

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampileri (e)

VI04 – Ponte sul Torrente Fondaco Parrino

Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS2S 02 D 09 CL VI0403 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	Emissione Esecutiva	A. Ingletti 	Gennaio 2018	L. Utzeri 	Gennaio 2018	P. Carlesimo 	Gennaio 2018	A. Vitozzi Ingegnere N° 420785	2018
								ITALFERR S.p.A. Progetto e gestione delle varianti Dipartimento: Ing. Angelo Vitozzi Provincia di Roma	

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVE E STANDARD DI RIFERIMENTO	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
3.1	ACCIAIO	5
3.1.1	<i>Acciaio per armatura strutture in c.a.</i>	5
3.1.2	<i>Profilati e piastre metalliche</i>	5
3.2	CALCESTRUZZO.....	5
3.2.1	<i>Calcestruzzo magro per getti di livellamento</i>	5
3.2.2	<i>Calcestruzzo pali, diaframmi di fondazione, cordoli opere provvisionali</i>	5
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
6	ANALISI DELL'INTERAZIONE PARATIA-TERRENO	10
7	CRITERI DI VERIFICA.....	11
8	ANALISI DELLE OPERE PROVVISORIALI	14
8.1	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI STUDIO	14
8.1.1	<i>SEZIONE SP2</i>	14
8.1.2	<i>SEZIONE P1</i>	15
8.2	SCHEMA E FASI DI CALCOLO	17
8.2.1	<i>SEZIONE SP2</i>	17
8.2.2	<i>SEZIONE P1</i>	20
9	RISULTATI E VERIFICHE PARATIA.....	27

9.1	SEZIONE SP2	27
9.1.1	RISULTATI (combinazione nominal):.....	27
9.1.2	RISULTATI e VERIFICHE SLU STR PARATIA DI PALI (combinazione A1+M1+RI):.....	28
9.1.3	VERIFICA SLU GEO PARATIA DI PALI (combinazione A2+M2+RI).....	33
9.1.4	INCIDENZA PALI.....	33
9.2	SEZIONE P1.....	34
9.2.1	RISULTATI (combinazione nominal):.....	34
9.2.2	RISULTATI e VERIFICHE SLU STR PARATIA DI PALI (combinazione A1+M1+RI):.....	35
9.2.3	VERIFICA SLU STRU PUNTONE (combinazione A1+M1+RI)	41
9.2.4	VERIFICA SLU STRU TRAVE DI RIPARTIZIONE (combinazione A1+M1+RI)	44
9.2.5	VERIFICA SLU GEO PARATIA DI PALI (combinazione A2+M2+RI).....	46
9.2.6	INCIDENZA PALI.....	46

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO LOTTO 2: Taormina - Giampileri					
	U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI VI04 – Ponte sul Torrente Fondaco-Parrino - Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS2S	LOTTO 02 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0403 001	REV. A

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo delle opere provvisionali si riferisce alla progettazione definitiva del Lotto 2 della Linea Ferroviaria Messina-Catania-Palermo nella tratta Fiumefreddo-Giampileri, avente uno sviluppo complessivo di circa 42 km. La relazione è relativa al viadotto Fondaco-Parrino, avente una lunghezza di circa 98 m (VI04).

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVE E STANDARD DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Decreto Ministeriale del 14/01/2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04/02/2008, Supplemento Ordinario n.30.
- Circolare 01/02/2009, n.617 – Istruzione per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008.
- DM 06/05/2008 – “Integrazione al DM 14/01/2008 di approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- RFI DTC SI MA IFS 001 A – “Manuale di progettazione delle opere civili”
- RFI DTC SI SP IFS 001 A – “Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili”
- UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti elaborati:

- RS2S02D78RHGE0005002B - Relazione Geotecnica Generale 2/6
- RS2S02D78F6GE0005002B - Profilo longitudinale geotecnico - Tav.2/6

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

3.1 Acciaio

3.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540$ MPa
- tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450$ MPa
- allungamento caratteristico: ≥ 7.5 %
- rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento: $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

3.1.2 Profilati e piastre metalliche

- Acciaio tipo: EN 10025-S275 JR
- Tensione di rottura a trazione: $f_{tk} \geq 430$ MPa
- Tensione di snervamento: $f_{yk} \geq 275$ MPa

3.2 Calcestruzzo

3.2.1 Calcestruzzo magro per getti di livellamento

- Classe di resistenza: C12/15
- classe di esposizione: X0

3.2.2 Calcestruzzo pali, diaframmi di fondazione, cordoli opere provvisionali

- Classe di resistenza: C25/30

- classe di esposizione: XC2
- classe di consistenza: S4
- dimensione massima dell'inerte: $D_{\max} = 32 \text{ mm}$
- copriferro minimo: $c_{f,\min} \geq 60 \text{ mm}$

In Figura 2 è rappresentata la sezione SP2, costituita da una paratia di pali $\Phi 600$ di lunghezza $L=14$ m, posti ad interasse $i=0.8$ m.

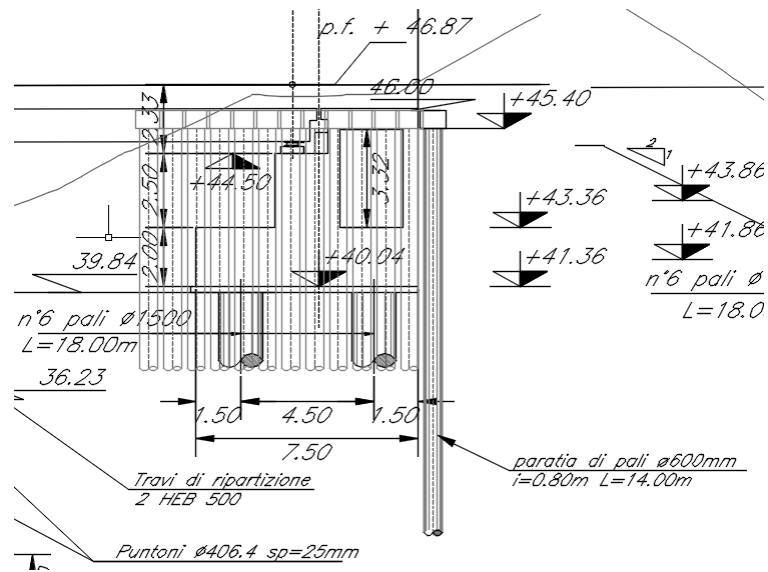


Figura 2

In Figura 3 è rappresentata la sezione P1, costituita da una paratia di pali $\Phi 1200$, di lunghezza $L=24$ m, posti ad interasse $i=1.4$ m, vincolata con uno o due livelli di puntoni, a seconda dell'altezza di scavo.

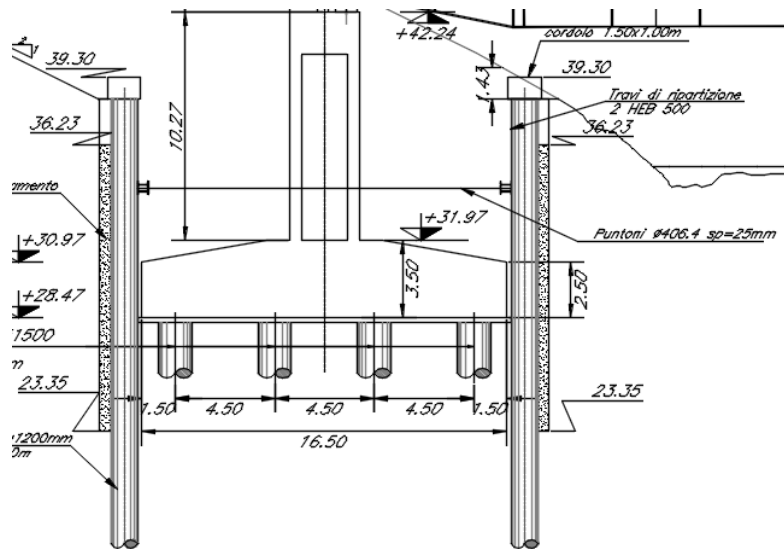


Figura 3

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per quanto riguarda la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica di dettaglio dei terreni presenti in corrispondenza del ponte si rimanda alla relazione geotecnica generale 2/6.

Dall'insieme dei dati forniti dalle indagini, le opere sono interessate dalla seguente unità litologica per la tratta interessata dal ponte sul torrente Fondaco Parrino. Nella sezione di riferimento il sottosuolo risulta costituito da ghiaie e ciottoli in matrice limo sabbiosa o in sabbia argillosa (bb) su un substrato costituito da Argilloscisti a tessitura scistosa (TAM) (Tabella 1).

Litotipo	γ kN/m ³	c' kPa	ϕ °	E MPa
bb	20	0	35	30
TAM	20	10	34	242

Tabella 1

Per quanto concerne la falda, nella zona in esame il livello è variabile dai 30 ai 35 m slm, come si evince dal profilo geotecnico di riferimento.

6 ANALISI DELL'INTERAZIONE PARATIA-TERRENO

Al fine di rappresentare il comportamento delle paratie durante le varie fasi di lavoro (scavi e/o eventuale inserimento degli elementi di contrasto), è necessario l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

Allo scopo si impiega il codice di calcolo "PARATIE PLUS" Versione 17.0 della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatica, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO LOTTO 2: Taormina - Giampileri					
	U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI VI04 – Ponte sul Torrente Fondaco-Parrino - Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS2S	LOTTO 02 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0403 001	REV. A

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".

Con tale metodologia, si può quindi seguire analiticamente la successione delle fasi di costruzione, di carico e di contrasto, consentendo di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle deformazioni e sugli effetti che esse inducono sul diagramma delle pressioni esercitate dal terreno sulla paratia.

Il metodo sopra esposto è sicuramente valido per il calcolo delle sollecitazioni all'interno della struttura che, come noto (cfr. [Becci & Nova, 1987], [Dhouib, 1995]), sono praticamente indipendenti dalla rigidità delle molle che simulano il terreno. Permangono le limitazioni intrinseche al metodo ed in particolare quella di non permettere la determinazione degli spostamenti del piano campagna.

7 CRITERI DI VERIFICA

Seguendo le prescrizioni contenute nelle Norme tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008) per il dimensionamento delle paratie, si è assicurato che sia verificata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;

- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Le verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

- C1 : (A1+M1+R1)
- C2 : (A2+ M2+R1)

La circolare 02.02.2009 n.617 chiarisce:

- Verifiche STRU: C1
- Verifiche GEO: C2

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio1:

- C2 : (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.

Le azioni di progetto Ed sono quindi state ottenute applicando i coefficienti A1 e A2 riportati in Tabella 6.2.I (NTC2008) alle azioni caratteristiche.

La resistenza di progetto Rd è stata ottenuta applicando i coefficienti parziali M1 e M2 di Tabella 6.2.II ai parametri del terreno, ed i coefficienti parziali γ_R riportati nella Tabella 6.5.I alle resistenze.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Per le verifiche delle membrature in acciaio si è fatto riferimento ai fattori parziali di Tabella 4.2.V.

Tabella 4.2.V Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

Per acciaio da armatura o in trefoli si è adottato un coefficiente $\gamma_M = 1.15$.

Le verifiche sismiche sono state omesse poiché le opere oggetto di studio sono opere provvisorie con durata prevista inferiore a due anni.

8 ANALISI DELLE OPERE PROVVISORIALI

8.1 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI STUDIO

8.1.1 SEZIONE SP2

Paratia di pali:

$D_p = 600 \text{ mm}$ diametro di perforazione

$i = 0.80 \text{ m}$ interasse longitudinale tra i pali

$L = 14.0 \text{ m}$ lunghezza del palo

Armatura longitudinale B450C:

$\phi = 18 \text{ mm}$ diametro armatura longitudinale

$n = 16$ numero barre

Armatura trasversale B450C:

$\phi = 8 \text{ mm}$ diametro armatura trasversale

$s = 0.25 \text{ m}$ passo equivalente dell'elica

La Figura 4 mostra la pianta dello scavo della sezione SP2.

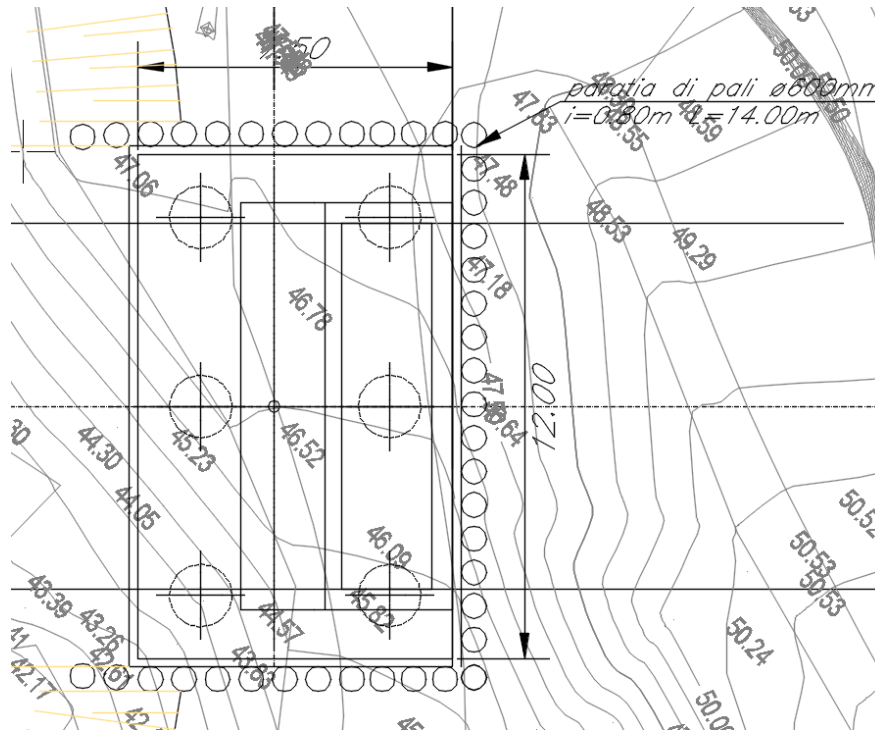


Figura 4

8.1.2 SEZIONE P1

Paratia di pali

$D_p = 1200 \text{ mm}$ diametro di perforazione

$i = 1.40 \text{ m}$ interasse longitudinale tra i pali

$L = 24.0 \text{ m}$ lunghezza del palo

Armatura longitudinale B450C:

$\phi = 26 \text{ mm}$ diametro armatura longitudinale

$n = 22$ numero barre

Armatura trasversale B450C:

$\phi = 12 \text{ mm}$ diametro armatura trasversale

$s = 0.20 \text{ m}$ passo equivalente elica

Sistema di puntoni

I puntoni sono sezioni circolari cave in acciaio (S275) aventi sezione $\Phi 406.4\text{mm}$, inclinati di circa 42° .

Per altezze di scavo $> 12\text{m}$ (ossia per la pila P2) occorre prevedere due livelli di vincolo.

La rigidezza del singolo puntone è stata valutata tramite una modellazione agli elementi finiti in ambiente SAP2000. È stato applicato un carico uniformemente distribuito pari a 1 kN/m alla trave di ripartizione e si è ricercato lo spostamento massimo su tale elemento che è risultato pari a $2.67 \cdot 10^{-5}\text{ m}$. Tramite la formula $k = \frac{1}{u}$ si valuta la rigidezza $k \approx 60000\text{ kN/m}$ da applicare alle molle nel modello in Paratie Plus. La Figura 5 mostra lo schema statico utilizzato in SAP2000:

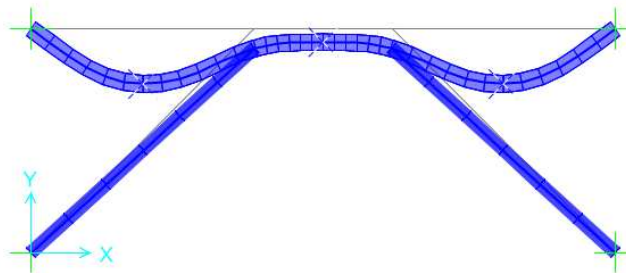
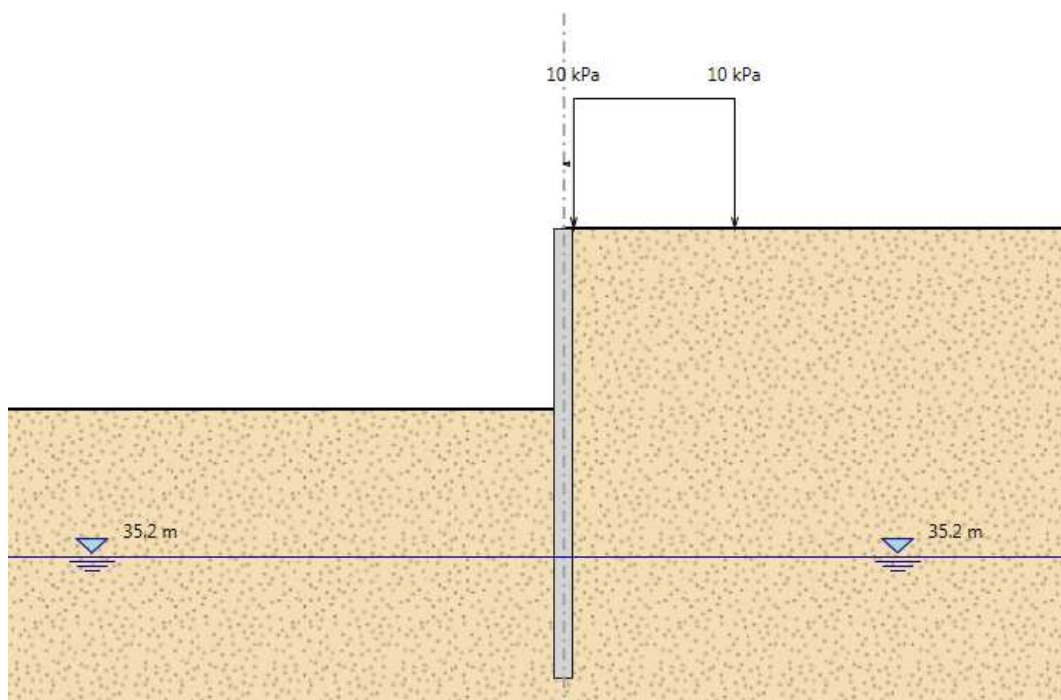


Figura 5

8.2 SCHEMA E FASI DI CALCOLO

8.2.1 SEZIONE SP2

GEOMETRIA SEZIONE SP2



Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	5.6	[m]
Profondità di infissione	8.4	[m]
Altezza totale della paratia	14	[m]
Numero di file di pali	1	[m]
Interasse fra i pali della fila	0.8	[m]
Diametro dei pali	0.6	[m]

Il cordolo di collegamento dei pali ha dimensioni trasversali 0.9 m x 0.6 m.

La massima altezza di scavo è di 5.6 m. Il livello di falda è a 10.2 m da p.c. lato monte.

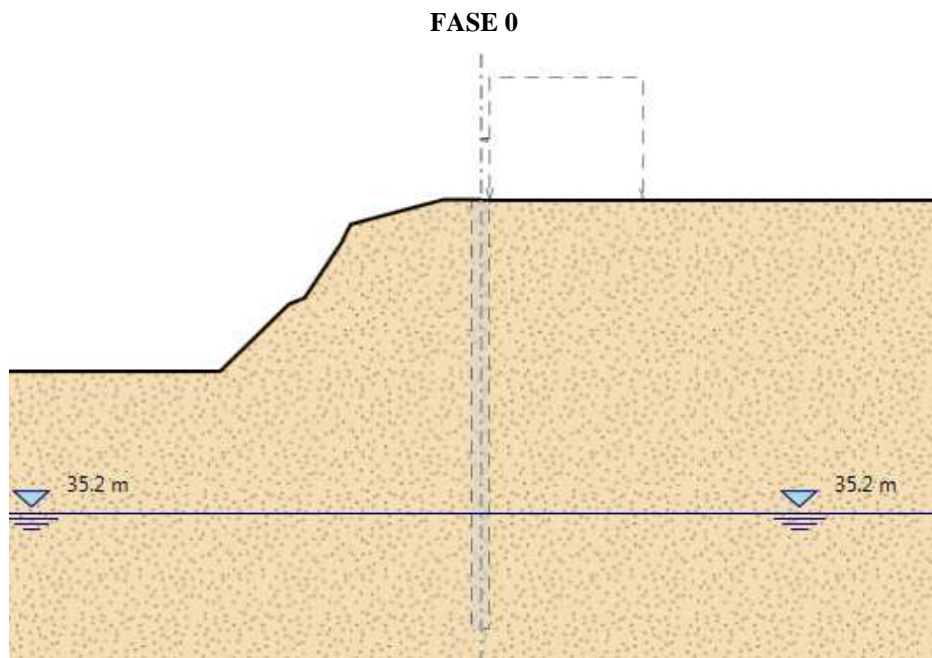
Nel calcolo si è tenuto conto del carico accidentale dovuto ai mezzi di cantiere $q_{acc} = 10.0 \text{ kN/m}^2$ uniformemente distribuito su un'area di impronta di 5.0 m posto in prossimità dell'estradosso della paratia.

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI
VI04 – Ponte sul Torrente Fondaco-Parrino -
Relazione di calcolo opere provvisionali

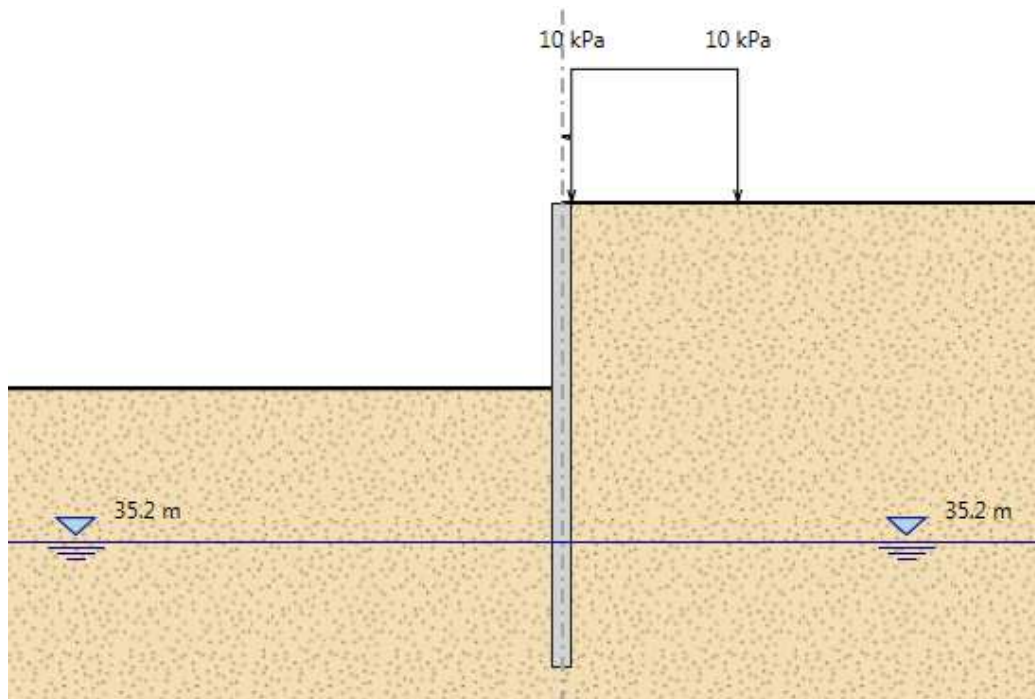
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02 D 09	CL	VI0403 001	A	18 di 46

Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione.

Fasi di calcolo:



FASE 1



Nome: Pali_D_06_m

Inerzia Equivalente: 0.008 m⁴/m

Area Equivalente: 0.3534 m

Mat. omogeneizzazione: C25/30

Da utilizzare per:

- Muri
- Solette (specificare il Dead Load: 5 kN/m)
- Puntelli
- Puntoni

Geometria e materiali

Custom

Materiale: Inerzia: m⁴/m Area: m²/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale: C25/30

Spessore Ct: 0 m

Diametro Cd: 0.6 m

Passo Cs: 0.8 m

Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]: ac: 1

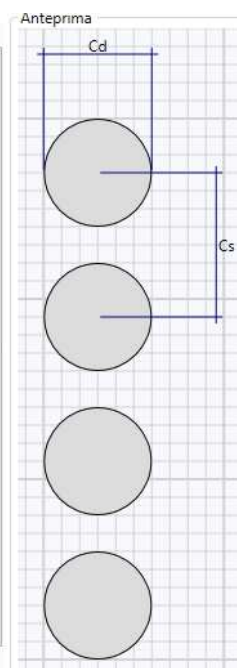
Acciaio

Materiale: Fe360

Profilo:

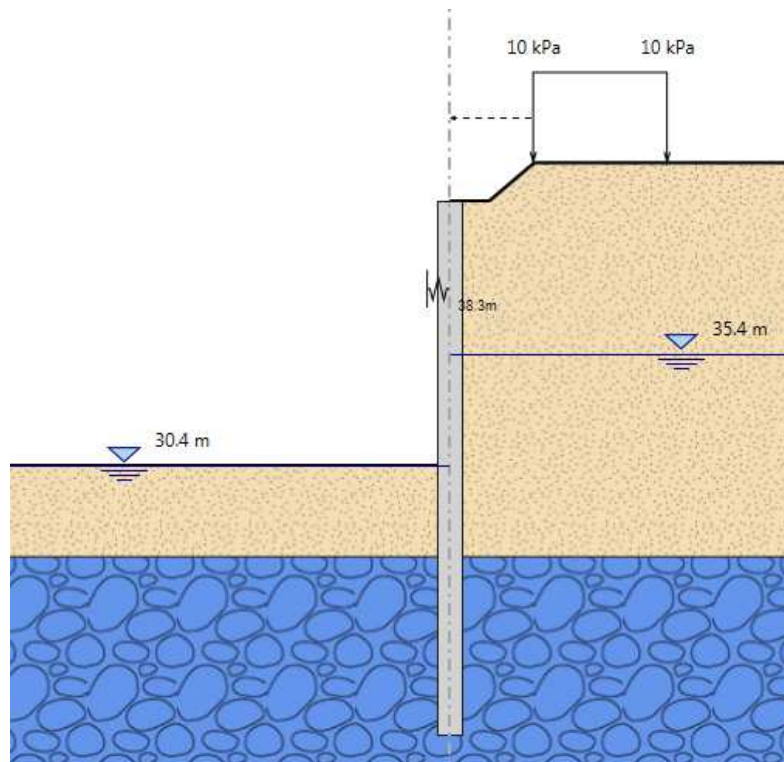
Passo Ss: 0.8 m

Anteprima



8.2.2 SEZIONE P1

GEOMETRIA SEZIONE P1



Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	14.1	[m]
Profondità di infissione	9.9	[m]
Altezza totale della paratia	24.00	[m]
Numero di file di pali	1	[m]
Interasse fra i pali della fila	1.40	[m]
Diametro dei pali	1.20	[m]

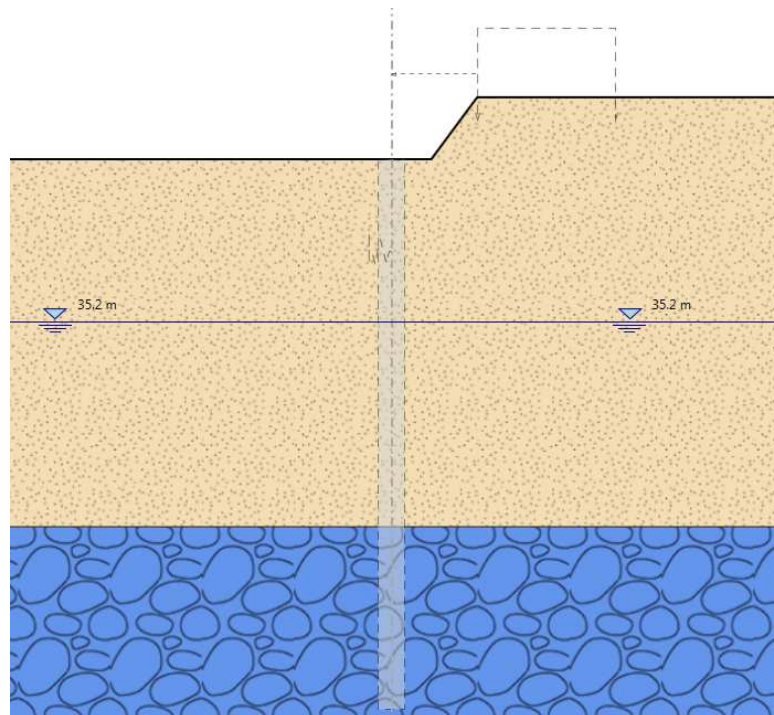
Il cordolo di collegamento dei pali ha dimensioni trasversali 1.50 m x 1.00 m.

La massima altezza di scavo (che si verifica in corrispondenza della pila P2) è pari a 14.1 m.

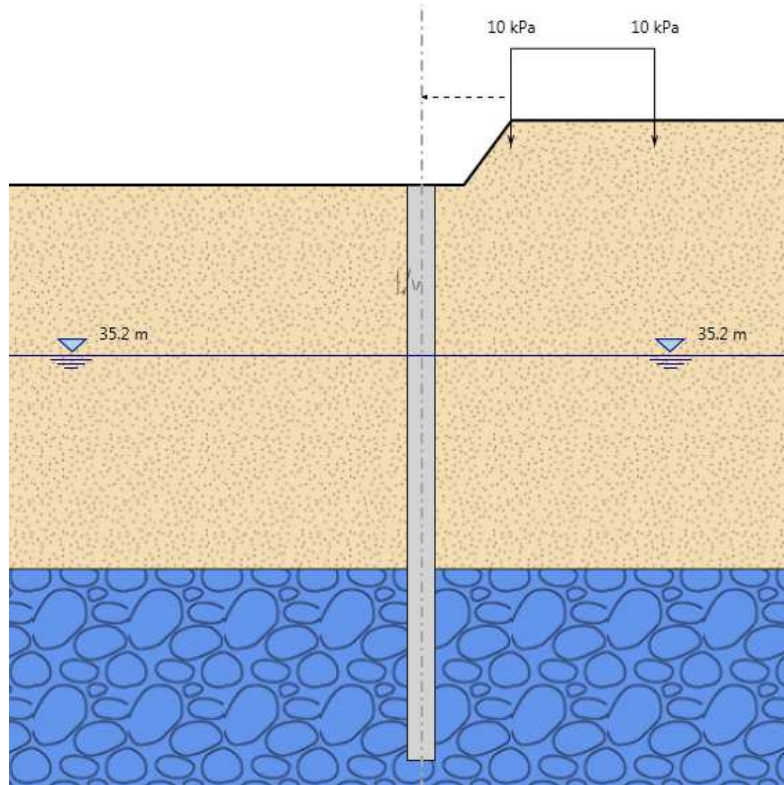
Nel calcolo si è tenuto conto del carico accidentale dovuto ai mezzi di cantiere $q_{acc} = 10.0 \text{ kN/m}^2$ uniformemente distribuito su un'area di impronta di 5.0 m posto in prossimità dell'estradosso della paratia.

Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione.

FASE 0



FASE 1



Nome

Inerzia Equivalente m⁴/m

Area Equivalente m

Mat. omogeneizzazione

Da utilizzare per

Muri

Solette (specificare il Dead Load kN/m)

Puntelli

Puntoni

Anteprima

Geometria e materiali

Custom

Materiale Inerzia m⁴/m Area m²/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale

Spessore Ct m

Diametro Cd m

Passo Cs m

Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]

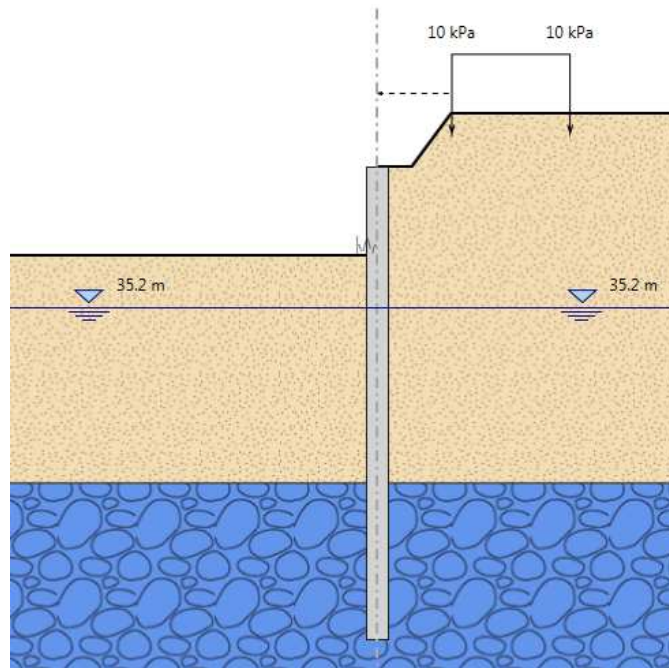
Acciaio

Materiale

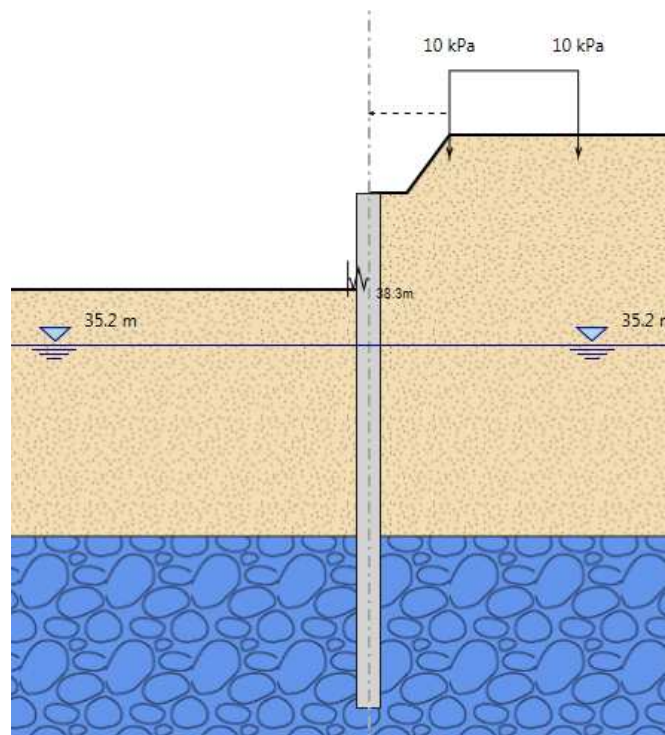
Profilo

Passo Ss m

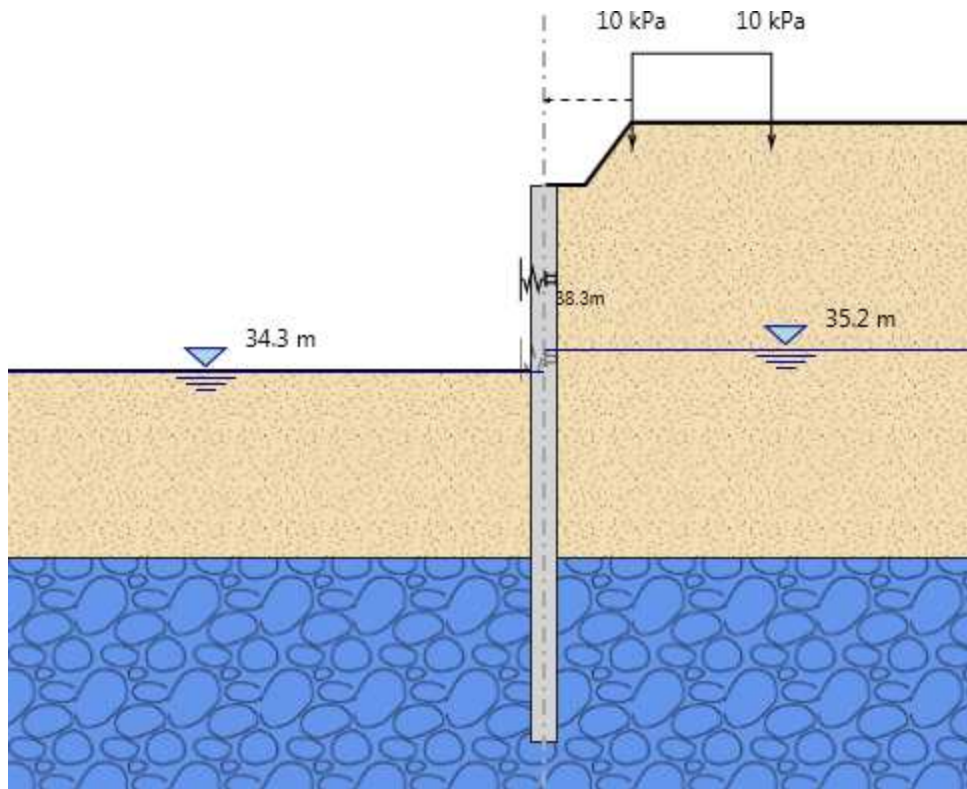
FASE 2



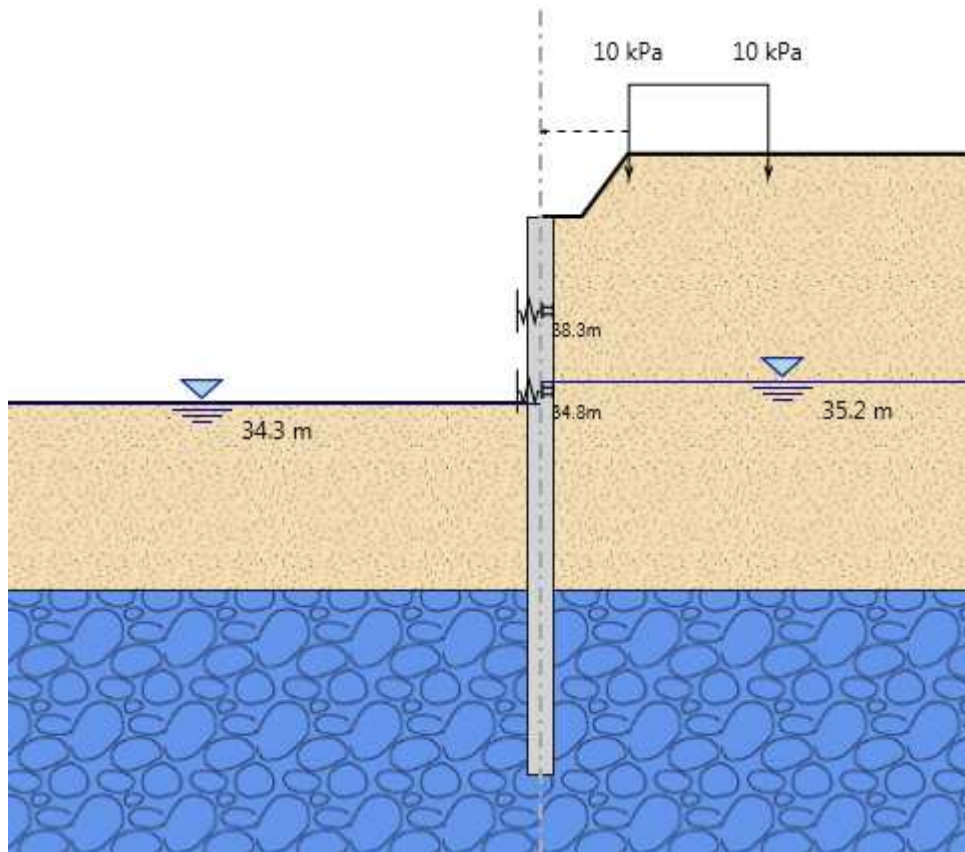
FASE 3



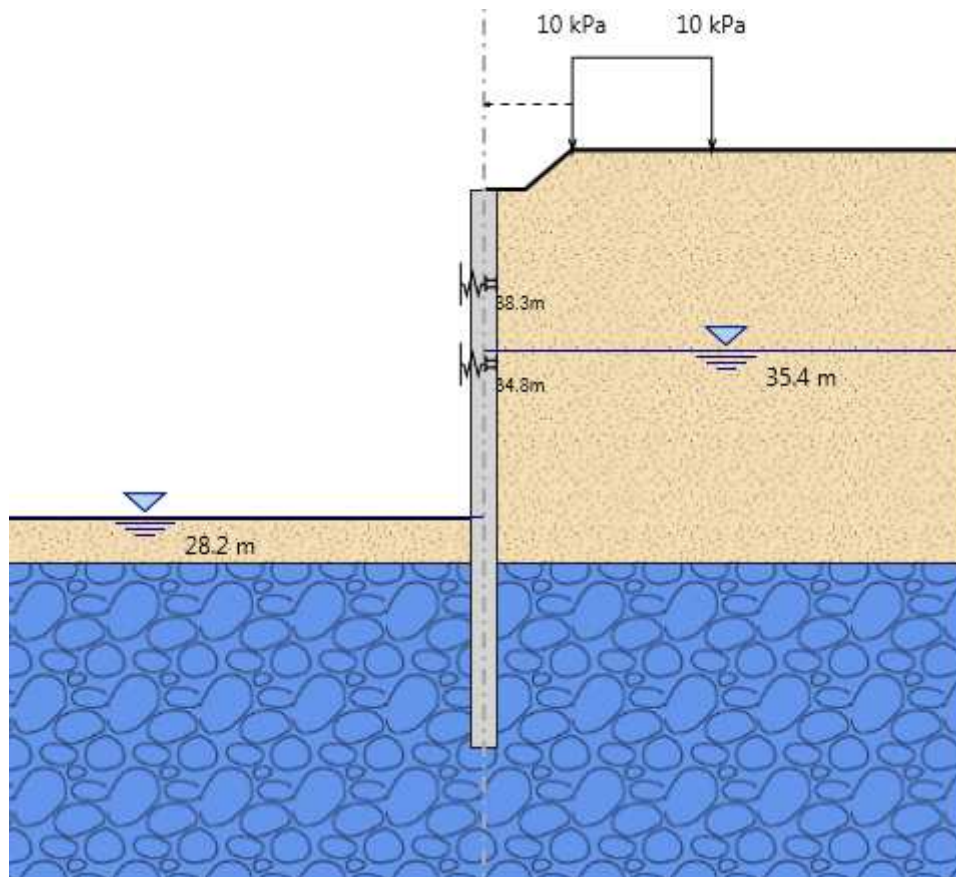
FASE 4



FASE 5



FASE 6



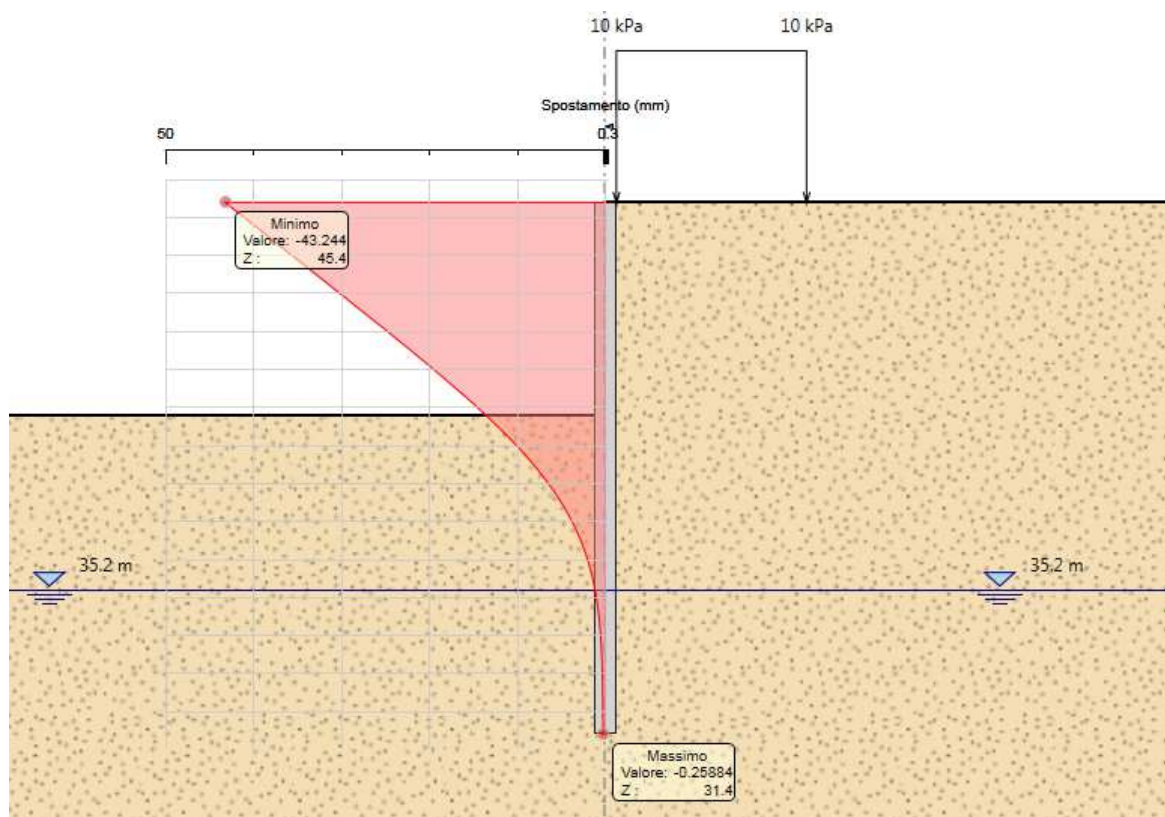
9 RISULTATI E VERIFICHE PARATIA

Nel seguito si espongono, in sintesi, i principali risultati di interesse progettuale.

9.1 SEZIONE SP2

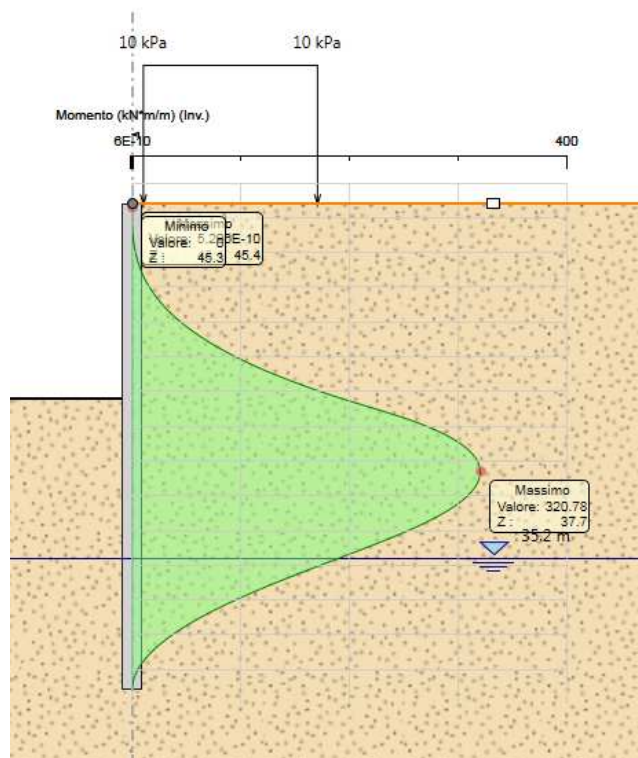
9.1.1 RISULTATI (combinazione nominal):

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione nominale si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia di si ha alla testa del palo (quota 45.4 m slm) e risulta pari a 43.24 mm.

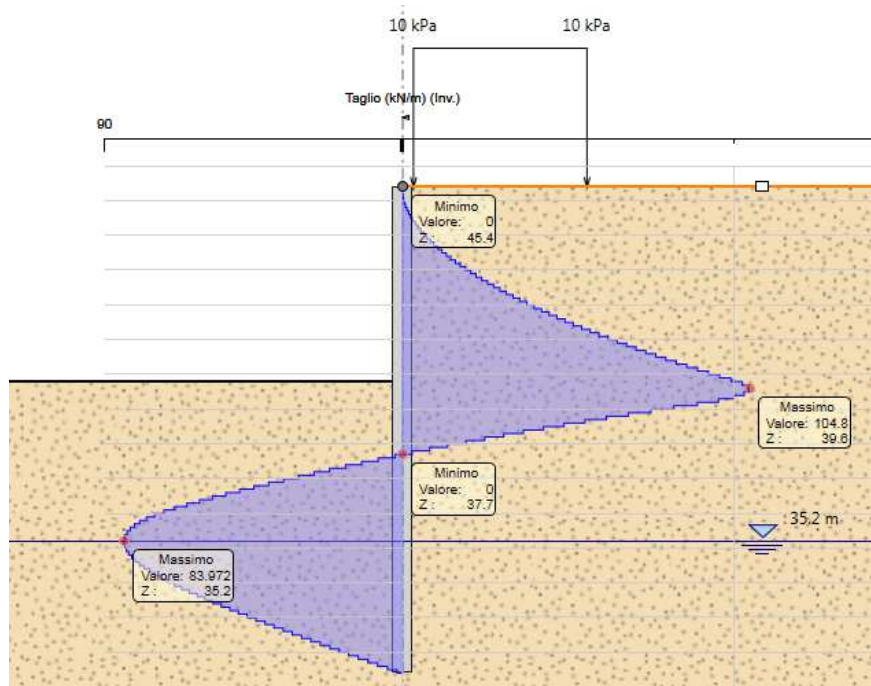


9.1.2 *RISULTATI e VERIFICHE SLU STR PARATIA DI PALI (combinazione A1+M1+R1):*

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore sulla paratia si ha ad una quota di 37.7 m slm (8.2 m dalla testa del palo).



Dall'involuppo taglio in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore sulla paratia si ha ad una quota di 39.6 m slm (5.8 m dalla testa del palo).

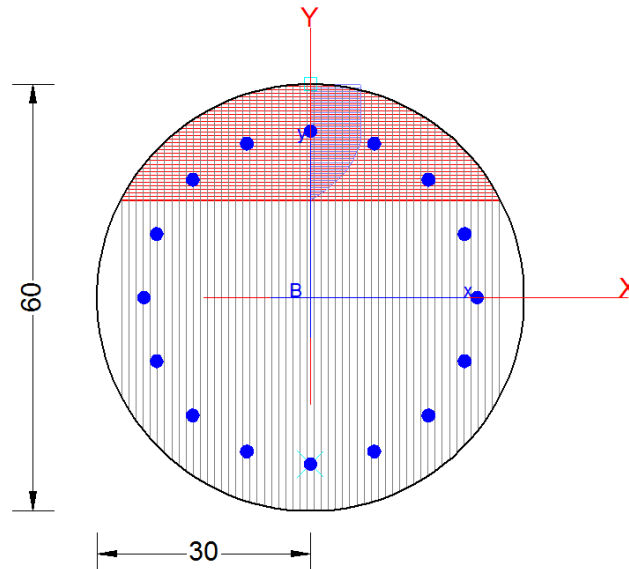


Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista

Armatura longitudinale	Lunghezza gabbia [m]	Armatura prevista
Gabbia 1	8	16Φ18
Gabbia 2	8	16Φ18

Armatura trasversale	Passo [m]	Armatura prevista
Elica	0.25	56Φ8
Anello irrigidimento	2	7Φ24

Le verifiche sono state effettuate con il programma *RC-Sec*. Di seguito è riportato il report delle verifiche a SLU.



REPORT RC-SEC

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: Pali_d_06

(Percorso File: \\RM1-prod\PJ\10-12507\W\3\109-GET\CLAI\VI04\SPA2\RC-sec\Pali_d_06.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa

Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 30.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	23.4	16	18

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
Passo staffe: 1000.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	256.00	0.00	83.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature [cm ²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	256.00	0.00	0.00	324.13	0.00	1.266	28.0(4.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00200	0.0	30.0	0.00209	0.0	23.4	-0.00792	0.0	-23.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000213904	-0.002917112	0.306	0.823

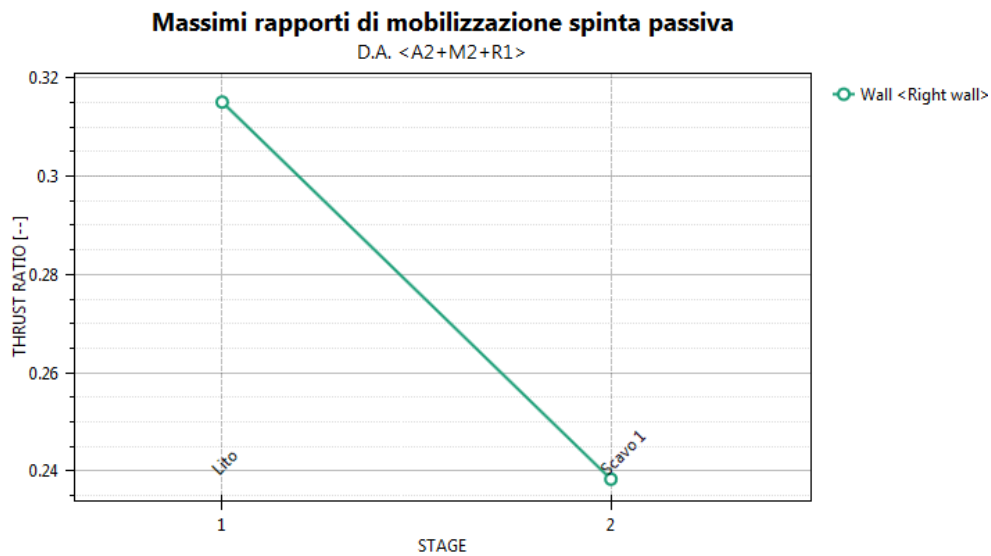
METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	83.00	128.03	47.1	52.2	0.0072	0.00

9.1.3 VERIFICA SLU GEO PARATIA DI PALI (combinazione A2+M2+R1)

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa 31.5%



9.1.4 INCIDENZA PALI

Si valuta l'incidenza del palo e risulta pari a $153 \frac{kg}{m^3}$.

	φ (mm)	L (m)	n° Ferri	Peso (kg)
Ferri Long.	18	8	16	255.744
Ferri Long.	18	8	16	255.744
Elica	8	2	56	45.865
Anello	24	2	7	46.854

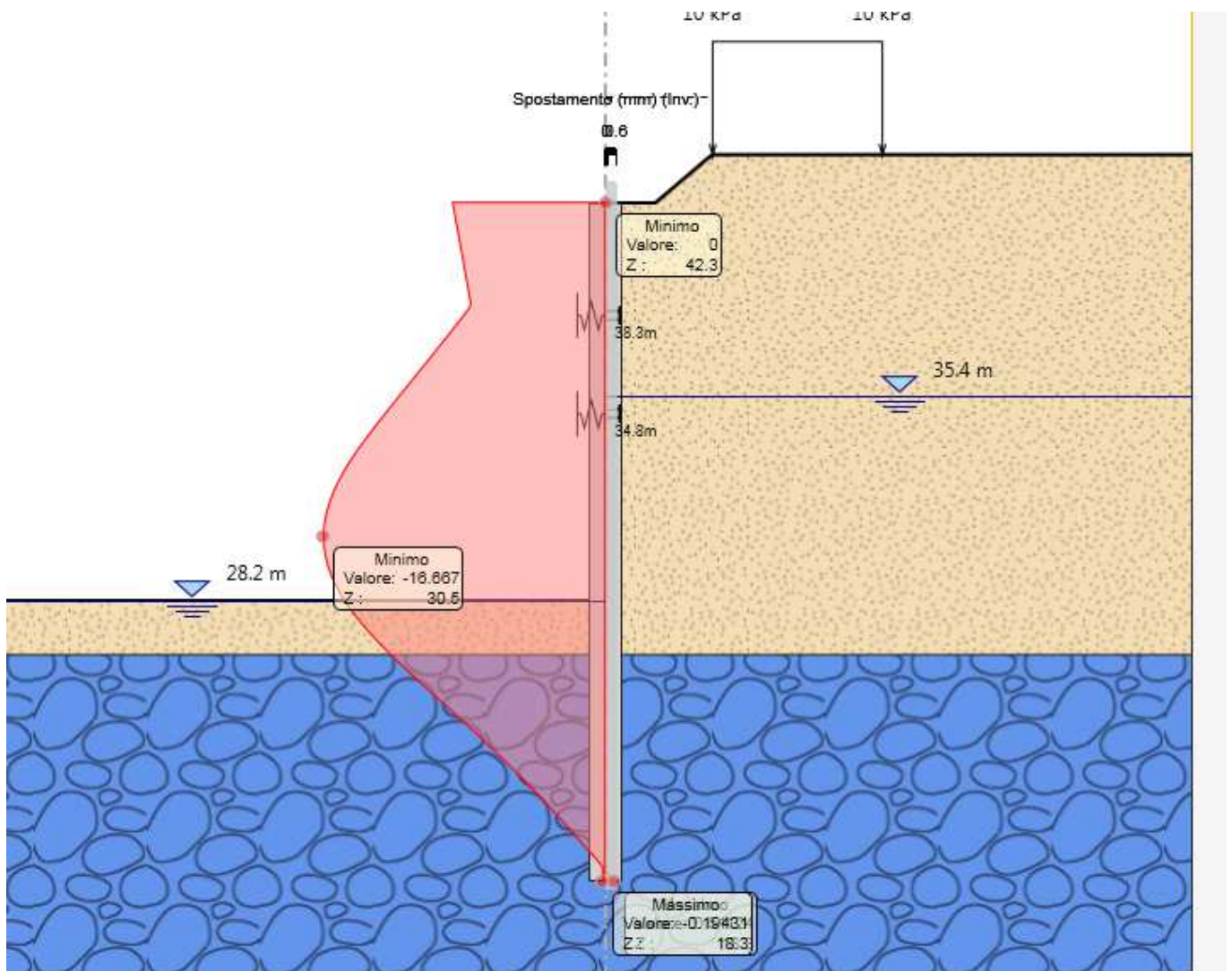
604.207 **TOT**

Volume CLS (m³)	3.958
INCIDENZA (kg/m³)	153.00

9.2 SEZIONE P1

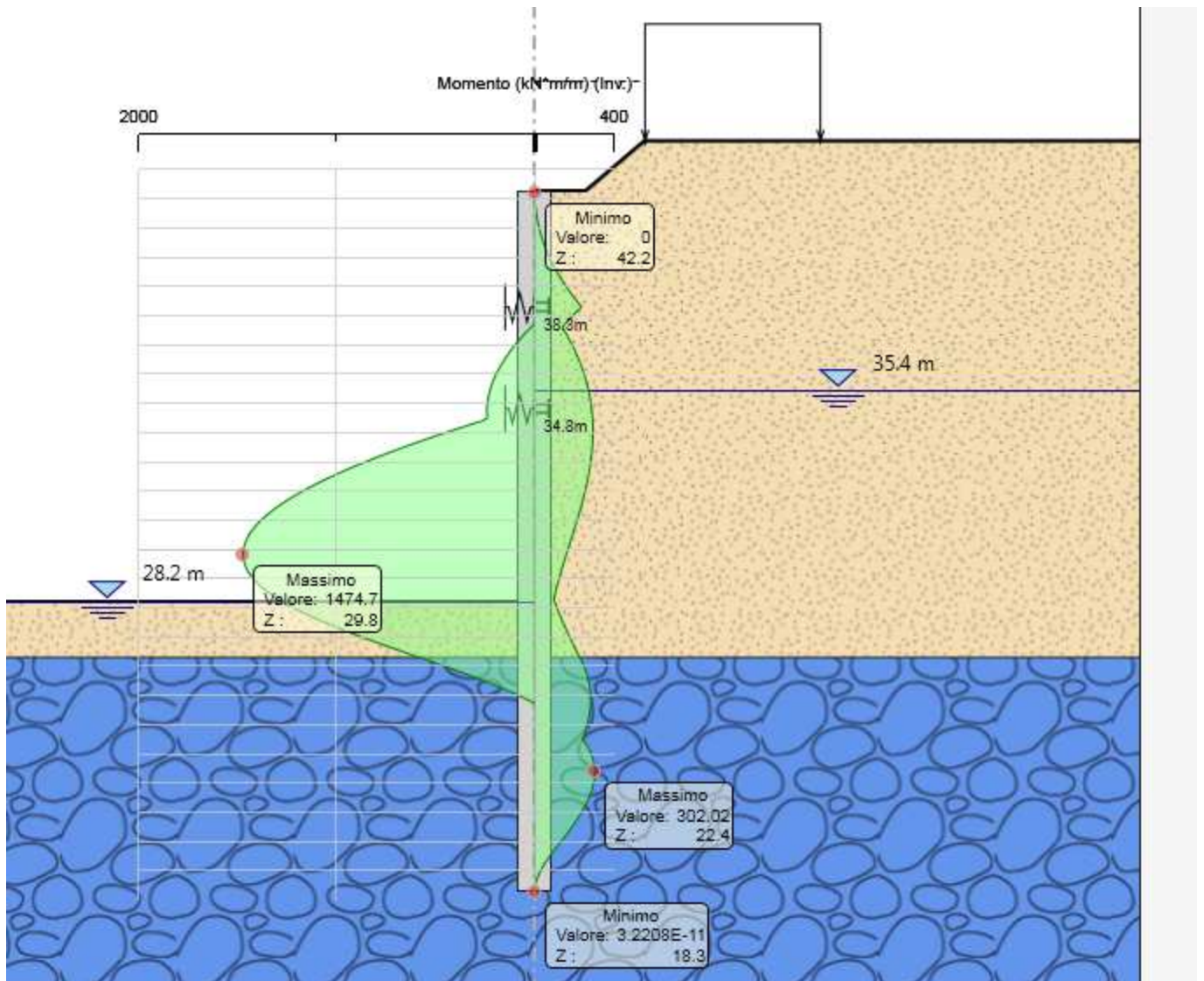
9.2.1 RISULTATI (combinazione nominal):

Dall'involuppo degli spostamenti in combinazione nominale si osserva che lo spostamento massimo orizzontale della paratia si ha a 118 m dalla testa del palo (quota 30.5 m slm) e risulta pari a 16.67mm.

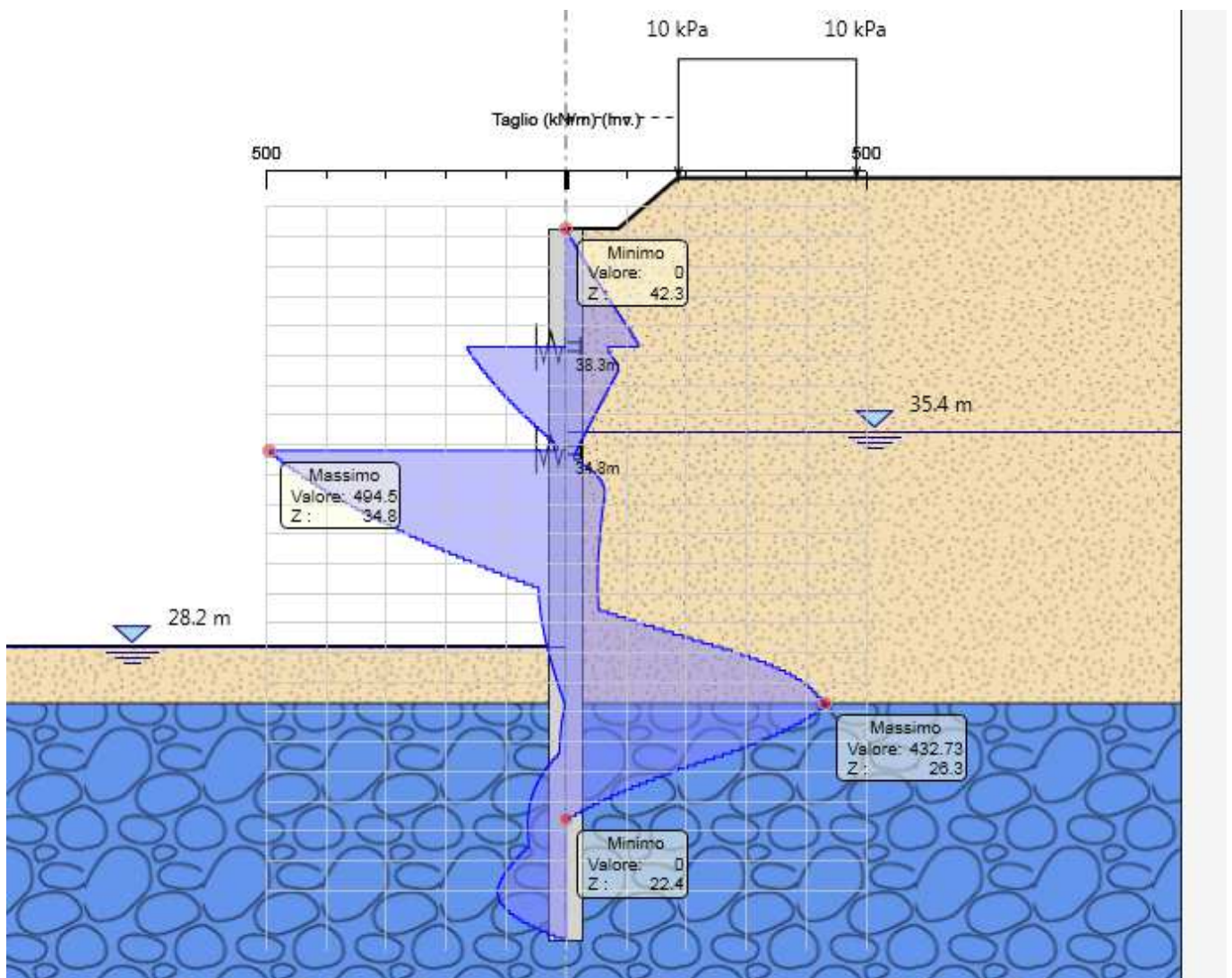


9.2.2 RISULTATI e VERIFICHE SLU STR PARATIA DI PALI (combinazione A1+M1+R1):

Dall'involuppo del momento flettente in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore sulla paratia si ha a 10.5 m dalla testa del palo (ad una quota di 29.8 m slm).



Dall'involuppo del taglio in combinazione A1+M1+R1 si osserva che il massimo valore sulla paratia si ha a 7.5 m dalla testa del palo (ad una quota di 34.8 m slm).

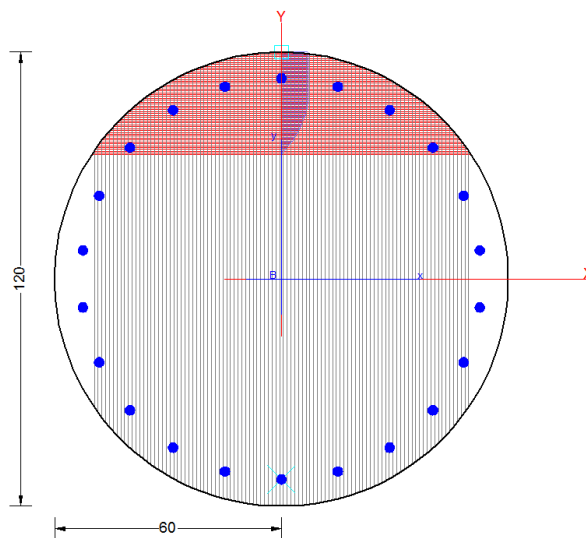


Nella seguente tabella si riassume l'armatura longitudinale e trasversale prevista.

Armatura longitudinale	Lunghezza gabbia [m]	Armatura prevista
Gabbia 1	12.0	22 Φ 26
Gabbia 2	12.0	22 Φ 26
Gabbia 3	4.0	22 Φ 26

Armatura trasversale	Passo [m]	Armatura prevista
Elica	0.2	120 Φ 12
Anello irrigidimento	2	12 Φ 24

Le verifiche sono state effettuate con il programma *RC-Sec*. Di seguito è riportato il report delle verifiche a SLU.



REPORT RC-SEC

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	60.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	53.0	22	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm

Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	2064.60	0.00	692.30	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 12.5 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	2064.60	0.00	0.00	2092.85	0.00	1.014	79.6(17.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione									
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)									
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)									
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00316	0.0	60.0	0.00259	0.0	53.0	-0.01114	0.0	-53.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000129549	-0.004272969	0.239	0.739

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

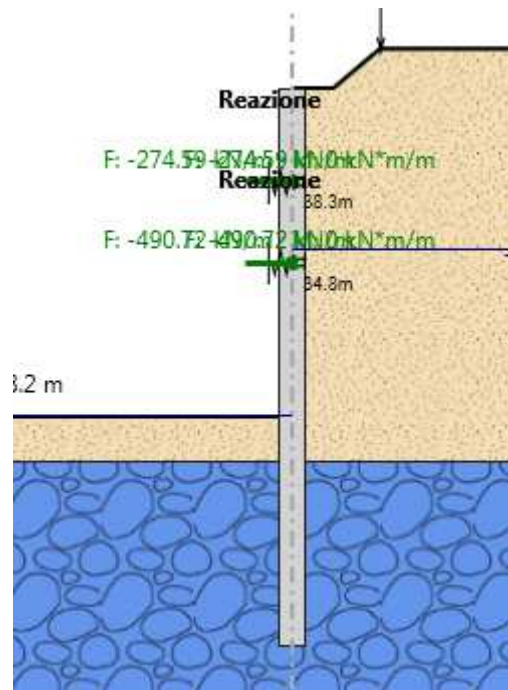
Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con $L=lungh.legat.proietta-$
 ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	N	692.30	2179.69	1026.91	101.3	97.9	21.80°	1.000	7.8	11.5(0.0)

9.2.3 VERIFICA SLU STRU PUNTONE (combinazione A1+M1+R1)

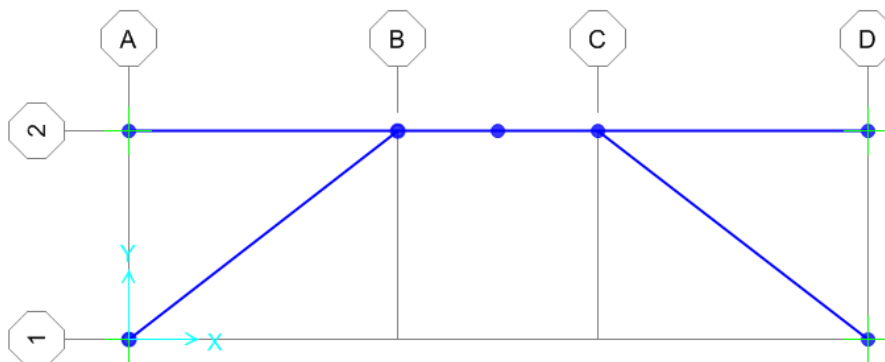
I puntone sono caratterizzati da un profilo circolare cavo ϕ 406.4 s=25mm.

Tramite il programma di calcolo Paratie Plus è stata valutata la reazione nella molla in combinazione A1+M1+R1 che risulta essere pari a 491 kN/m.



Tale reazione è stata utilizzata come moltiplicatore del carico unitario nel modello in SAP2000.

In tal modo è stato valutato lo sforzo normale agente sul singolo puntone.



Tale sforzo è $N_{Ed} = 4391.32 \text{ kN}$. Si è proceduto dunque alla verifica di instabilità del puntone compresso.

$N_{b,Rd}$ è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa, data da

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

essendo la sezione di classe 1.

Infatti:

$$\frac{d}{t} = 16.256 \leq 50\varepsilon^2 = 42.72$$

e come riportato nella tabella sottostante la sezione è di classe 1.

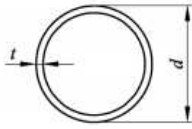
Sezioni tubolari						
						
Classe	Sezione soggetta a flessione e/o compressione					
1	$d/t \leq 50 \varepsilon^2$					
2	$d/t \leq 70 \varepsilon^2$					
3	$d/t \leq 90 \varepsilon^2$					
	Nota	Per $d/t > 90 \varepsilon^2$ vedere EN 1993-1-6.				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Figura 2.3 Tabella 5.2- parte 3 di EN 1993-1-1: rapporti lato/spessore per parti compresse.

I coefficienti χ dipendono dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; essi si desumono, in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$, dalla seguente formula

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.87$$

dove $\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$, α è il fattore di imperfezione, ricavato dalla Tab 4.2.VI, e la snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$ è pari a

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_{yk}}{N_{cr}}} = 0.652$$

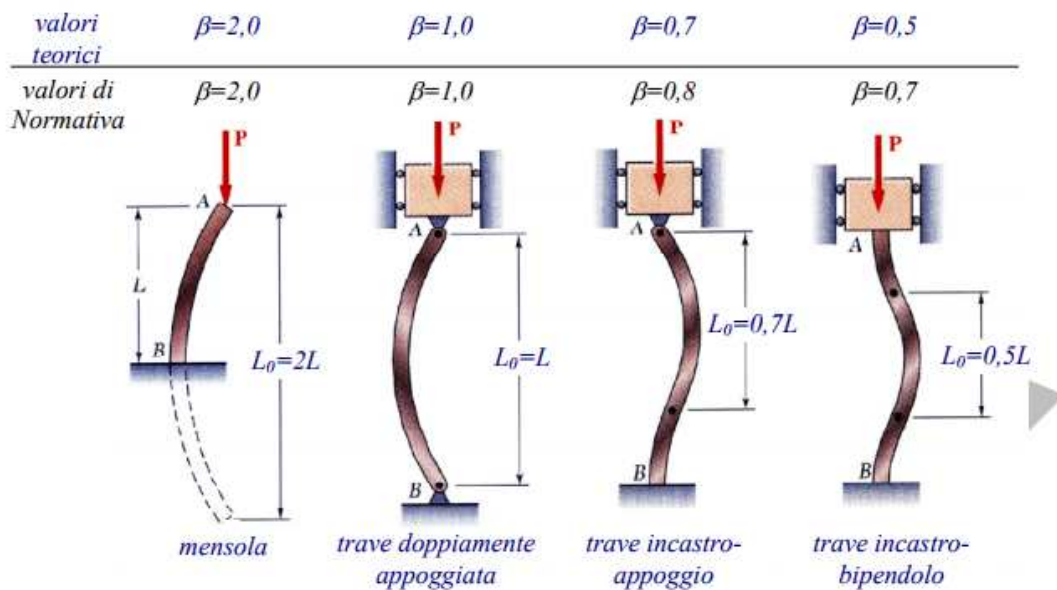
dove $N_{cr} = \frac{\pi^2 * EJ}{L_0^2}$ e $\alpha = 0.21$ essendo il tubolare una sezione formata a caldo.

Nella formulazione precedente

$$E = 210 * 10^9 \frac{N}{m^2}$$

$$J = 0.000547 m^4$$

$$L_o = \beta L = 1 * 7.34 = 7.34 m$$



Risulta:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 6236.10 kN$$

Dunque essendo $N_{Ed} = 4391.32 kN$ la verifica risulta essere soddisfatta.

9.2.4 VERIFICA SLU STRU TRAVE DI RIPARTIZIONE (combinazione A1+M1+R1)

VERIFICA A MOMENTO

Il momento flettente di calcolo M_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

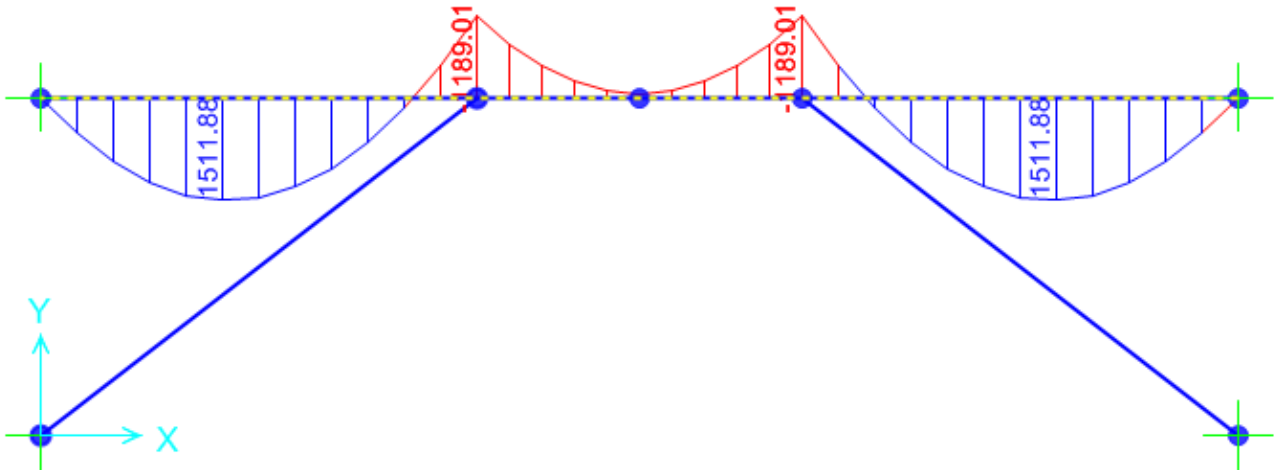
Per ricavare la sollecitazione massima a flessione nella trave di ripartizione si è ricavato il carico uniformemente distribuito sulla trave di ripartizione su ParatiePlus 17 nella combinazione A1+M1+R1. Tale carico è stato applicato allo schema trave/puntone su Sap2000. Il momento massimo risulta essere 1511.88 kNm sul singolo profilato, dunque 796 kNm sulla trave (2HEB500).

La resistenza di calcolo a flessione retta della sezione $M_{c,Rd}$ vale per le sezioni di classe 1 e 2

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 3255.86 \text{ kNm}$$

Ove W_{pl} della sezione composta è la somma di W_{pl} dei due profilati HE500B ($W_{pl}=4815\text{cm}^3$)

Dunque la verifica risulta essere soddisfatta.

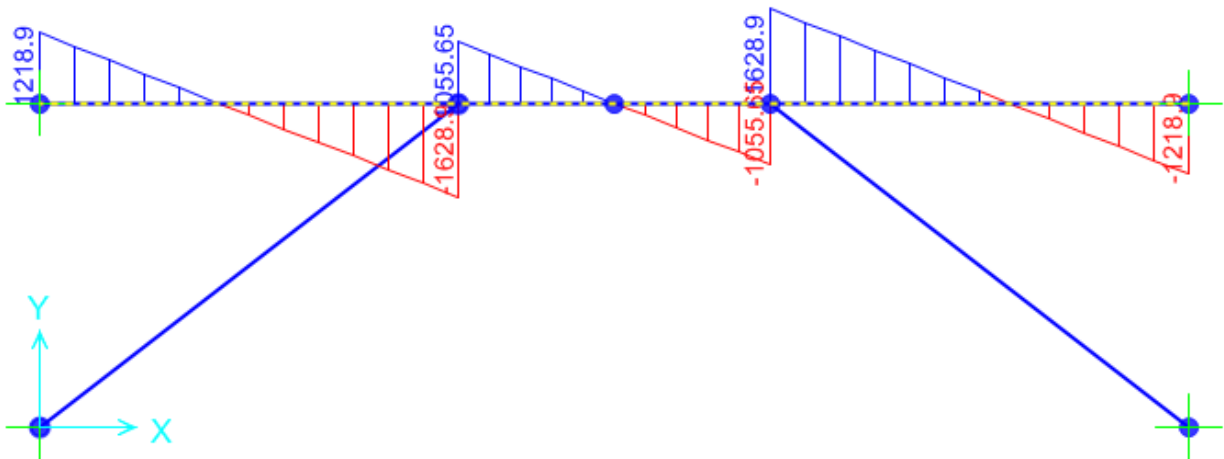


VERIFICA A TAGLIO

Il taglio di calcolo T_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{c,Rd}} \leq 1$$

Per ricavare la sollecitazione massima a taglio nella trave di ripartizione si è ricavato il carico uniformemente distribuito sulla trave di ripartizione su ParatiePlus 17 nella combinazione A1+M1+R1. Tale carico è stato applicato allo schema trave/puntone su Sap2000. Il taglio massimo risulta essere 1629 kN sul singolo profilato, dunque 814.5 kN sulla trave (2HEB500).



La resistenza di calcolo taglio della sezione $T_{c,Rd}$ vale:

$$T_{c,Rd} = \frac{A_v * f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2156.65 \text{ kN}$$

Ove A_v della sezione composta è la somma di A_v dei due profilati HEB500B ($A_v=89.82 \text{ cm}^2$)

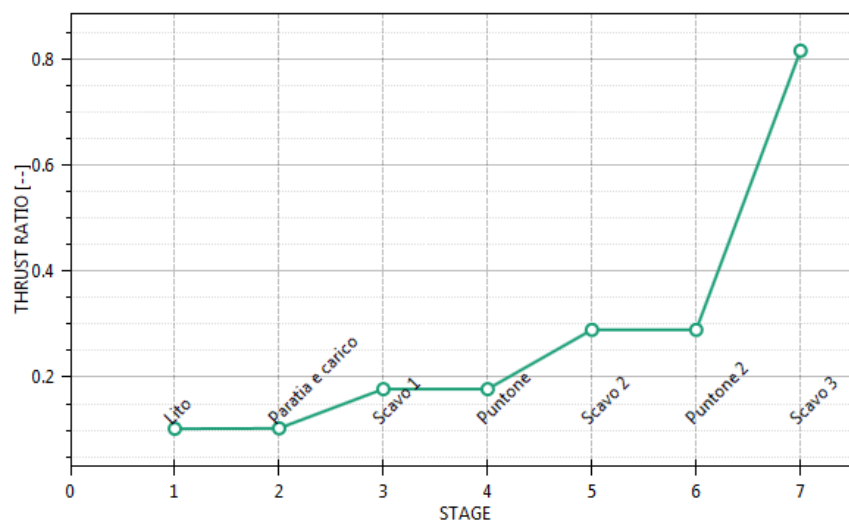
Dunque la verifica risulta essere soddisfatta.

9.2.5 VERIFICA SLU GEO PARATIA DI PALI (combinazione A2+M2+R1)

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è circa l'81% sulla paratia.

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <A2+M2+R1>



9.2.6 INCIDENZA PALI

Si valuta l'incidenza del palo e risulta pari a $107 \frac{kg}{m^3}$.

	φ (mm)	L (m)	n° Ferri	Peso (kg)
Ferri Long.	26	12	22	1100.352
Ferri Long.	26	12	22	1100.352
Ferri Long.	26	4	22	366.784
Elica	12	4	120	441.895
Anello	24	4	12	160.644

3170.027 **TOT**

Volume CLS (m ³)	27.143
INCIDENZA (kg/m³)	117.00