 – schema stratigrafico (a sinistra i diaframmi esistenti e a destra i pali di progetto)

La portata ai carichi verticali dei nuovi pali è stata definita seguendo i seguenti criteri di progettazione:

- Il palo viene considerato infisso in un terreno granulare denso, e la portata laterale viene quindi calcolata considerando una profondità di infissione nelle sabbie fini pari a 18m (cautelativamente da -16,5 m l.m.m. a -34,5m l.m.m.).
- Lo stato tensionale è calcolato a partire dal fondale (-16,5 m l.m.m.).

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

La portata ai carichi verticali dei diaframmi esistenti è stata definita seguendo i seguenti criteri di progettazione:

- Il diaframma viene considerato trivellato in un terreno granulare denso, e la portata laterale viene quindi calcolata considerando una profondità pari a 9,1m (cautelativamente da -14,5m l.m.m. a -23,6m l.m.m.).
- Per tener conto del diverso stato tensionale a cui è soggetto il diaframma, la portata laterale viene calcolata considerando due contributi; quello di monte (68% dell'area laterale) con stato tensionale da piano campagna (cautelativamente a +2,5m l.m.m.) e quello di valle (32% dell'area laterale) con stato tensionale da fondale (cautelativamente a -14,5m l.m.m.);
- La portata laterale di valle viene calcolata considerando solo la porzione di diaframma al di sopra del fondale di progetto (-14,5m da l.m.m.);
- La portata alla punta viene calcolata con lo stato tensionale da fondale attuale (cautelativamente a -14,5m l.m.m.).

In Figura 8.13 lo schema di riferimento per il calcolo della portata dei pali e dei diaframmi, mentre Tabella 8.8 la sintesi dei parametri adottati.

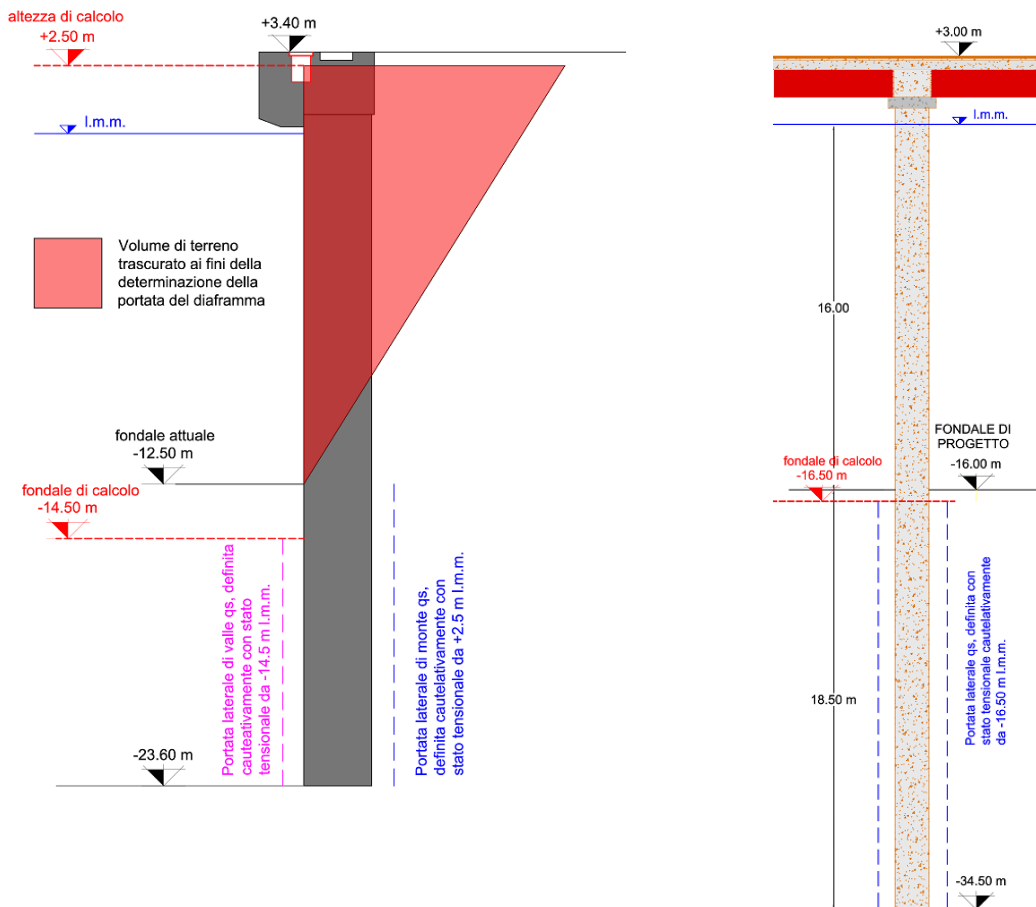


Figura 8.13 – Schema di riferimento per il calcolo della portata dei diaframmi esistenti (sinistra) e dei pali (a destra)

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <hr/> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Tabella 8.8. Parametri per il calcolo per portata pali

	γ [kN/m ³]	φ_k' [°]	k [-]	μ [-]	q_{slim} [kPa]	q_{plim} [kPa]	tipo
Unità B	18,5	38	1,0	0,36	80,0	5.000	Pali Nuovi in acciaio
Unità B	18,5	38	0,4	0,78	100,0	4.000	Diaframmi esistenti

8.6 AZIONI

Di seguito vengono sintetizzate le risultanti delle sollecitazioni agenti in testa ai pali di fondazione adottate per le verifiche geotecniche. In verde sono evidenziate le due combinazioni adottate per le verifiche.

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	V= (V2^2+V3^2)^0.5
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
Pulvino 1	0,5	SLE RARA-2	Combination		1311,577	10,561	45,844	47,04
Pulvino 1	0,5	SLE RARA-1	Combination		1617,075	16,001	54,597	56,89
Pulvino 1	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1043,403	51,801	24,187	57,17
Pulvino 1	0,5	SLU-2	Combination		1840,679	16,748	64,015	66,17
Pulvino 1	0,5	SLU-1	Combination		2298,927	24,908	77,143	81,06
Pulvino 1	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	856,067	56,064	91,039	106,92
Pulvino 1	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1241,294	94,573	74,297	120,27
Pulvino 1	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1365,423	104,031	81,726	132,29
Pulvino 1	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	658,177	98,836	141,148	172,31
Pulvino 1	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	723,994	108,72	155,263	189,54
Pulvino 2	0,5	SLU-1	Combination		3568,333	46,958	49,757	68,42
Pulvino 2	0,5	SLE RARA-1	Combination		2545,256	31,942	34,53	47,04
Pulvino 2	0,5	SLU-2	Combination		2979,475	35,274	39,326	52,83
Pulvino 2	0,5	SLE RARA-2	Combination		2152,684	24,153	27,576	36,66
Pulvino 2	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1200,9	131,929	138,006	190,92
Pulvino 2	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2090,806	105	102,598	146,80
Pulvino 2	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1538,119	74,925	81,427	110,65
Pulvino 2	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1753,587	47,996	46,018	66,49
Pulvino 2	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1320,99	145,122	151,807	210,01
Pulvino 2	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2299,886	115,5	112,858	161,48
Pulvino 3	0,5	SLU-1	Combination		3605,845	51,447	40,929	65,74
Pulvino 3	0,5	SLE RARA-1	Combination		2573,683	35,232	28,049	45,03
Pulvino 3	0,5	SLU-2	Combination		3020,213	39,145	31,131	50,01
Pulvino 3	0,5	SLE RARA-2	Combination		2183,262	27,03	21,517	34,55
Pulvino 3	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1134,711	150,89	134,212	201,94
Pulvino 3	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2196,727	119,117	108,694	161,26
Pulvino 3	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1543,31	83,99	78,216	114,77
Pulvino 3	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1788,128	52,217	52,698	74,19
Pulvino 3	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1248,182	165,979	147,633	222,14
Pulvino 3	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2416,4	131,028	119,563	177,38
Pulvino 4	0,5	SLU-1	Combination		3605,225	45,928	39,045	60,28
Pulvino 4	0,5	SLE RARA-1	Combination		2569,978	31,391	26,74	41,24
Pulvino 4	0,5	SLU-2	Combination		3011,556	34,726	29,605	45,63
Pulvino 4	0,5	SLE RARA-2	Combination		2174,199	23,924	20,446	31,47
Pulvino 4	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1091,365	158,705	136,515	209,34
Pulvino 4	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2215,077	131,238	111,909	172,47
Pulvino 4	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1530,902	86,953	81,317	119,05
Pulvino 4	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1775,54	59,486	56,711	82,19
Pulvino 4	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1200,502	174,576	150,166	230,28
Pulvino 4	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2436,585	144,362	123,1	189,72

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	V= (V2^2+V3^2)^0.5
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
Pulvino 5	0,5	SLU-1	Combination		3738,949	39,583	30,4	49,91
Pulvino 5	0,5	SLE RARA-1	Combination		2662,181	27,023	20,781	34,09
Pulvino 5	0,5	SLU-2	Combination		3123,045	29,733	23,155	37,69
Pulvino 5	0,5	SLE RARA-2	Combination		2251,579	20,457	15,951	25,94
Pulvino 5	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1163,629	162,222	154,606	224,10
Pulvino 5	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2275,42	138,758	135,325	193,82
Pulvino 5	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1565,442	86,682	87,969	123,50
Pulvino 5	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1873,606	63,219	68,689	93,35
Pulvino 5	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1279,992	178,444	170,066	246,50
Pulvino 5	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2502,961	152,634	148,858	213,20
Pulvino 6	0,5	SLU-1	Combination		3068,991	33,077	1,516	33,11
Pulvino 6	0,5	SLE RARA-1	Combination		2195,106	22,689	1,25	22,72
Pulvino 6	0,5	SLU-2	Combination		2617,564	25,016	1,849	25,08
Pulvino 6	0,5	SLE RARA-2	Combination		1894,155	17,315	1,472	17,38
Pulvino 6	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1015,005	182,949	196,637	268,58
Pulvino 6	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1937,865	161,651	199,617	256,86
Pulvino 6	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1278,621	96,747	101,549	140,26
Pulvino 6	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1674,249	75,448	104,529	128,91
Pulvino 6	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1116,506	201,244	216,301	295,44
Pulvino 6	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2131,651	177,816	219,579	282,55
Pulvino 7	0,5	SLU-1	Combination		3145,8	71,785	16,107	73,57
Pulvino 7	0,5	SLE RARA-1	Combination		2179,464	51,569	11,698	52,88
Pulvino 7	0,5	SLU-2	Combination		2473,237	61,109	14,197	62,74
Pulvino 7	0,5	SLE RARA-2	Combination		1731,089	44,451	10,425	45,66
Pulvino 7	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	865,873	73,37	120,194	140,82
Pulvino 7	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1376,685	143,892	102,784	176,83
Pulvino 7	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1064,226	22,001	69,378	72,78
Pulvino 7	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1178,332	92,523	51,968	106,12
Pulvino 7	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	952,46	80,707	132,213	154,90
Pulvino 7	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1514,354	158,282	113,062	194,52
Pulvino 8	0,5	SLU-1	Combination		4630,834	24,574	8,065	25,86
Pulvino 8	0,5	SLE RARA-1	Combination		3255,559	17,599	5,616	18,47
Pulvino 8	0,5	SLU-2	Combination		3761,179	20,378	6,206	21,30
Pulvino 8	0,5	SLE RARA-2	Combination		2675,789	14,801	4,377	15,43
Pulvino 8	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1481,414	120,965	120,51	170,75
Pulvino 8	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2316,271	143,417	125,699	190,71
Pulvino 8	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1831,999	55,006	63,149	83,75
Pulvino 8	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1965,686	77,458	68,338	103,29
Pulvino 8	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1629,555	133,062	132,561	187,82
Pulvino 8	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2547,898	157,759	138,269	209,78
Pulvino 9	0,5	SLU-1	Combination		4616,618	11,61	9,73	15,15
Pulvino 9	0,5	SLE RARA-1	Combination		3248,451	8,148	6,854	10,65
Pulvino 9	0,5	SLU-2	Combination		3753,885	8,906	7,677	11,76
Pulvino 9	0,5	SLE RARA-2	Combination		2673,295	6,346	5,485	8,39
Pulvino 9	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1403,986	145,526	127,073	193,20
Pulvino 9	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2409,081	153,52	134,102	203,84
Pulvino 9	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1832,51	69,158	66,869	96,20
Pulvino 9	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1980,557	77,153	73,898	106,83
Pulvino 9	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1544,385	160,078	139,78	212,52
Pulvino 9	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2649,989	168,872	147,512	224,23

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	V= (V2^2+V3^2)^0.5
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
Pulvino 10	0,5	SLU-1	Combination		4509,587	12,464	7,393	14,49
Pulvino 10	0,5	SLE RARA-1	Combination		3170,66	8,749	5,19	10,17
Pulvino 10	0,5	SLU-2	Combination		3660,963	9,682	5,699	11,23
Pulvino 10	0,5	SLE RARA-2	Combination		2604,911	6,894	4,061	8,00
Pulvino 10	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1324,704	148,437	137,359	202,24
Pulvino 10	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2378,349	157,426	142,159	212,11
Pulvino 10	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1774,03	71,798	72,701	102,18
Pulvino 10	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1929,023	80,786	77,502	111,95
Pulvino 10	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1457,174	163,281	151,094	222,46
Pulvino 10	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2616,184	173,168	156,375	233,32
Pulvino 11	0,5	SLU-1	Combination		4449,921	10,257	13,499	16,95
Pulvino 11	0,5	SLE RARA-1	Combination		3130,77	7,361	9,477	12,00
Pulvino 11	0,5	SLU-2	Combination		3625,51	8,553	10,709	13,71
Pulvino 11	0,5	SLE RARA-2	Combination		2581,162	6,224	7,616	9,84
Pulvino 11	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1373,804	156,017	149,511	216,09
Pulvino 11	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2331,045	165,92	159,52	230,17
Pulvino 11	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1774,473	76,366	75,986	107,73
Pulvino 11	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1930,375	86,269	85,994	121,81
Pulvino 11	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1511,184	171,619	164,462	237,70
Pulvino 11	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2564,149	182,512	175,471	253,18
Pulvino 12	0,5	SLU-1	Combination		3274,076	4,468	36,54	36,81
Pulvino 12	0,5	SLE RARA-1	Combination		2315,852	2,854	25,489	25,65
Pulvino 12	0,5	SLU-2	Combination		2712,028	2,727	29,346	29,47
Pulvino 12	0,5	SLE RARA-2	Combination		1941,153	1,693	20,693	20,76
Pulvino 12	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1100,024	174,052	157,891	235,00
Pulvino 12	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1777,468	173,391	185,903	254,21
Pulvino 12	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1360,478	88,618	75,698	116,55
Pulvino 12	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1517,015	87,957	103,711	135,99
Pulvino 12	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1210,027	191,457	173,68	258,50
Pulvino 12	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1955,215	190,73	204,494	279,63
Pulvino 13	0,5	SLU-1	Combination		3081,614	69,096	6,923	69,44
Pulvino 13	0,5	SLE RARA-1	Combination		2142,645	49,748	4,831	49,98
Pulvino 13	0,5	SLU-2	Combination		2445,806	59,399	5,495	59,65
Pulvino 13	0,5	SLE RARA-2	Combination		1718,773	43,282	3,879	43,46
Pulvino 13	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	880,306	79,346	103,788	130,64
Pulvino 13	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1416,178	148,627	108,599	184,08
Pulvino 13	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1099,919	24,001	56,543	61,43
Pulvino 13	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1196,565	93,282	61,354	111,65
Pulvino 13	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	968,337	87,281	114,166	143,71
Pulvino 13	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1557,796	163,49	119,459	202,48
Pulvino 14	0,5	SLU-1	Combination		4091,662	17,645	7,841	19,31
Pulvino 14	0,5	SLE RARA-1	Combination		2876,533	12,669	5,54	13,83
Pulvino 14	0,5	SLU-2	Combination		3333,377	14,815	6,315	16,10
Pulvino 14	0,5	SLE RARA-2	Combination		2371,01	10,782	4,522	11,69
Pulvino 14	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1305,016	118,206	122,869	170,50
Pulvino 14	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2087,48	134,816	128,939	186,55
Pulvino 14	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1651,148	55,343	64,278	84,82
Pulvino 14	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1741,348	71,952	70,348	100,63
Pulvino 14	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1435,518	130,027	135,156	187,55
Pulvino 14	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2296,228	148,297	141,832	205,20

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	V= (V2^2+V3^2)^0.5
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
Pulvino 15	0,5	SLU-1	Combination		4088,006	7,298	6,407	9,71
Pulvino 15	0,5	SLE RARA-1	Combination		2874,97	5,131	4,539	6,85
Pulvino 15	0,5	SLU-2	Combination		3332,971	5,653	5,164	7,66
Pulvino 15	0,5	SLE RARA-2	Combination		2371,613	4,034	3,71	5,48
Pulvino 15	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1266,645	137,824	132,188	190,97
Pulvino 15	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2134,536	143,02	137,135	198,14
Pulvino 15	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1661,431	67,528	69,551	96,94
Pulvino 15	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1739,75	72,724	74,498	104,11
Pulvino 15	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1393,309	151,607	145,406	210,07
Pulvino 15	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2347,99	157,322	150,848	217,96
Pulvino 16	0,5	SLU-1	Combination		3977,621	9,701	11,201	14,82
Pulvino 16	0,5	SLE RARA-1	Combination		2796,002	6,842	7,84	10,41
Pulvino 16	0,5	SLU-2	Combination		3240,797	7,774	8,946	11,85
Pulvino 16	0,5	SLE RARA-2	Combination		2304,787	5,558	6,336	8,43
Pulvino 16	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1235,56	144,176	144,136	203,87
Pulvino 16	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	2064,201	151,954	152,407	215,22
Pulvino 16	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1600,888	71,181	73,568	102,37
Pulvino 16	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1698,873	78,96	81,839	113,72
Pulvino 16	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1359,116	158,593	158,549	224,25
Pulvino 16	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2270,621	167,15	167,648	236,74
Pulvino 17	0,5	SLU-1	Combination		3169,867	5,333	36,645	37,03
Pulvino 17	0,5	SLE RARA-1	Combination		2236,672	3,818	25,429	25,71
Pulvino 17	0,5	SLU-2	Combination		2608,782	4,524	29,01	29,36
Pulvino 17	0,5	SLE RARA-2	Combination		1862,615	3,279	20,339	20,60
Pulvino 17	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1056,494	162,886	135,254	211,72
Pulvino 17	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1672,996	167,985	161,977	233,36
Pulvino 17	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1323,022	82,235	64,003	104,21
Pulvino 17	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1406,469	87,333	90,726	125,93
Pulvino 17	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1162,144	179,175	148,779	232,89
Pulvino 17	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1840,295	184,783	178,175	256,69
Pulvino 18	0,5	SLU-1	Combination		2823,628	62,578	3,005	62,65
Pulvino 18	0,5	SLE RARA-1	Combination		1961,293	45,168	2,121	45,22
Pulvino 18	0,5	SLU-2	Combination		2238,662	54,26	2,445	54,32
Pulvino 18	0,5	SLE RARA-2	Combination		1571,315	39,622	1,747	39,66
Pulvino 18	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	794,359	86,252	113,028	142,18
Pulvino 18	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1307,067	150,712	115,346	189,79
Pulvino 18	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1000,441	27,854	61,211	67,25
Pulvino 18	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1100,984	92,314	63,529	112,06
Pulvino 18	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	873,795	94,877	124,331	156,40
Pulvino 18	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1437,773	165,783	126,88	208,76
Pulvino 19	0,5	SLU-1	Combination		3855,031	10,302	1,758	10,45
Pulvino 19	0,5	SLE RARA-1	Combination		2708,37	7,475	1,254	7,58
Pulvino 19	0,5	SLU-2	Combination		3141,656	8,951	1,468	9,07
Pulvino 19	0,5	SLE RARA-2	Combination		2232,786	6,574	1,06	6,66
Pulvino 19	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1241,988	119,093	130,107	176,38
Pulvino 19	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1955,517	129,869	131,506	184,82
Pulvino 19	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1566,694	58,182	69,131	90,36
Pulvino 19	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1630,811	68,958	70,53	98,64
Pulvino 19	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1366,187	131,003	143,118	194,02
Pulvino 19	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2151,069	142,856	144,657	203,31


TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	V= (V2^2+V3^2)^0.5
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
Pulvino 20	0,5	SLU-1	Combination		3804,403	0,701	6,805	6,84
Pulvino 20	0,5	SLE RARA-1	Combination		2674,622	0,465	4,721	4,74
Pulvino 20	0,5	SLU-2	Combination		3105,448	0,41	5,406	5,42
Pulvino 20	0,5	SLE RARA-2	Combination		2208,652	0,272	3,788	3,80
Pulvino 20	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1218,664	137,776	143,5	198,93
Pulvino 20	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1955,741	137,809	148,27	202,42
Pulvino 20	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1549,246	70,52	74,151	102,33
Pulvino 20	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1625,16	70,553	78,921	105,86
Pulvino 20	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1340,531	151,553	157,85	218,83
Pulvino 20	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2151,315	151,589	163,097	222,67
Pulvino 21	0,5	SLU-1	Combination		3013,57	2,09	31,871	31,94
Pulvino 21	0,5	SLE RARA-1	Combination		2126,162	1,434	22,004	22,05
Pulvino 21	0,5	SLU-2	Combination		2480,871	1,576	24,997	25,05
Pulvino 21	0,5	SLE RARA-2	Combination		1771,029	1,091	17,422	17,46
Pulvino 21	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1007,553	151,736	130,328	200,02
Pulvino 21	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1588,109	153,016	152,499	216,03
Pulvino 21	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1261,496	78,163	62,32	99,97
Pulvino 21	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1334,166	79,444	84,49	115,97
Pulvino 21	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1108,308	166,91	143,361	220,03
Pulvino 21	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1746,92	168,318	167,748	237,63
Pulvino 22	0,5	SLU-1	Combination		2768,65	59,597	0,487	59,60
Pulvino 22	0,5	SLE RARA-1	Combination		1921,832	43,05	0,334	43,05
Pulvino 22	0,5	SLU-2	Combination		2192,904	51,842	0,347	51,84
Pulvino 22	0,5	SLE RARA-2	Combination		1538,001	37,879	0,241	37,88
Pulvino 22	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	776,698	84,815	116,91	144,44
Pulvino 22	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1275,997	146,808	116,546	187,44
Pulvino 22	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	972,81	28,224	64,009	69,96
Pulvino 22	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1079,885	90,218	63,644	110,41
Pulvino 22	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	854,368	93,296	128,601	158,88
Pulvino 22	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1403,596	161,489	128,201	206,19
Pulvino 23	0,5	SLU-1	Combination		3748,647	6,917	4,701	8,36
Pulvino 23	0,5	SLE RARA-1	Combination		2633,487	5,078	3,238	6,02
Pulvino 23	0,5	SLU-2	Combination		3055,916	6,23	3,717	7,25
Pulvino 23	0,5	SLE RARA-2	Combination		2171,666	4,62	2,582	5,29
Pulvino 23	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1226,123	115,916	135,932	178,64
Pulvino 23	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1885,833	123,938	139,111	186,31
Pulvino 23	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1518,506	58,98	71,175	92,44
Pulvino 23	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1593,45	67,002	74,354	100,09
Pulvino 23	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1348,736	127,508	149,526	196,51
Pulvino 23	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	2074,416	136,332	153,022	204,94
Pulvino 24	0,5	SLU-1	Combination		3018,394	1,863	29,523	29,58
Pulvino 24	0,5	SLE RARA-1	Combination		2131,395	1,361	20,334	20,38
Pulvino 24	0,5	SLU-2	Combination		2490,73	1,664	23,031	23,09
Pulvino 24	0,5	SLE RARA-2	Combination		1779,62	1,228	16,006	16,05
Pulvino 24	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	1022,905	136,432	126,733	186,21
Pulvino 24	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1598,276	134,311	146,872	199,02
Pulvino 24	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	1271,166	72,48	61,051	94,77
Pulvino 24	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1350,016	70,359	81,19	107,43
Pulvino 24	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1125,196	150,075	139,406	204,83
Pulvino 24	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1758,104	147,742	161,559	218,93

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	$V = \sqrt{V2^2 + V3^2} \cdot 0.5$
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
Pulvino 25	0,5	SLU-1	Combination		2748,317	57,785	2,752	57,85
Pulvino 25	0,5	SLE RARA-1	Combination		1907,588	41,78	1,891	41,82
Pulvino 25	0,5	SLU-2	Combination		2176,265	50,39	2,181	50,44
Pulvino 25	0,5	SLE RARA-2	Combination		1526,219	36,85	1,51	36,88
Pulvino 25	0,5	SLV involuppo	Combination	Max	779,706	82,31	120,165	145,65
Pulvino 25	0,5	SLV involuppo	Combination	Min	1256,02	142,874	122,009	187,88
Pulvino 25	0,5	SLD involuppo	Combination	Max	964,078	28,277	64,924	70,81
Pulvino 25	0,5	SLD involuppo	Combination	Min	1071,649	88,841	66,768	111,13
Pulvino 25	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	857,677	90,541	132,182	160,22
Pulvino 25	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1381,622	157,162	134,21	206,67
Pulvino 26	0,5	SLU-1	Combination		3000,15	6,157	29,891	30,52
Pulvino 26	0,5	SLE RARA-1	Combination		2116,566	4,571	20,615	21,12
Pulvino 26	0,5	SLU-2	Combination		2470,275	5,711	23,376	24,06
Pulvino 26	0,5	SLE RARA-2	Combination		1763,316	4,273	16,271	16,82
Pulvino 26	0,5	SLV involuppo	Combination	Max	1023,956	114,954	120,956	166,87
Pulvino 26	0,5	SLV involuppo	Combination	Min	1560,739	122,679	141,672	187,41
Pulvino 26	0,5	SLD involuppo	Combination	Max	1252,832	60,06	57,978	83,48
Pulvino 26	0,5	SLD involuppo	Combination	Min	1331,863	67,786	78,694	103,86
Pulvino 26	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1126,352	126,449	133,051	183,55
Pulvino 26	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1716,813	134,947	155,839	206,15
Pulvino 27	0,5	SLU-1	Combination		2132,646	49,361	27,147	56,33
Pulvino 27	0,5	SLE RARA-1	Combination		1481,655	35,971	18,772	40,57
Pulvino 27	0,5	SLU-2	Combination		1692,375	43,828	21,36	48,76
Pulvino 27	0,5	SLE RARA-2	Combination		1188,141	32,282	14,913	35,56
Pulvino 27	0,5	SLV involuppo	Combination	Max	601,668	82,026	104,439	132,80
Pulvino 27	0,5	SLV involuppo	Combination	Min	992,097	136,743	123,77	184,44
Pulvino 27	0,5	SLD involuppo	Combination	Max	746,012	30,956	51,797	60,34
Pulvino 27	0,5	SLD involuppo	Combination	Min	847,754	85,673	71,128	111,35
Pulvino 27	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	661,835	90,228	114,883	146,08
Pulvino 27	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1091,307	150,417	136,147	202,88
Pulvino 28	0,5	SLU-1	Combination		1091,628	41,675	35,143	54,51
Pulvino 28	0,5	SLE RARA-1	Combination		762,266	30,725	24,268	39,15
Pulvino 28	0,5	SLU-2	Combination		877,19	37,998	27,557	46,94
Pulvino 28	0,5	SLE RARA-2	Combination		619,307	28,273	19,21	34,18
Pulvino 28	0,5	SLV involuppo	Combination	Max	232,005	81,476	107,695	135,04
Pulvino 28	0,5	SLV involuppo	Combination	Min	624,487	131,43	132,355	186,53
Pulvino 28	0,5	SLD involuppo	Combination	Max	333,607	33,042	51,421	61,12
Pulvino 28	0,5	SLD involuppo	Combination	Min	522,885	82,996	76,081	112,59
Pulvino 28	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	255,205	89,623	118,465	148,55
Pulvino 28	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	686,936	144,573	145,591	205,18
Pulvino 29	0,5	SLU-1	Combination		1871,067	8,193	37,323	38,21
Pulvino 29	0,5	SLE RARA-1	Combination		1338,076	6,084	25,736	26,45
Pulvino 29	0,5	SLU-2	Combination		1590,962	7,611	29,141	30,12
Pulvino 29	0,5	SLE RARA-2	Combination		1151,339	5,696	20,281	21,07
Pulvino 29	0,5	SLV involuppo	Combination	Max	641,465	112,419	125,523	168,51
Pulvino 29	0,5	SLV involuppo	Combination	Min	1162,015	122,712	151,331	194,83
Pulvino 29	0,5	SLD involuppo	Combination	Max	779,927	59,08	59,272	83,69
Pulvino 29	0,5	SLD involuppo	Combination	Min	1023,553	69,373	85,081	109,78
Pulvino 29	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	705,612	123,661	138,075	185,36
Pulvino 29	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1278,217	134,983	166,464	214,31

TABLE: Element Forces - Frames


Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	V= (V2^2+V3^2)^0.5
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
Pulvino 30	0,5	SLU-1	Combination		1897,329	1,826	37,375	37,42
Pulvino 30	0,5	SLE RARA-1	Combination		1358,934	1,327	25,756	25,79
Pulvino 30	0,5	SLU-2	Combination		1619,256	1,582	29,156	29,20
Pulvino 30	0,5	SLE RARA-2	Combination		1173,552	1,164	20,276	20,31
Pulvino 30	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	650,287	137,142	128,685	188,06
Pulvino 30	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1201,098	135,167	154,344	205,16
Pulvino 30	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	799,293	73,971	61,653	96,30
Pulvino 30	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1052,092	71,996	87,312	113,17
Pulvino 30	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	715,316	150,856	141,553	206,87
Pulvino 30	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1321,208	148,684	169,778	225,68
Pulvino 31	0,5	SLU-1	Combination		1832,729	0,61	38,454	38,46
Pulvino 31	0,5	SLE RARA-1	Combination		1310,797	0,5	26,531	26,54
Pulvino 31	0,5	SLU-2	Combination		1559,044	0,675	30,129	30,14
Pulvino 31	0,5	SLE RARA-2	Combination		1128,341	0,544	20,98	20,99
Pulvino 31	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	605,951	159,809	130,906	206,58
Pulvino 31	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1163	158,541	157,578	223,53
Pulvino 31	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	755,323	83,671	62,892	104,67
Pulvino 31	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1013,628	82,403	89,565	121,71
Pulvino 31	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	666,546	175,789	143,997	227,24
Pulvino 31	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1279,3	174,395	173,336	245,88
Pulvino 32	0,5	SLU-1	Combination		1879,142	2,28	40,05	40,11
Pulvino 32	0,5	SLE RARA-1	Combination		1341,924	1,596	27,71	27,76
Pulvino 32	0,5	SLU-2	Combination		1592,717	1,87	31,549	31,60
Pulvino 32	0,5	SLE RARA-2	Combination		1150,974	1,322	22,042	22,08
Pulvino 32	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	617,14	179,416	137,644	226,13
Pulvino 32	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1174,545	181,238	166,213	245,91
Pulvino 32	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	766,215	91,306	66,248	112,81
Pulvino 32	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1025,47	93,128	94,817	132,90
Pulvino 32	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	678,854	197,357	151,408	248,75
Pulvino 32	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1292	199,362	182,834	270,51
Pulvino 33	0,5	SLU-1	Combination		1989,752	0,394	38,929	38,93
Pulvino 33	0,5	SLE RARA-1	Combination		1421,509	0,397	27,045	27,05
Pulvino 33	0,5	SLU-2	Combination		1688,82	0,734	31,02	31,03
Pulvino 33	0,5	SLE RARA-2	Combination		1220,888	0,624	21,773	21,78
Pulvino 33	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	664,66	190,088	155,244	245,43
Pulvino 33	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1238,398	191,692	184,159	265,82
Pulvino 33	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	825,182	95,665	75,748	122,02
Pulvino 33	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1077,876	97,27	104,663	142,88
Pulvino 33	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	731,126	209,096	170,768	269,97
Pulvino 33	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1362,238	210,861	202,575	292,40
Pulvino 34	0,5	SLU-1	Combination		1845,83	12,208	27,954	30,50
Pulvino 34	0,5	SLE RARA-1	Combination		1328,246	8,343	19,677	21,37
Pulvino 34	0,5	SLU-2	Combination		1596,713	9,137	23,175	24,91
Pulvino 34	0,5	SLE RARA-2	Combination		1162,168	6,296	16,49	17,65
Pulvino 34	0,5	SLV inviluppo	Combination	Max	628,576	209,357	194,803	285,97
Pulvino 34	0,5	SLV inviluppo	Combination	Min	1239,181	201,755	218,206	297,19
Pulvino 34	0,5	SLD inviluppo	Combination	Max	788,475	106,508	95,644	143,15
Pulvino 34	0,5	SLD inviluppo	Combination	Min	1079,281	98,906	119,047	154,77
Pulvino 34	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	691,433	230,293	214,283	314,57
Pulvino 34	0,5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	1363,099	221,931	240,027	326,90

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024
---	--	---

Di seguito vengono sintetizzate le risultanti delle sollecitazioni sugli appoggi adottate per le verifiche geotecniche dei diaframmi delle banchine esistenti. In giallo è evidenziata la combinazione adottata per la verifica.

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3
Text	Text	Text	Text	KN
R1	SLU-1	Combination		2750,308
R1	SLE RARA-1	Combination		1973,77
R1	SLU-2	Combination		2356,216
R1	SLE RARA-2	Combination		1711,042
R1	SLV inviluppo	Combination	Max	1894,785
R1	SLV inviluppo	Combination	Min	822,013
R1	SLD inviluppo	Combination	Max	1617,389
R1	SLD inviluppo	Combination	Min	1099,41
R1	CDB 1.10SLV	Combination	Max	2084,264
R1	CDB 1.10SLV	Combination	Min	904,215
R2	SLU-1	Combination		1512,502
R2	SLE RARA-1	Combination		1049,018
R2	SLU-2	Combination		1210,042
R2	SLE RARA-2	Combination		847,378
R2	SLV inviluppo	Combination	Max	663,321
R2	SLV inviluppo	Combination	Min	439,277
R2	SLD inviluppo	Combination	Max	601,868
R2	SLD inviluppo	Combination	Min	500,73
R2	CDB 1.10SLV	Combination	Max	729,653
R2	CDB 1.10SLV	Combination	Min	483,205
R3	SLU-1	Combination		2094,51
R3	SLE RARA-1	Combination		1475,784
R3	SLU-2	Combination		1724,753
R3	SLE RARA-2	Combination		1229,279
R3	SLV inviluppo	Combination	Max	1074,483
R3	SLV inviluppo	Combination	Min	707,631
R3	SLD inviluppo	Combination	Max	973,234
R3	SLD inviluppo	Combination	Min	808,88
R3	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1181,931
R3	CDB 1.10SLV	Combination	Min	778,394
R4	SLU-1	Combination		2197,647
R4	SLE RARA-1	Combination		1545,186
R4	SLU-2	Combination		1797,336
R4	SLE RARA-2	Combination		1278,312
R4	SLV inviluppo	Combination	Max	1098,272
R4	SLV inviluppo	Combination	Min	742,645
R4	SLD inviluppo	Combination	Max	999,5
R4	SLD inviluppo	Combination	Min	841,416
R4	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1208,099
R4	CDB 1.10SLV	Combination	Min	816,909

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F3
Text	Text	Text	Text	KN
R5	SLU-1	Combination		2123,671
R5	SLE RARA-1	Combination		1492,787
R5	SLU-2	Combination		1734,518
R5	SLE RARA-2	Combination		1233,352
R5	SLV inviluppo	Combination	Max	1055,771
R5	SLV inviluppo	Combination	Min	719,911
R5	SLD inviluppo	Combination	Max	961,854
R5	SLD inviluppo	Combination	Min	813,828
R5	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1161,348
R5	CDB 1.10SLV	Combination	Min	791,903
R6	SLU-1	Combination		2167,814
R6	SLE RARA-1	Combination		1523,622
R6	SLU-2	Combination		1769,281
R6	SLE RARA-2	Combination		1257,934
R6	SLV inviluppo	Combination	Max	1077,522
R6	SLV inviluppo	Combination	Min	730,122
R6	SLD inviluppo	Combination	Max	977,573
R6	SLD inviluppo	Combination	Min	830,071
R6	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1185,274
R6	CDB 1.10SLV	Combination	Min	803,134
R7	SLU-1	Combination		2265,005
R7	SLE RARA-1	Combination		1591,223
R7	SLU-2	Combination		1846,165
R7	SLE RARA-2	Combination		1311,996
R7	SLV inviluppo	Combination	Max	1113,413
R7	SLV inviluppo	Combination	Min	766,096
R7	SLD inviluppo	Combination	Max	1007,929
R7	SLD inviluppo	Combination	Min	871,58
R7	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1224,754
R7	CDB 1.10SLV	Combination	Min	842,706
R8	SLU-1	Combination		2016,396
R8	SLE RARA-1	Combination		1418,238
R8	SLU-2	Combination		1647,991
R8	SLE RARA-2	Combination		1172,635
R8	SLV inviluppo	Combination	Max	1003,147
R8	SLV inviluppo	Combination	Min	687,541
R8	SLD inviluppo	Combination	Max	913,297
R8	SLD inviluppo	Combination	Min	777,391
R8	CDB 1.10SLV	Combination	Max	1103,462
R8	CDB 1.10SLV	Combination	Min	756,295
R9	SLU-1	Combination		1176,528
R9	SLE RARA-1	Combination		864,221
R9	SLU-2	Combination		1063,516
R9	SLE RARA-2	Combination		788,88
R9	SLV inviluppo	Combination	Max	868,064
R9	SLV inviluppo	Combination	Min	508,201
R9	SLD inviluppo	Combination	Max	776,378
R9	SLD inviluppo	Combination	Min	599,888
R9	CDB 1.10SLV	Combination	Max	954,87
R9	CDB 1.10SLV	Combination	Min	559,021

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

Di seguito vengono sintetizzate le azioni agenti sui nuovi pali e le corrispondenti azioni di progetto (verticali e orizzontali):

- Peso proprio del palo ($\Phi=1580$ mm, $L=35,2$ m)

$$G_{k11} = \gamma_{cls-acciaio} \cdot A_p \cdot L_p - \gamma_w \cdot A_p \cdot L_w = 1221 \text{ kN}$$

- Azione di Progetto verticale dei nuovi pali di fondazione:

$$\mathbf{Ed=(G_{k11}) \cdot 1,3+ (P_{max}) =6218 \text{ kN}}$$

- Azione di Progetto orizzontale dei nuovi pali di fondazione:

$$\mathbf{Ed=(V_{max}) =329,90 \text{ kN}}$$

Di seguito vengono sintetizzate le azioni agenti sui diaframmi esistenti e la corrispondente azione di progetto verticale:

- Peso proprio del diaframma ($A_s=9,4$ m²/m, $L_s=27,1$ m)

$$G_{k12} = \gamma_{cls} \cdot A_s \cdot L_s - \gamma_w \cdot A_s \cdot L_w = 1873 \text{ kN}$$

- Peso del sovraccarico agente sul tratto di trave di banchina ($A=6$ m², $q=40$ kPa)

$$Q_{k1} = q \cdot A = 240 \text{ kN}$$

- Azione di Progetto verticale dei diaframmi esistenti:

$$\mathbf{Ed=(G_{k12}) \cdot 1,3+ (F_{3max}) \cdot 1,5+(P_{max}) =5545 \text{ kN}}$$

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

8.7 SLU - VERIFICA AI CARICHI VERTICALI

8.7.1 Pali del dente di attracco

La resistenza alla punta è stata calcolata in condizioni drenate in quanto il palo è intestato in strato di sabbia fine:

$$R_p = A_p \cdot q_p (\text{min: } Nq \cdot \sigma'_v \text{ e } 5000 \text{ kPa}) = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot q_{pLIM} = 9741,4 \text{ kN}$$

Di seguito si riporta il calcolo della portata limite laterale relativa ai pali del nuovo dente di attracco.

Tabella 8.9. Resistenza laterale palo nuova banchina

Z da l.m.m. (m)	Deposito	φ_k' (°)	γ (kN/m ³)	σ (kPa)	u (kPa)	σ' (kPa)	k	μ	$\beta=k\mu$	τ (kPa)	$\tau_{med.}$ (kPa)	Qs (kN)
-16,50	B	38	18,5	0,0	0,0	0,0	1,00	0,36	0,36	0,0	27,5	2452,8
-34,50				333,0	180,0	153,0	1,00	0,36	0,36	55,1		
											Σ	2452,8

Essendo il tubolare riempito di cls, si progetterà il palo secondo lo schema di palo punta chiusa.

Considerando che il modello geotecnico di sottosuolo è supportato da 5 verticali di sondaggio si può assumere come fattore di correlazione il valore $\xi_{a3}=1,50$.


Nella tabella seguente si riportano i valori delle resistenze di progetto, calcolate dai corrispondenti valori caratteristici applicando i fattori parziali sulla resistenza alla base e laterale ($\gamma_b=1,35$; $\gamma_s=1,15$) dei pali ed il confronto con l'azione di progetto.

	Punta			Laterale			Rd [kN]	Ed _{mare} [kN]	Rd>Ed
	Qp [kN]	Qpk [kN]	Qpd [kN]	Qs [kN]	Qsk [kN]	Qsd [kN]			
Nuovi pali	9741,4	6494,3	4810,6	2452,8	1635,2	1421,9	6232	6218	✓

Qp= carico limite punta; Qpk=Qp/ ξ_{a3} = Carico caratteristico punta; Qpd=Qpk/ γ_R = valore di progetto punta

Qs= carico limite Laterale; Qsk=Qp/ ξ_{a3} = Carico caratteristico laterale; Qsd=Qsk/ γ_R = valore di progetto laterale

Rd= Qpk+Qsk resistenza di progetto

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali
		Data : LUGLIO 2024

8.7.2 Diaframmi

La resistenza alla base è stata calcolata in condizioni drenate in quanto il diaframma è intestato in strato di sabbia fine:

$$R_p = A_p \cdot q_p (\min: Nq \cdot \sigma'_v \text{ e } 4000 \text{ kPa}) = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot q_{pLIM} = 7641,6 \text{ kN}$$

Di seguito si riporta il calcolo della portata limite laterale del diaframma esistente.

Tabella 8.10. Resistenza laterale setto tratto E-F

	Z da l.m.m. (m)	Deposito	$\varphi_{k'}$ (°)	γ (kN/m ³)	σ (kPa)	u (kPa)	σ' (kPa)	k	μ	$\beta=k\mu$	τ (kPa)	$\tau_{med.}$ (kPa)	Qs (kN)
Lato terra (68% area laterale)	2,5	B	38	18,5	0,0	0,0	0,0	0,40	0,78	0,31	0,0	0,0	0,0
	0,0				46,3	0,0	46,3	0,40	0,78	0,31	0,0		
	0,0	B	38	18,5	46,3	0,0	46,3	0,40	0,78	0,31	14,5	33,7	3128,5
	-14,50				314,5	145,0	169,5	0,40	0,78	0,31	53,0		
	-14,50	B	38	18,5	314,5	145,0	169,5	0,40	0,78	0,31	53,0	65,1	3789,0
	-23,60				482,9	236,0	246,9	0,40	0,78	0,31	77,1		
Lato mare (32% area laterale)	-14,50	B	38	18,5	145,0	145,0	0,0	0,40	0,78	0,31	0,0	0,0	0,0
	-16,50				182,0	182,0	17,0	0,40	0,78	0,31	0,0		
	-16,50	B	38	18,5	182,0	182,0	17,0	0,40	0,78	0,31	5,3	14,7	314,0
	-23,60				313,4	313,4	77,4	0,40	0,78	0,31	24,2		
Σ												7231,5	

Considerando che il modello geotecnico di sottosuolo è supportato da 5 verticali di sondaggio si può assumere come fattore di correlazione il valore $\xi_{a3}=1,50$.

Nella tabella seguente si riportano i valori delle resistenze di progetto, calcolate dai corrispondenti valori caratteristici applicando i fattori parziali sulla resistenza alla base e laterale ($\gamma_b=1,35$; $\gamma_s=1,15$) del setto ed il confronto con l'azione di progetto.

	Punta			Laterale			Rd [kN]	Ed_{mare} [kN]	Rd>Ed
	Qp [kN]	Qpk [kN]	Qpd [kN]	Qs [kN]	Qsk [kN]	Qsd [kN]			
sez. Corrente	7641,6	5094,4	4429,6	7231,5	4821,0	4192,2	7966	5545	✓

Qp= carico limite punta; Qpk=Qp/ ξ_{a3} = Carico caratteristico punta; Qpd=Qpk/ γ_R = valore di progetto punta

Qs= carico limite Laterale; Qsk=Qp/ ξ_{a3} = Carico caratteristico laterale; Qsd=Qsk/ γ_R = valore di progetto laterale Rd=
Qpk+Qsk resistenza di progetto

8.8 SLU - VERIFICA AI CARICHI ORIZZONTALI

8.8.1 Pali del dente di attracco

Nel seguito si riporta la determinazione del valore di calcolo del carico limite ($H_{lim,cal} = P_{lim}$) per caso in esame:

- Palo libero di ruotare in testa, terreno granulare
 - Diametro del palo $D = 1.580$ mm
 - Momento di plasticizzazione (armato con $34\Phi 32$, Figura 8.15): $M_y = 6377$ kNm
 - Eccentricità forza orizzontale $e = 16.20$ m
 - Angolo di attrito del terreno di riempimento $\phi' = 38^\circ$
 - Peso di volume del terreno $\gamma = \gamma' = 8,5$ kN/m³
 - Coefficiente di spinta passiva (Rankine) $k_p = 4,2$ -
- $M_y / (D^4 \gamma' k_p) = 57,3$ -
- $e/D = 10,2$ -
- $P_{lim} / (k_p D^3 \gamma')$ (v. Figura 8.14) = 4,99 -
- Carico limite a carichi orizzontali (val. calcolo) $H_{lim,cal} = P_{lim} = 704$ kN

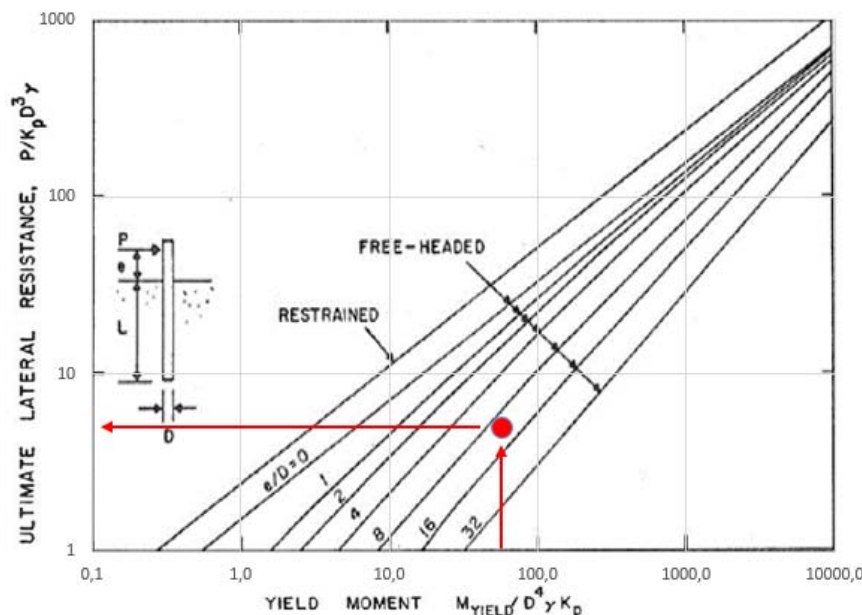


Figura 8.14 Valore limite di H per pali lunghi in terreni incoerenti (Broms, 1964)

Ai fini della verifica di sicurezza ai sensi delle NTC 2018 è necessario calcolare il valore di progetto del carico limite, dividendo il valore di calcolo per il coefficiente $\zeta = 1,50$ (numero di verticali pari a 5) e per il fattore parziale $\gamma_T = 1,30$. In Tabella 8.11 lo svolgimento della verifica ed il rispettivo fattore di sicurezza η nei confronti dell'azione di progetto.

Tabella 8.11 Pali lato terra: Verifica di sicurezza a carichi orizzontali in fase costruttiva

	Carichi orizzontali			Rd [kN]	Ed [kN]	Rd>Ed	$\eta = Rd/ Ed$
	H _{lim,cal} [kN]	H _{lim,k} [kN]	H _{lim,d} [kN]				
Nuovo Ravano	704	469	361	361	327	✓	1,10

La verifica è dunque soddisfatta.

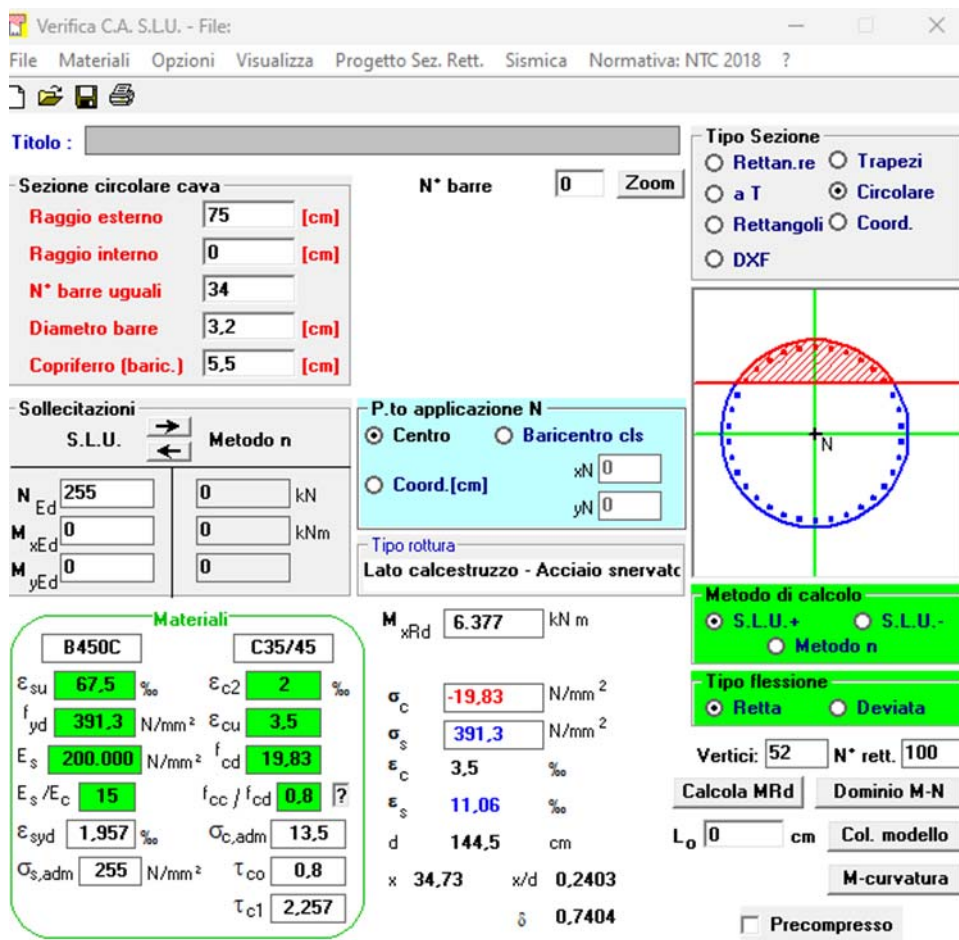



Figura 8.15 valutazione del momento resistente

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali</p> <p>Data : LUGLIO 2024</p>
---	---	---

8.9 SLE - CEDIMENTI

In generale, i cedimenti totali indotti da carichi derivano dalla somma di tre contributi distinti:

- **Cedimento immediato (w_i):** si verifica all'atto dell'applicazione del carico;
- **Cedimento per consolidazione (w_c):** dovuto alle variazioni di tensioni efficaci che si sviluppano, nel tempo, per effetto della progressiva dissipazione delle sovrappressioni interstiziali indotte dall'applicazione dei carichi in condizioni non drenate;
- **Cedimento secondario o di "creep" (w_s):** dovuto alle deformazioni viscosi che si sviluppano nello scheletro solido a parità di stato tensionale efficace.

Indicando con w la componente verticale del cedimento totale si ha dunque:

$$w = w_i + w_c + w_s$$

Riferendoci al caso specifico di fondazione su pali realizzati in terreni granulari, il cedimento del palo è solo di tipo immediato, e si valuta con l'ipotesi di comportamento elastico (w_i), per esempio mediante la teoria Reese *et al.*

Si considera il meccanismo di trasferimento del carico al terreno adiacente al palo, nell'ipotesi che la deformazione elastica del palo sia trascurabile. L'interazione palo- terreno può essere analizzata mediante il modello meccanico di Figura 8.16, dove i vincoli che simulano le reazioni distribuite lungo la superficie laterale del palo hanno un comportamento non lineare rappresentato con legge di tipo iperbolico:

$$q(z) = \frac{w(z)}{a + b \cdot w(z)}$$

essendo w lo spostamento relativo e q la tensione tangenziale unitaria alla profondità z .

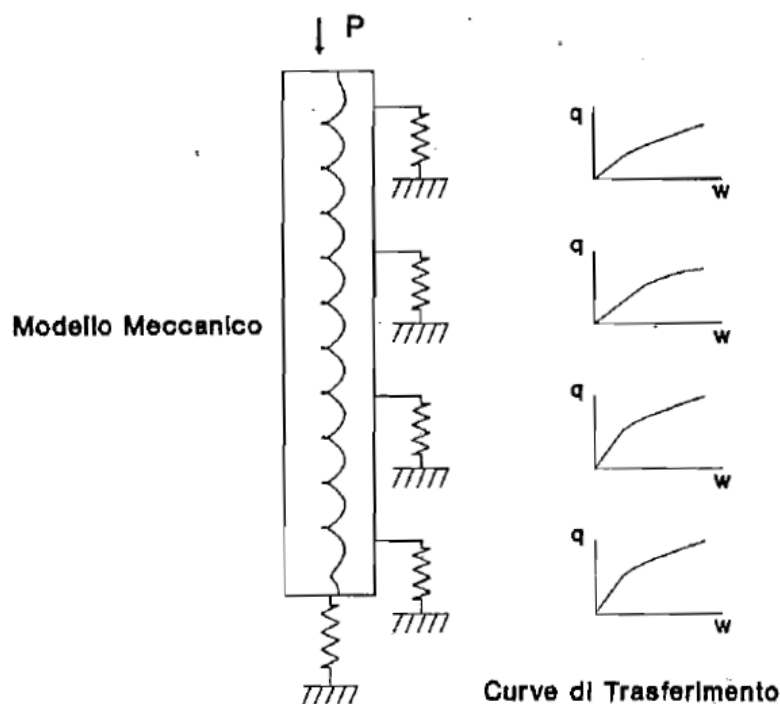



Figura 8.16 – Modello meccanico (Coyle Reese, 1966; Reese e Hudson, 1968)

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - calcoli geotecnici e strutturali Data : LUGLIO 2024

Sulla scorta della precedente equazione, Castelli, Maugeri e Motta, propongono in sistema semplificato per calcolare il cedimento w_r di un palo con la seguente equazione:

$$w_r = \frac{Q}{KI^* \cdot (1 - \eta)}$$

Dove:

Q è il carico applicato in testa al palo;

η è il rapporto tra carico applicato Q e portanza limite del palo Q_{LIM} .

KI^* è la rigidezza iniziale della funzione di trasferimento unica per la resistenza laterale e per la resistenza alla punta, che nell'ipotesi di piccoli spostamenti w_r , può essere assunta pari a:

$$KI^* = (KI_L + KI_P) = \sum_1^n KI_{L,i} \cdot A_{L,i} + KI_P \cdot A_P$$

Essendo:

- KI_L la rigidezza iniziale dei legami iperbolici relativi alla superficie laterale del palo;
- KI_P la rigidezza iniziale dei legami iperbolici relativi alla punta del palo;
- $A_{L,i}$ superficie laterale i -esima del palo in cui $KI_{L,i}$ può ritenersi costante;
- A_P è l'area della sezione trasversale in corrispondenza della punta del palo

La stima delle rigidezze (KI_L e KI_B) può essere fatta secondo le seguenti correlazioni empiriche:

$$\frac{q_L}{KI_L \cdot D} = 0,005 \div 0,002 \quad \text{per } q_L = \frac{Q_L}{A_L} \leq 50 \text{ kPa}$$

$$\frac{q_L}{KI_L \cdot D} = 0,002 \div 0,002 \quad \text{per } q_L = \frac{Q_L}{A_L} > 50 \text{ kPa}$$

$$\frac{q_B}{KI_B \cdot D} = 0,03 \quad \text{per } q_B = \frac{Q_B}{A_B}$$

Di seguito viene sintetizzato il calcolo della rigidezza laterale, nel caso del palo infisso in acciaio lato mare ($D=1727$ cm) del modello nuovo Ravano (sez. corrente).

Z da l.m.m. (m)	Deposito	φ' (°)	γ (kN/m ³)	σ' (kPa)	$\beta=k\mu$	τ (kPa)	$\tau_{med.}$ (kPa)	$\frac{q_L}{KI_L \cdot D}$		$KI_{L,i}$ (kN/m ³)	$KI_{L,i} \cdot A_{L,i}$ (kN/m)
-16,50	B	38	18,5	0,0	0,36	0,0	27,5	<50	0,005	3666,67	310.860,0
-34,50				153,0		55,1					
										$\Sigma KI_{L,i} \cdot A_{L,i}$	310.860,0

La rigidezza la punta vale,

$$KI_B = \frac{q_B}{0,03 \cdot D} = \frac{5000}{0,03 \cdot 1,580} = 104.867,6 \frac{kN}{m^3}$$

In conclusione, la rigidezza complessiva vale:

$$KI^* = (KI_L + KI_P) = (KI_L + KI_B \cdot A_p) = 516.366,33 \text{ kN/m}$$

Il valore di esercizio del carico (SLE rara) è $Q=3256 \text{ kN}$.

Facendo variare il carico applicato è possibile costruire la curva cedimento del palo esaminato (Figura 8.17).

Il cedimento assoluto ottenuto tenuto conto anche dell'accorciamento elastico del palo, risulta pari a 12,0 mm. Trattandosi essenzialmente di cedimento immediato, la quasi totalità della deformazione si estingue nel corso delle operazioni di costruzione e pertanto il valore viene ritenuto ammissibile per la funzionalità dell'opera (cfr. Tabella 1.12 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

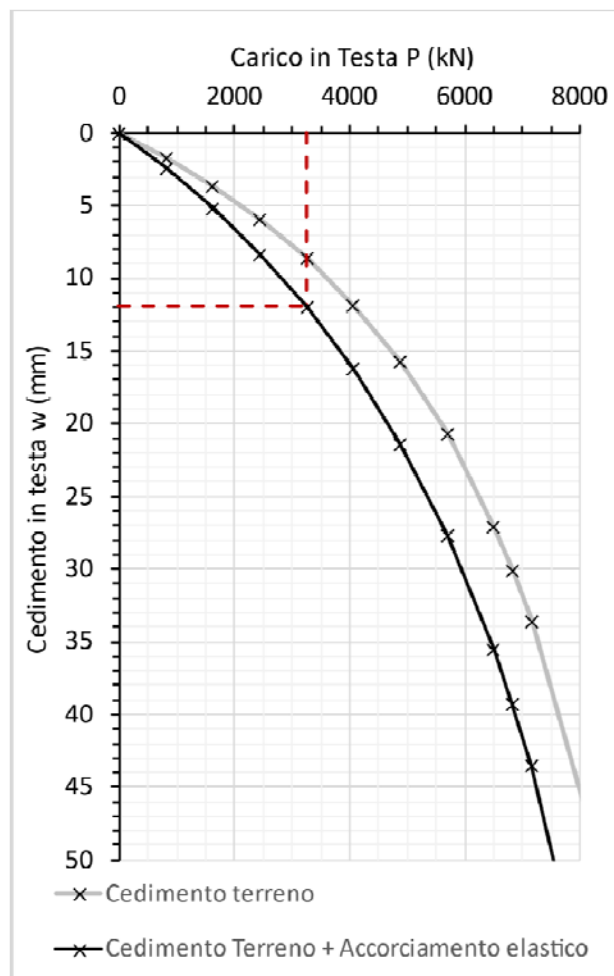


Figura 8.17 – Curva carico cedimento del palo lato mare (nuovo Ravano)

Tabella 8.12 Valori di cedimento ammissibili per le strutture (Viggiani)

Tipo di movimento	Fattore di limitazione	Valore ammissibile
Cedimento (cm)	Collegamento a reti di servizi	15 ÷ 30
	Accessibilità	30 ÷ 60
	Probabilità di cedimenti differenziali	
	Murature portanti	2,5 ÷ 5
	Strutture intelaiate	5 ÷ 10
	Ciminiere, silos	7,5 ÷ 30