

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

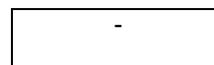
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

VI06 – PONTE DI VIA ENRICO FERMI

Relazione di calcolo paratie

SCALA:



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
N B 1 R	0 2	D	2 6	C L	V I 0 6 0 0	0 0 4	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Serrau 	Marzo 2020	A. Maran 	Marzo 2020	M. Berlingeri 	Marzo 2020	A. Perego Marzo 2020

File: NB1R02D26CLVI0600004A

n. Elab.:

INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
2.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
3.	PARAMETRI GEOTECNICI.....	11
3.1.	TERRENO DI FONDAZIONE	11
3.2.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	11
4.	MATERIALI.....	13
4.1.	CALCESTRUZZO.....	13
4.2.	ACCIAIO DA ARMATURA ORDINARIA	14
4.3.	ACCIAIO PER PUNTELLI E ARMATURA MICROPALI.....	14
5.	SOFTWARE DI CALCOLO	15
6.	ANALISI DEI CARICHI.....	17
6.1.	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA (G_1).....	17
6.2.	SPINTA DELLE TERRE E DELL'ACQUA.....	17
6.3.	CARICHI ACCIDENTALI (Q_{ACC})	17
6.4.	AZIONI SISMICHE.....	17
7.	COMBINAZIONI DI CARICO	19
8.	MODELLO DI CALCOLO	21

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	3 di 89

8.1.	MODELLI DELLE PARATIE DI PALI Ø1200	21
8.2.	MODELLO DELLA PARATIA TIPO 6	26
8.1.	MODELLO DELLA PARATIA TIPO 7	30
9.	SINTESI RISULTATI	33
9.1.	PARATIA TIPO 1	33
9.2.	PARATIA TIPO 2	36
9.3.	PARATIA TIPO 3	39
9.4.	PARATIA TIPO 4	42
9.5.	PARATIA TIPO 5	45
9.6.	PARATIA TIPO 6	48
9.7.	PARATIA TIPO 7	51
10.	VERIFICHE	53
10.1.	VERIFICHE PARATIA TIPO 1	53
10.2.	VERIFICHE PARATIA TIPO 2	57
10.3.	VERIFICHE PARATIA TIPO 3	62
10.4.	VERIFICHE PARATIA TIPO 4	66
10.5.	VERIFICHE PARATIA TIPO 5	71
10.6.	VERIFICHE PARATIE TIPO 6 E 7	75
10.7.	VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITÀ DEI PUNTELLI	77
10.8.	VERIFICA DELLA TRAVE DI CORONAMENTO DEI PALI	77
10.9.	VERIFICA DELLA TRAVE DI CORONAMENTO DEI MICROPALI	79



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA
LINEA DA CURNO A BERGAMO
VI06 – Ponte di via Enrico Fermi

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	4 di 89

10.10. VERIFICHE GEOTECNICHE IN FASE DI ESERCIZIO (SLE)	85
11. INCIDENZE DELLE ARMATURE.....	89

ALLEGATO 1 – TABULATO DI CALCOLO PARATIA TIPO 1

ALLEGATO 2 – TABULATO DI CALCOLO PARATIA TIPO 2

ALLEGATO 3 – TABULATO DI CALCOLO PARATIA TIPO 3

ALLEGATO 4 – TABULATO DI CALCOLO PARATIA TIPO 4

ALLEGATO 5 – TABULATO DI CALCOLO PARATIA TIPO 5

ALLEGATO 6 – TABULATO DI CALCOLO PARATIA TIPO 6

ALLEGATO 7 – TABULATO DI CALCOLO PARATIA TIPO 7

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	RELAZIONE DI CALCOLO Relazione di calcolo paratie	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600004	REV. A

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono le paratie di sostegno degli scavi delle rampe e del sottopasso VI06 – Ponte di via Enrico Fermi, nel comune di Curno (BG), posto al km 4+275 della tratta ferroviaria Bergamo-Ponte san Pietro. L'opera si inserisce nell'appalto 2 dei lavori di raddoppio della ferrovia Ponte San Pietro – Bergamo – Montello e consente l'eliminazione del passaggio a livello esistente.

Nel presente elaborato sono riportati i criteri progettuali e le verifiche strutturali seguiti per il dimensionamento e le verifiche di resistenza dei pali, che sostengono gli scavi per la formazione delle rampe di accesso al sottopasso. La rampa nord inizia in prossimità dell'inizio della nuova viabilità che diparte dall'incrocio tra via Fermi e la viabilità locale di collegamento al centro commerciale Esselunga di Curno. L'opera, quindi, sottopassa la ferrovia Bergamo – Ponte San Pietro, per proseguire con la rampa sud fino a ricongiungersi alla viabilità esistente poco dopo l'attuale intersezione con via Donizetti, la quale verrà ridotta a pista ciclopedonale.

La carreggiata della nuova viabilità è composta dalla sede stradale di larghezza minima 7m, a cui aggiungere gli allargamenti per visibilità, essendo presente una importante curvatura planimetrica, e da una pista ciclabile di larghezza utile pari a 2.9m.

Le paratie sono composte da pali $\varnothing 1.2\text{m}$ con passo variabile tra 1.2m e 1.5m e profondità variabile tra 14m e 20m, inoltre, nella parte terminale della trincea, per esigenze di ingombri si utilizzano due paratie di micropali $\varnothing 30\text{cm}$ con passo 30cm e lunghezza 10m.

Si verificherà inoltre l'opera di sostegno dello scavo per l'abbassamento della livelletta della pista ciclopedonale sul lato nord dell'intersezione tra via Fermi e la viabilità locale di collegamento al centro commerciale Esselunga di Curno. Si tratta di una paratia di micropali $\varnothing 30\text{cm}$ con passo 25cm e lunghezza 8m.

In fase di esercizio, tra le paratie di pali, si prevede la realizzazione di un solettone di fondo della rampa e di due muri di rifodera dei pali, il cui calcolo è riportato nel dettaglio nella relazione NB1R02D26CLVI0600002A.

Non sono oggetto della presente relazione le paratie nel tratto di scavalco della ferrovia, che sostengono le spalle degli impalcati metallici, le cui verifiche sono trattate nella relazione NB1R02D26CLVI0608001A

Nel seguito si presenta la sezione trasversale tipica del tratto di scavo oggetto del calcolo.

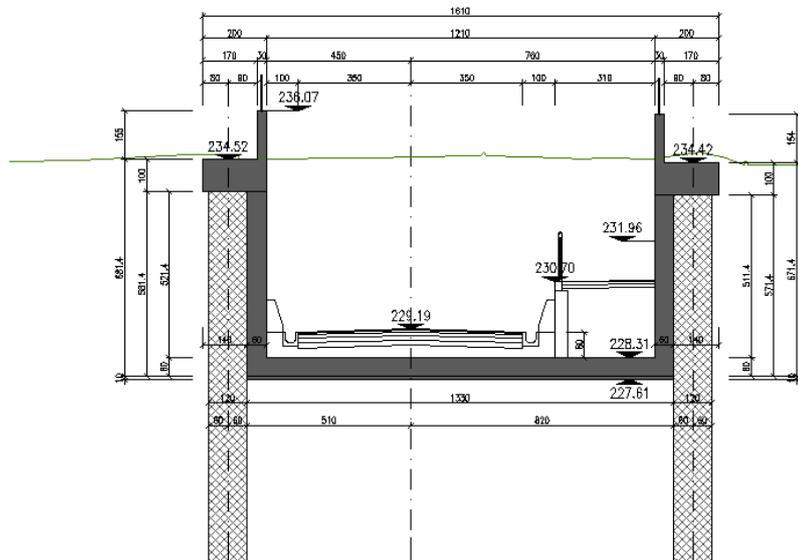


Figura 1: Sezione trasversale tipo con arredo

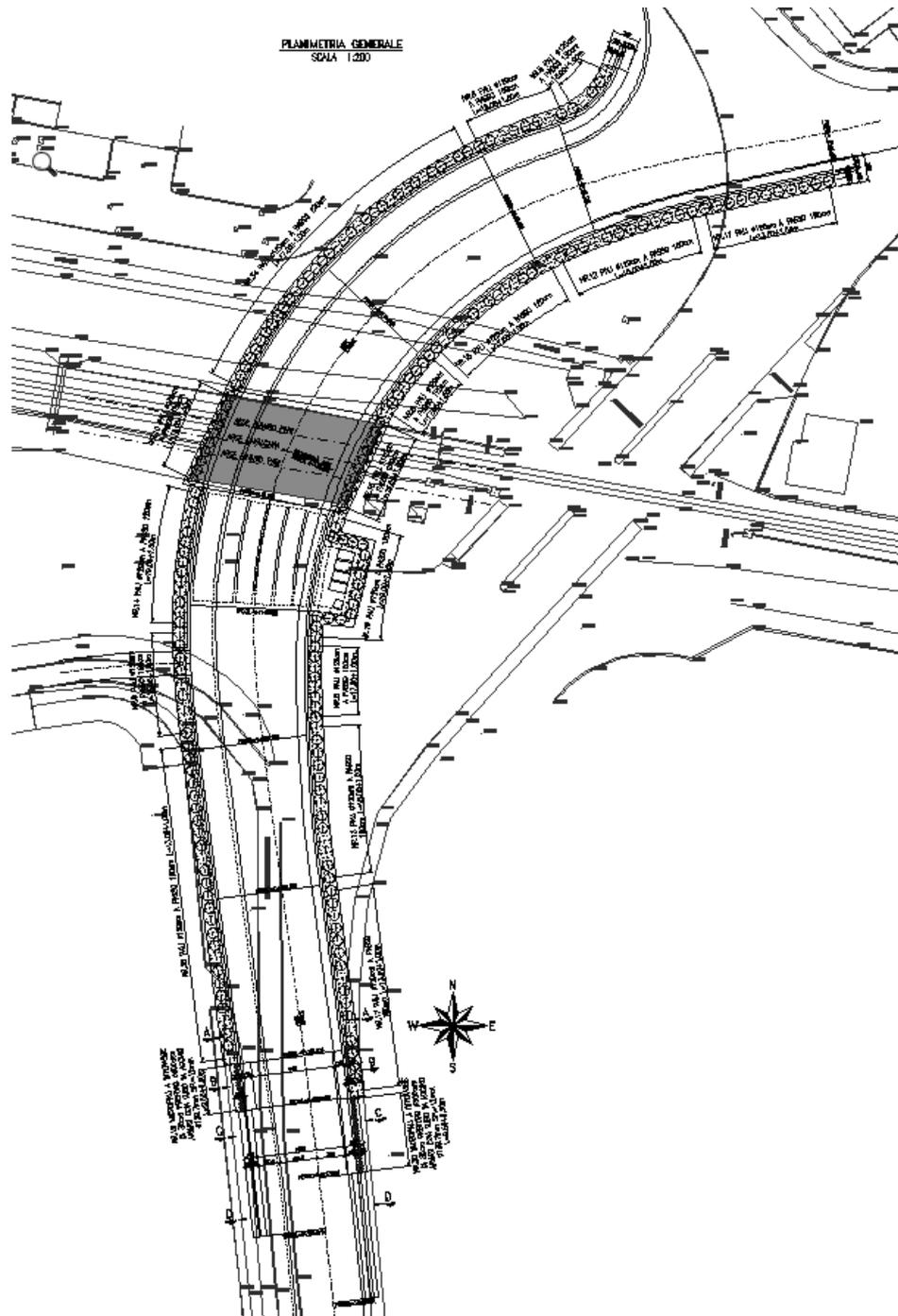


Figura 2: planimetria generale dell'opera

Sono state ipotizzate quattro tipologie di paratie al variare della profondità di scavo, in cui vengono variati la lunghezza ed il passo dei pali e la presenza o meno di puntelli provvisori.

	Scavo	Palificata			Puntelli	
	H (m)	Ø (m)	L (m)	i (m)	Tipo	Passo (m)
TIPO 1	11.0	1.2	20.0	1.2	HEB600	3m
TIPO 2	9	1.2	18.0	1.2	HEB600	3m
TIPO 3	7	1.2	16.0	1.5	HEB600	3m
TIPO 4	6	1.2	16.0	1.5	-	-
TIPO 5	5	1.2	14.0	1.5	-	-
TIPO 6	3.25	0.3	16.0	0.3	-	-
TIPO 7	2.5	0.3	16.0	0.25	-	-

I pali sono collegati in sommità da una trave di coronamento di spessore pari a 1m e larghezza 2m, mentre i micropali sono connessi tra loro tramite un cordolo di spessore 60cm e larghezza 1.2m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	RELAZIONE DI CALCOLO Relazione di calcolo paratie	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600004	REV. A

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1. Normativa di riferimento

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- D.M. del 17.01.2018 “*Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*” (NTC 2018)
- Circolare del 21.01.2019 contenente le istruzioni per le l’applicazione delle “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. del 17.01.2018
- *Manuale di progettazione RFI DTC SI PS MA IFS 001 C PARTE II – SEZIONE 2;*
- *Manuale di progettazione RFI DTC SI CS MA IFS 001 C PARTE II – SEZIONE 3;*
- EN 1991-2 “*Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: carichi da traffico sui ponti*”.
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici*”.
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi*”.
- EN 1997-1 “*Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1: Regole generali*”.
- Regolamento (UE) n.1299/2014 del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.
- Ciria C760 – “*Guidance on embedded retaining wall design*”
- UNI EN 206:2016 “*Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità*”
- DGR n.IX/2616 di Regione Lombardia del 30/11/2011: “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12*”
- *Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*

- *Regolamento (UE) N. 1300/2014/UE Specifiche Tecniche di Interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione europea per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta del 18/11/2014, modificato con il Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/772 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- *Regolamento (UE) N° 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la "sicurezza nelle gallerie ferroviarie" del sistema ferroviario dell'Unione europea, rettificato dal Regolamento (UE) 2016/912 del 9 giugno 2016 e modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019*
- *Regolamento UE N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di Esecuzione (UE) 2018/868 del 13 giugno 2018 e dal successivo Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019*
- *Regolamento (UE) N. 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea modificata con la Rettifica del 15 giugno 2016 e dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- *REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/772 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 1300/2014 per quanto riguarda l'inventario delle attività al fine di individuare le barriere all'accessibilità, fornire informazioni agli utenti e monitorare e valutare i progressi compiuti in materia di accessibilità.*
- *REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n. 1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabili nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.*

3. PARAMETRI GEOTECNICI

3.1. Terreno di fondazione

Con riferimento alla Relazione geotecnica, nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame, i relativi parametri geotecnici di calcolo. Le indagini di riferimento sono: PNBGF1008. La falda è ad una profondità media di 20 metri da p.c.

Strato	Profondità media	Profondità media	Descrizione	
	Da [m da p.c.]	A [m da p.c.]		
Ug2	0	3	S(L), L(S)	Sabbia limosa e limo sabbioso
Ug1	3	25	S(G), S,G	Sabbia ghiaiosa e sabbia con ghiaia
Ug3	25	30	A(S), A,S	Argilla sabbiosa e argilla con sabbia

Strato	Parametri di resistenza					Parametri di deformabilità					
	γ_n	K_0	φ'	c'	c_u	G_0	E_0	E_{op1}	E_{op2}	ν'	$k_v^{(*)}$
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]
Ug2	19.5	0.56	26	0	30	32	80	8	12	0.25	1.00E-06
Ug1	20	0.38	35	0	-	120 - 160	300 - 400	30 - 40	40 - 60	0.25	1.00E-06
Ug3	19	0.60	24	0	50 - 100	60 - 80	150 - 200	15 - 20	22 - 30	0.25	1.00E-10

Note:

- Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.
- (*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 k_v$ per tutti i materiali tranne Ug1 per cui adottare $k_h = k_v$.
- I moduli E_{op1} ed E_{op2} sono da adottarsi rispettivamente E_{op1} per problemi di "primo carico" (esempio fondazioni dirette, profonde e rilevati) ed E_{op2} per problemi di scarico e/o di scarico-ricarico (esempio: fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non).

3.2. Caratterizzazione sismica

In prossimità dell'opera è stata condotta un'indagine MASW che ha dato questi risultati:

Prova	Vs(eq)	Suolo
R11	387	B

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	12 di 89

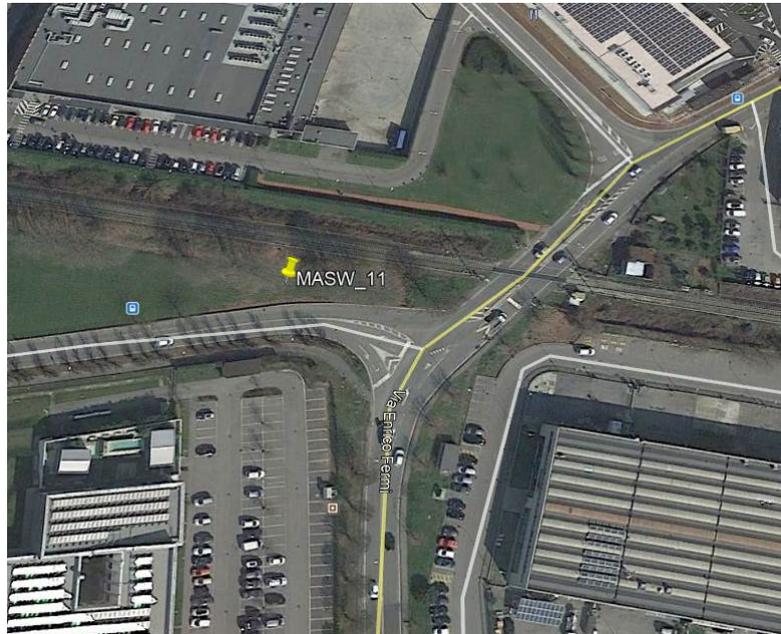


Figura 3: Localizzazione della MASW effettuata

I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di categoria B, tuttavia, in ossequio al DGR n.IX/2616 di Regione Lombardia del 30/11/2011, i valori di soglia per il fattore di amplificazione risultano superati, si assume la categoria di suolo più penalizzante, pertanto il terreno deve essere assunto di **categoria C**.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	13 di 89

4. MATERIALI

4.1. Calcestruzzo

- SOLETTE E MURI DI RIFODERA

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = : XC4

Calcestruzzo tipo C1

Copriferro minimo = 50mm

- PALI E MICROPALI

Classe C25/30

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.17 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = : XC2

Calcestruzzo tipo H2

Copriferro minimo = 60mm

- SOLETTA INFERIORE

Classe C25/30

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.17 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = XC2

Calcestruzzo tipo G2

Copriferro minimo = 50 mm

- MAGRONE:

Classe C12/15

Classe di esposizione = X0

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	14 di 89

4.2. Acciaio da armatura ordinaria

Acciaio tipo B450 C

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/1.15 = 391$ MPa

Modulo elastico $E_s = 200$ GPa

4.3. Acciaio per puntelli e armatura micropali

Acciaio tipo S355

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/1.15 = 338$ MPa

Modulo elastico $E_s = 200$ GPa

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	RELAZIONE DI CALCOLO Relazione di calcolo paratie	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600004	REV. A

5. SOFTWARE DI CALCOLO

Lo stato tenso-deformativo delle strutture è stato investigato mediante il software di calcolo PARATIE [Ce.A.S. s.r.l. - Milano].

Tale software è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da una paratia flessibile e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Il problema è schematizzato nel piano, per cui viene analizzata una porzione di struttura di profondità unitaria. La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico": le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale EJ, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una molla, abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidità flessionale della parete.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie puntonate viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di puntoni applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson.

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di sollecitazioni e deformazioni laterali subite dalla parete e dalla soletta durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

In questa impostazione particolare, inoltre, gli sforzi verticali nel terreno non sono per ipotesi influenzati dal comportamento deformativo orizzontale, ma sono una variabile del tutto indipendente, legata ad un calcolo basato sulle classiche ipotesi di distribuzione geostatica.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	16 di 89

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

lunghezze: m

forze: kN

masse: kN massa

temperature: gradi centigradi °

angoli: gradi sessadecimali.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	RELAZIONE DI CALCOLO Relazione di calcolo paratie	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600004	REV. A

6. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

6.1. Peso proprio della struttura (g_1)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal software di calcolo in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

6.2. Spinta delle terre e dell'acqua

L'entità della spinta delle terre sulla paratia è determinata fase per fase dal software di calcolo, a partire dal coefficiente di spinta a riposo

$$k_{0,Ug1} = 1 - \text{sen } \varphi = 0.426$$

$$k_{0,Ug2} = 1 - \text{sen } \varphi = 0.56$$

ed in considerazione dei coefficienti di spinta attiva e passiva dello strato Ug1, determinati di seguito:

$$k_{a,Ug1} = \tan(45 - \varphi/2)^2 = 0.271$$

$$k_{a,Ug2} = \tan(45 - \varphi/2)^2 = 0.39$$

$$k_{p,Ug1} = \tan(45 + \varphi/2)^2 = 3.69$$

$$k_{p,Ug2} = \tan(45 + \varphi/2)^2 = 2.561$$

Per la spinta idrostatica, quando presente, si fa riferimento al peso di volume dell'acqua pari a 10 kN/m^3 .

6.3. Carichi accidentali (q_{acc})

Nella zona in adiacenza allo scavo, sono stati considerati dei carichi accidentali di 20 kN/m^2 su una fascia di 5m da entrambi i lati dello scavo. Tali carichi rappresentano il peso dei mezzi d'opera agenti sul terreno ed agiscono quindi anche in fase transitoria.

6.4. Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso dell'opera III $C_u = 1.5$
- Categoria di sottosuolo C
- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = 45.69030°e Long. = 9.62236°)

		ag	Fo	T*c
T _R	45	0.035	2.477	0.210
T _R	75	0.045	2.452	0.231
T _R	712	0.122	2.440	0.275
T _R	1462	0.157	2.478	0.281

dove:

- T_R → tempo di ritorno;
a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
F₀ → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
T_c* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

		amax
T _R	45	0.053
T _R	75	0.068
T _R	712	0.183
T _R	1462	0.236

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

In base alle accelerazioni massime attese sul sito in esame si valutano, alla luce dei parametri valutati sopra nella condizione di S.L.V., i coefficienti di intensità sismica da utilizzarsi nelle analisi pseudo statiche, con le espressioni che seguono.

$$k_h = a_g / g \cdot S_s \cdot S_T \cdot \alpha \cdot \beta \quad k_v = 0.5 \cdot k_h$$

Nella precedente espressione, i coefficienti α e β assumono i valori desunti dalle Figg. 7.11.2 e 7.11.3 delle NTC.

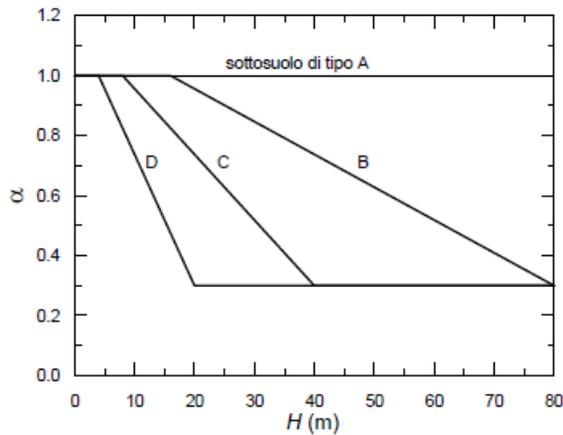


Fig. 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

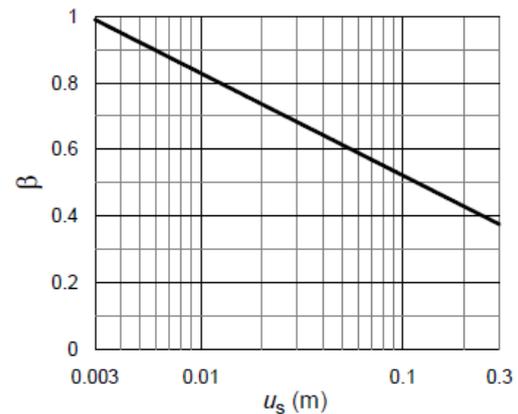


Fig. 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'incremento di spinta è calcolato tramite la procedura automatica del software.

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots;$$

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots$$

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	20 di 89

Combinazione sismica: $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{K1} + \psi_{22} \cdot Q_{K2} \dots$

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali riportati nella seguente tabella.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G ₁	Favorevoli	γ _{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali G ₂ ⁽¹⁾	Favorevoli	γ _{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ _{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G₁;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G₂;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nella tabella seguente si riportano i coefficienti utilizzati per le azioni nelle combinazioni generate automaticamente dal software di calcolo.

Attivo	Std	Collezione	Nome	Stato Limite	Descrizione	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lago Monte (F_waterDR)	Pressioni Acqua Lago Valle (F_waterFas)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_QDSstab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_QSstab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDSstab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_QDSstab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_QSstab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDSstab)	Deformazione anelastica (F_plastic_strain)	
						A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<input checked="" type="checkbox"/>			Nominal	UNDEFINED		1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SLE (Rara/Frequen	SERVICE		1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 p	ULTIMATE		1,5	1	1,5	1	0	1	1	1	1	1	1,5	0,9	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: A2+M2+R1	ULTIMATE		1	1	1,3	1	0	1	1	1	1	1	1,3	0,9	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SISMICA STR	ULTIMATE		1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		NTC2018 (ITA)	NTC2018: SISMICA GEO	ULTIMATE		1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1,3	0,9	1	1	1

Le sollecitazioni di verifica riportate nel seguito sono date dall'involuppo delle azioni più gravose risultanti dall'analisi statica, nelle combinazioni seguenti:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R1)
- Sismica STR
- Sismica GEO

8. MODELLO DI CALCOLO

Come già descritto in precedenza, il software utilizzato, consente di modellare lo scavo e le opere di sostegno e puntellazione durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale, in modo da valutarne l'evoluzione dello stato deformativo e sollecitativo.

Sono state modellate quattro tipologie di paratie in cui varia la profondità di scavo, lo spessore e la profondità del tappo di fondo, lo spessore e la lunghezza dei pali e la presenza o meno di puntelli provvisori.

	Scavo	Palificata			Puntelli	
	H (m)	Ø (m)	L (m)	i (m)	Tipo	Passo (m)
TIPO 1	11.0	1.2	20.0	1.2	HEB600	3m
TIPO 2	9	1.2	18.0	1.2	HEB600	3m
TIPO 3	7	1.2	16.0	1.5	HEB600	3m
TIPO 4	6	1.2	16.0	1.5	-	-
TIPO 5	5	1.2	14.0	1.5	-	-
TIPO 6	3.25	0.3	16.0	0.3	-	-
TIPO 7	2.5	0.3	16.0	0.25	-	-

Nella tabella le sigle indicano:

H profondità dello scavo, penalizzata secondo quanto indicato al §6.5.2.2

L lunghezza dei pali

Ø diametro dei pali

i interasse dei pali

8.1. Modelli delle paratie di pali ø1200

Di seguito si riportano le fasi di calcolo modellate per le paratie costituite da pali di diametro ø1.2m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	RELAZIONE DI CALCOLO Relazione di calcolo paratie	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600004	REV. A

FASE 0: si realizza l'opera di sostegno costituita da una paratia con le caratteristiche specificate nella tabella precedente. La quota di testa è impostata all'altezza del piano campagna. A tergo dell'opera di sostegno si ipotizza un sovraccarico accidentale caratteristico pari a 20kN/m^2 , come descritto in precedenza. La falda si trova a 20m di profondità rispetto al piano campagna, come da ipotesi di calcolo

FASE 1: si effettua uno scavo di 1m, necessario alla realizzazione della trave di coronamento ed al posizionamento dei puntelli dove necessario.

FASE 2: posizionamento dei puntelli provvisori costituiti da profili HEB600 con passo 3m.

FASE 3: si effettua, per step successivi, lo scavo fino a scendere alla quota di intradosso della soletta inferiore, situata a H dal piano campagna.

FASE 4: viene realizzato il solettone inferiore, di spessore variabile a seconda della profondità della rampa. Questo elemento, nel modello globale, è considerato un puntone, quindi non si considera incastrato alla paratia di pali, ma solamente in accosto ad essa.

FASE 5: Rimozione della puntellazione superiore. Questa fase coincide con la fase di esercizio dell'opera.

FASE 6: si applicano le azioni dovute all'azione del sisma SLV. Il sisma è stato applicato tramite la procedura automatica del software Paratie Plus.

Di seguito si riportano le fasi definite durante il calcolo, per una tipologia.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	23 di 89

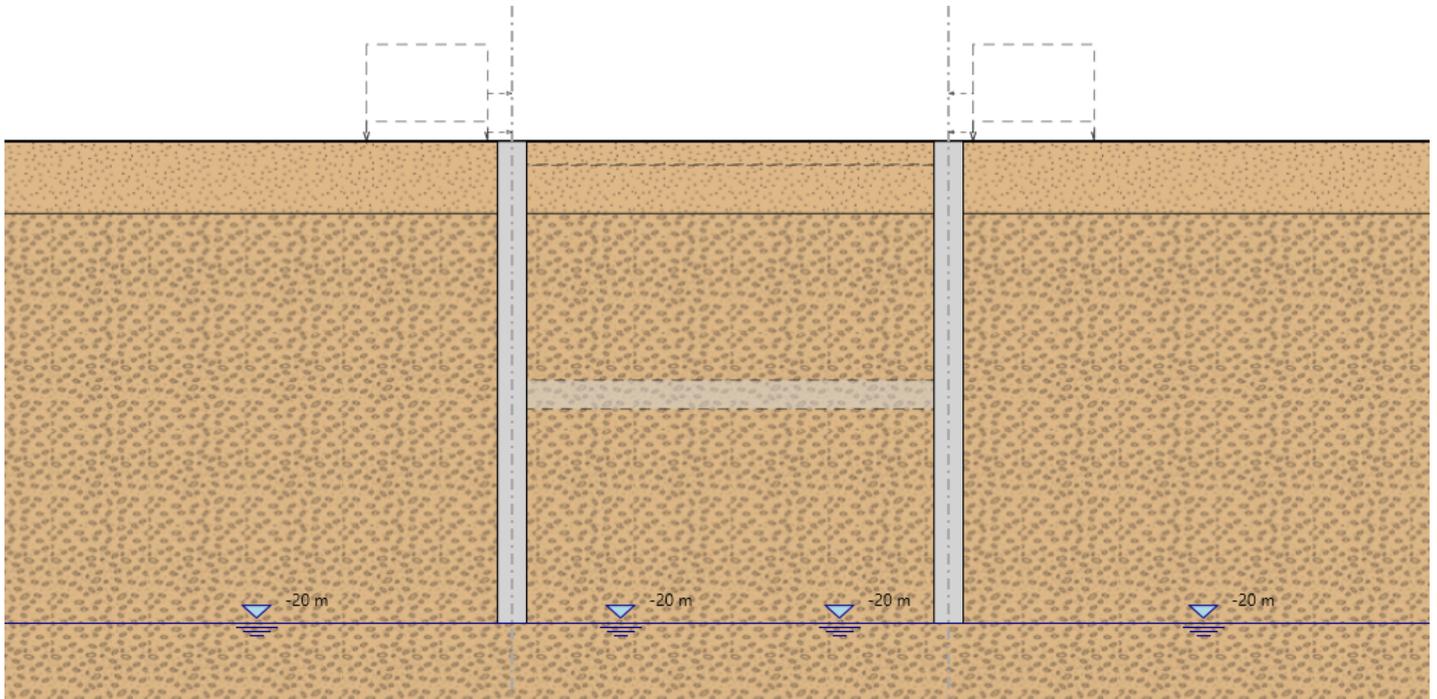


Figura 4: Fasi realizzative: Fase 0

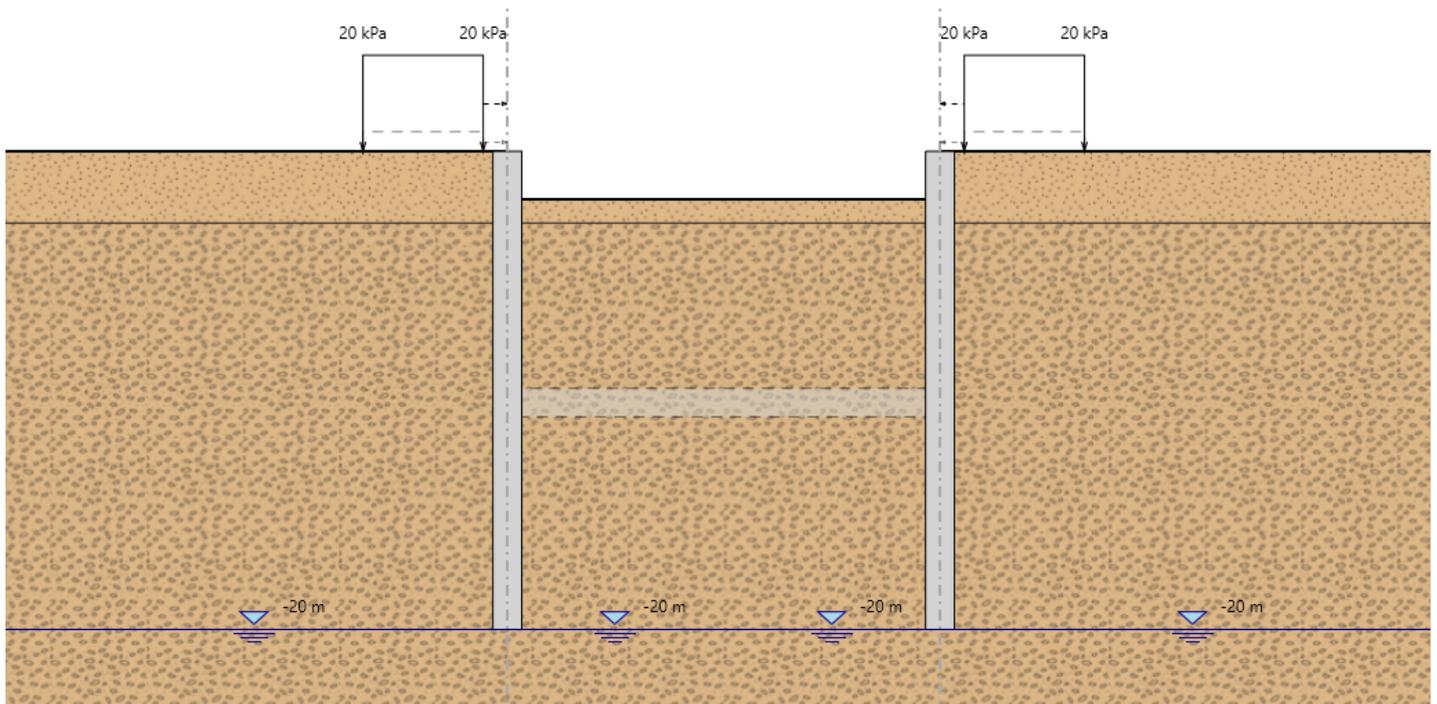


Figura 5: Fasi realizzative: Fase 1

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	24 di 89

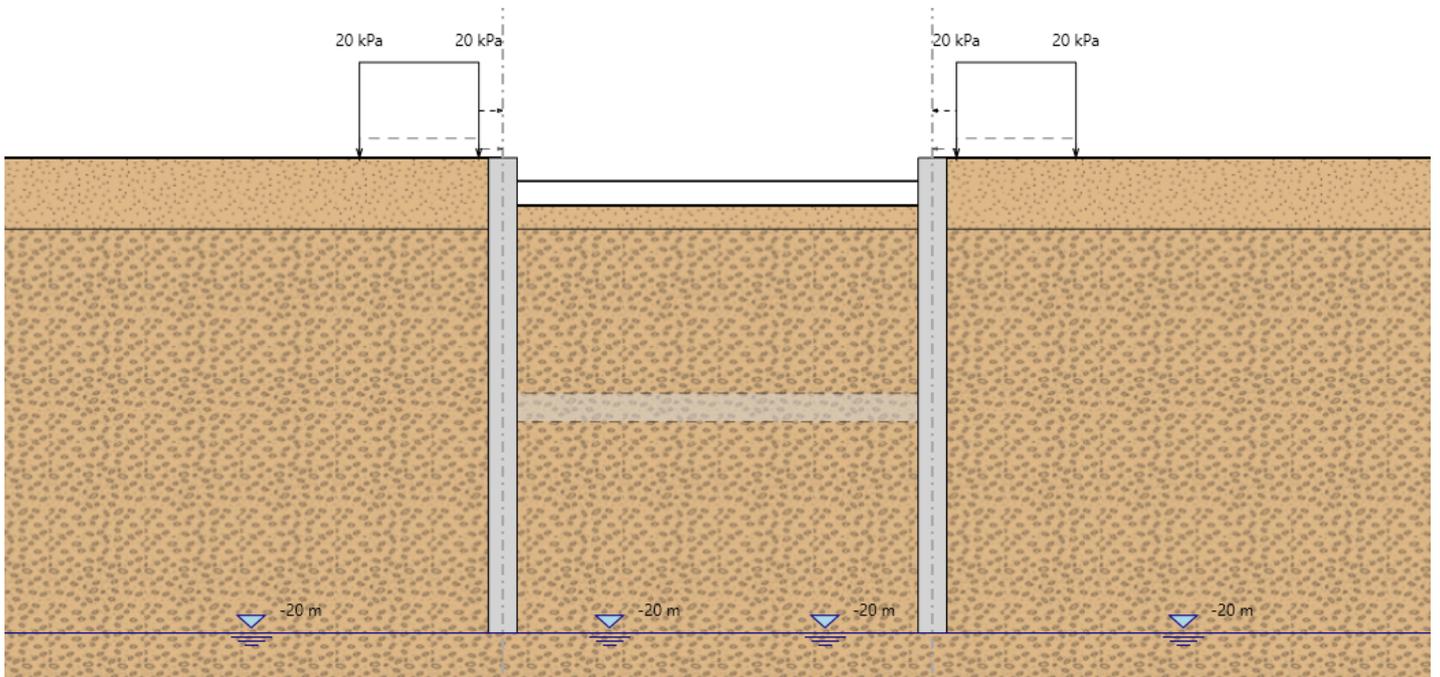


Figura 6: Fasi realizzative: Fase 2

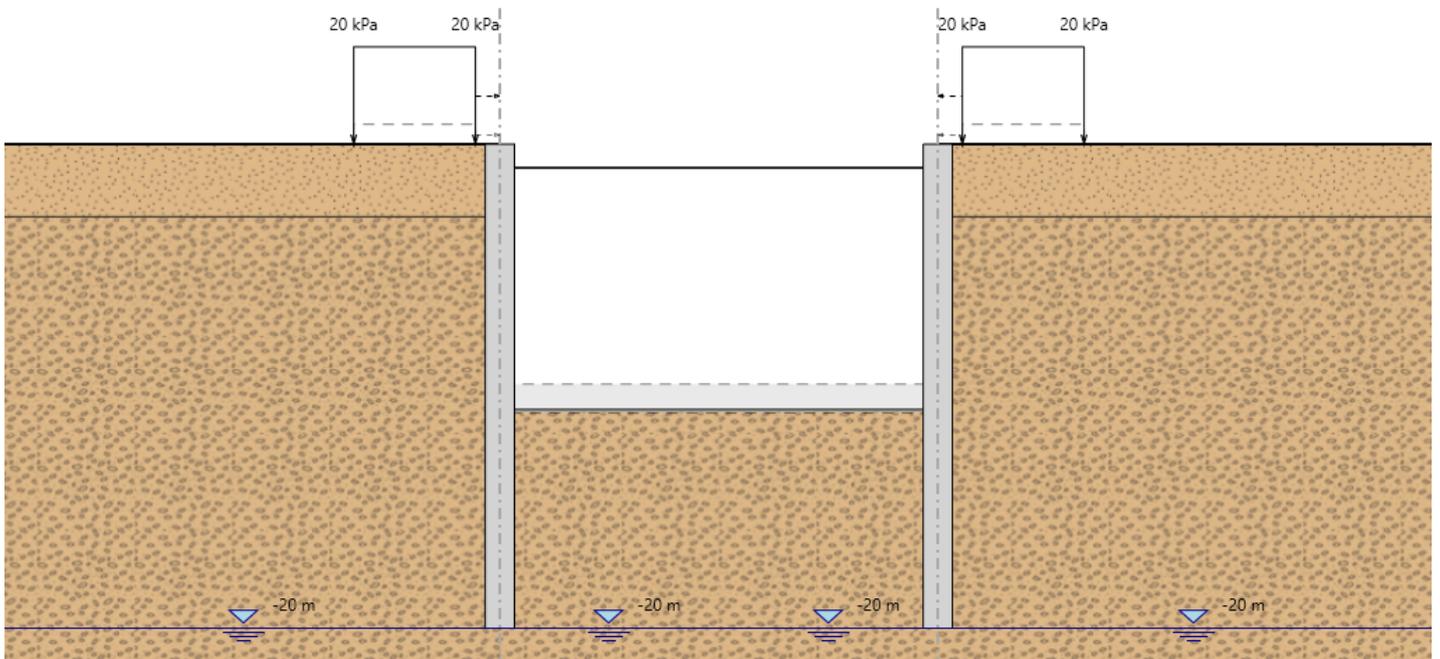


Figura 7: Fasi realizzative: Fase 3

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	25 di 89

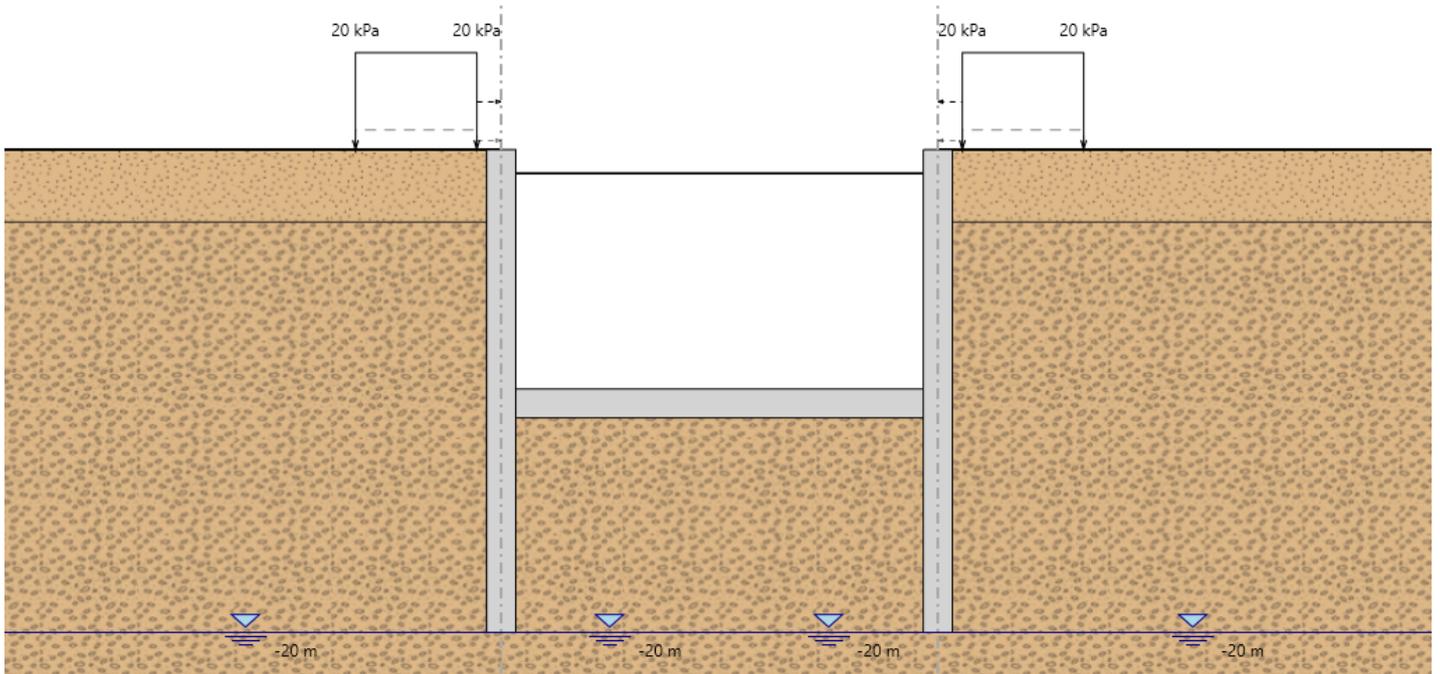


Figura 8: Fasi realizzative: Fase 4

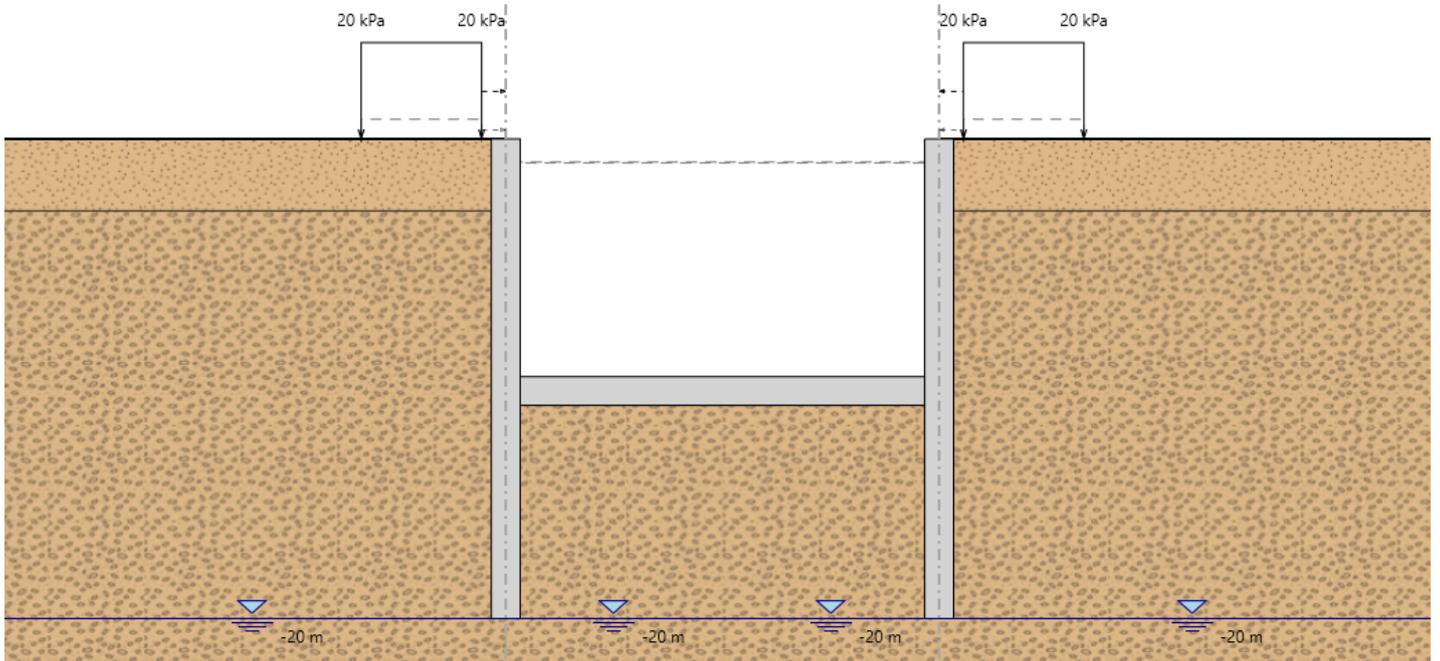


Figura 9: Fasi realizzative: Fase 5

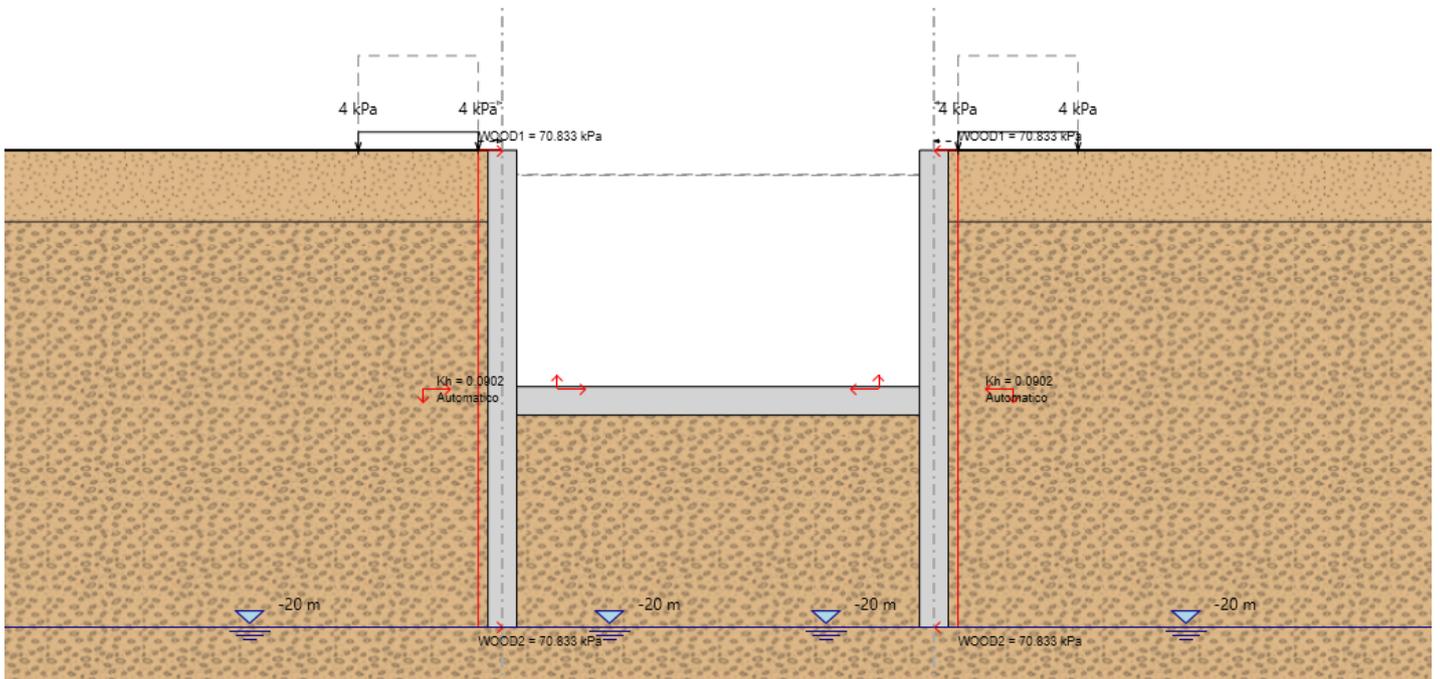


Figura 10: Fasi realizzative: Fase 6

8.2. Modello della paratia tipo 6

L'altezza di scavo per la paratia in questione non consente l'utilizzo di puntellazione provvisoria, per consentire l'accesso dei mezzi di cantiere allo scavo. Inoltre, in presenza di queste paratie, non si ha la presenza della soletta di fondo dei muri di rifodera, che in questo tratto sono sostituiti da un più semplice muro con una fondazione più ridotta, che non contrasta sul lato opposto.

Nella modellazione si è tenuto conto del vincolo offerto dall'incastro tra la trave coronamento dei micropali nella sezione terminale della paratia tipo 5, quindi con altezza di scavo molto minore di quella per cui quest'ultima è stata dimensionata. Infatti, la rigidezza della paratia 5, costituita da pali $\varnothing 1200$, a parità di profondità di scavo, è molto maggiore della rigidezza della paratia 6, costituita da micropali $\varnothing 300$.

A partire dal modello della paratia 5, si è determinata la rigidezza di due molle equivalenti:

- Molla 1 (k_1) è attiva in fase di esecuzione della paratia 5, quindi durante lo scavo, fino a che non è attivo il vincolo offerto dalla soletta inferiore del muro a U;
- Molla 2 (k_2) è attiva in fase di esercizio dell'opera e in fase sismica, quando la paratia 5 è ulteriormente irrigidita dal vincolo orizzontale dovuto alla soletta inferiore del muro a U;

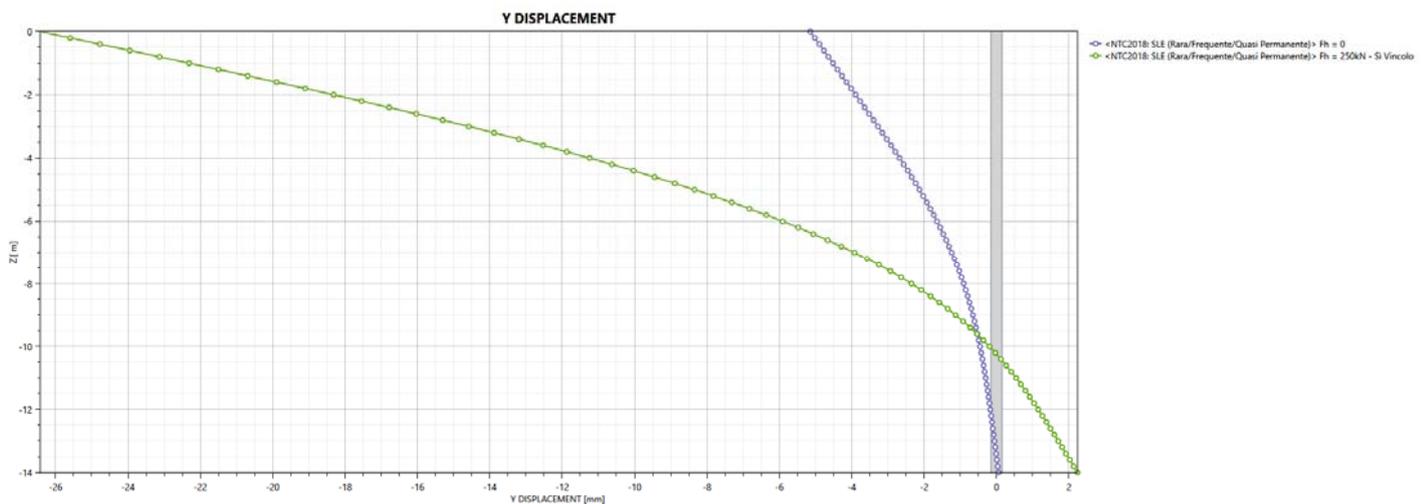
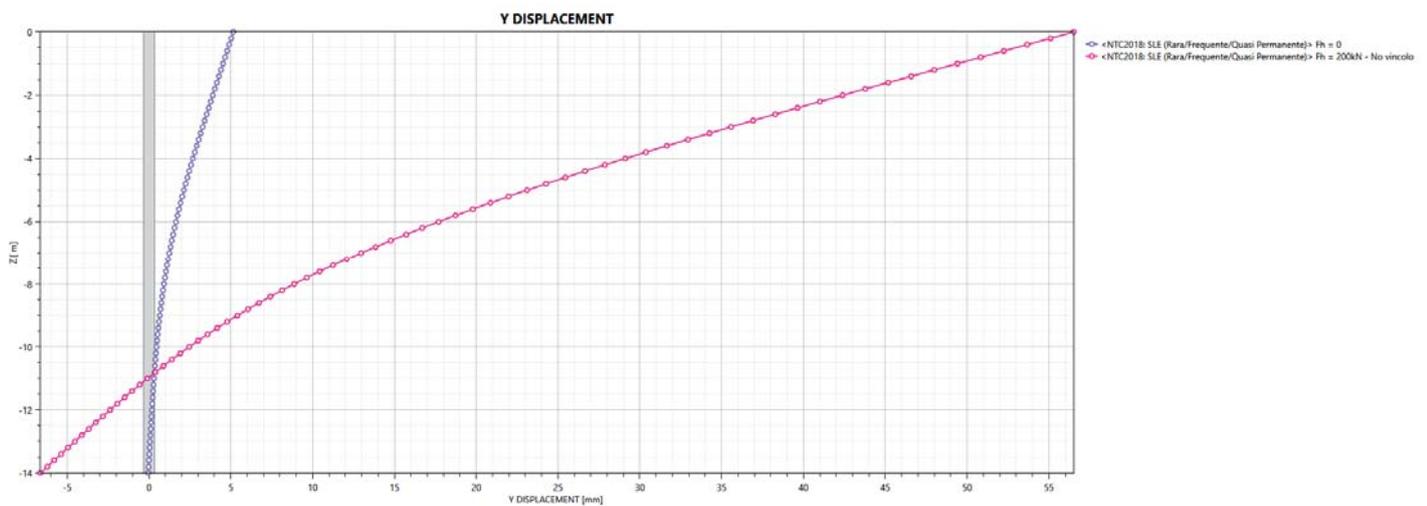
RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	27 di 89

Per determinare la rigidezza equivalente delle molle, al modello della paratia 5 si è applicata una forza orizzontale di da un lato nell'ultima fase transitoria ($F_{h,1} = 200\text{kN}$) prima dell'attivazione della soletta inferiore, e dall'altro in fase di esercizio, dopo l'attivazione della soletta inferiore ($F_{h,2} = 250\text{kN}$). Si sono applicati valori diversi in quanto in fase di esercizio si ha una maggiore rigidezza del sistema.

Sono stati ottenuti i seguenti spostamenti:



Si ottengono quindi i valori seguenti:

- Molla 1:

$$\delta_{x,1} = \delta_{x1,200} - \delta_{x,0} = 57 - 5 = 52\text{mm}$$

$$k_1 = F_h / \delta_{x,1} = 200 / 52 = 3.85 \text{ kN/mm} = 3850 \text{ kN/m}$$

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	28 di 89

- Molla 2:

$$\delta_{x,2} = \delta_{x2,250} - \delta_{x,0} = 26-5 = 21\text{mm}$$

$$k_2 = F_h/\delta_{x,2} = 250/21 = 11.9 \text{ kN/mm} = 11900\text{kN/m}$$

Le rigidezze delle molle da inserire nel modello della paratia di micropali devono però tenere conto anche della deformabilità della trave di coronamento, che nel caso più gravoso ha lunghezza di circa 9m. Secondo uno schema conservativo a mensola incastrata ad un'estremità, caricata uniformemente, la rigidezza equivalente all'estremità libera è la seguente:

$$k_{trave} = 8 \cdot E_c \cdot J/L^4 = 3319\text{kN/m}$$

essendo:

$$E_c = 3.15 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$J = 0.6 \cdot 1.2^3/12 = 0.0864\text{m}^4$$

Si calcolano dunque i valori equivalenti effettivi considerando due molle in serie:

- Molla 1: $k_{eq,1} = k_1 \cdot k_{trave} / (k_1 + k_{trave}) = 1782\text{kN/m}$

- Molla 2: $k_{eq,2} = k_2 \cdot k_{trave} / (k_2 + k_{trave}) = 2595\text{kN/m}$

In sede di validazione del modello, si controllerà che il valore della reazione al metro lineare sulla molla sia inferiore a F_h/L , dove L è lo sviluppo longitudinale della paratia, $L \approx 9\text{m}$, quindi:

- In fase transitoria: $R_{k,max} \leq F_h/L = 200/9 = 22\text{kN/m}$

- In fase di esercizio/sismica: $R_{k,max} \leq F_h/L = 250/9 = 28\text{kN/m}$

Di seguito si riportano le fasi di calcolo modellate per la paratia con micropali.

FASE 0: si realizza l'opera di sostegno costituita da una paratia con le caratteristiche specificate nella tabella al §8. La quota di testa è impostata all'altezza del piano campagna. A tergo dell'opera di sostegno si ipotizza un sovraccarico accidentale caratteristico pari a 20kN/m^2 , come descritto in precedenza. La falda si trova a 20m di profondità rispetto al piano campagna, come da ipotesi di calcolo. Si attivano i vincoli orizzontali in fase transitoria (molla 1)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	29 di 89

FASE 2: si effettua, per step successivi, lo scavo fino a scendere alla quota di fondo scavo situata a 3.25m dal piano campagna.

FASE 3: viene realizzato il solettone inferiore nella paratia adiacente, per cui si attiva il vincolo elastico di fase definitiva (molla 2).

FASE 4: si applicano le azioni dovute all'azione del sisma SLV. Il sisma è stato applicato tramite la procedura automatica del software Paratie Plus.

Di seguito si riportano le fasi definite durante il calcolo.

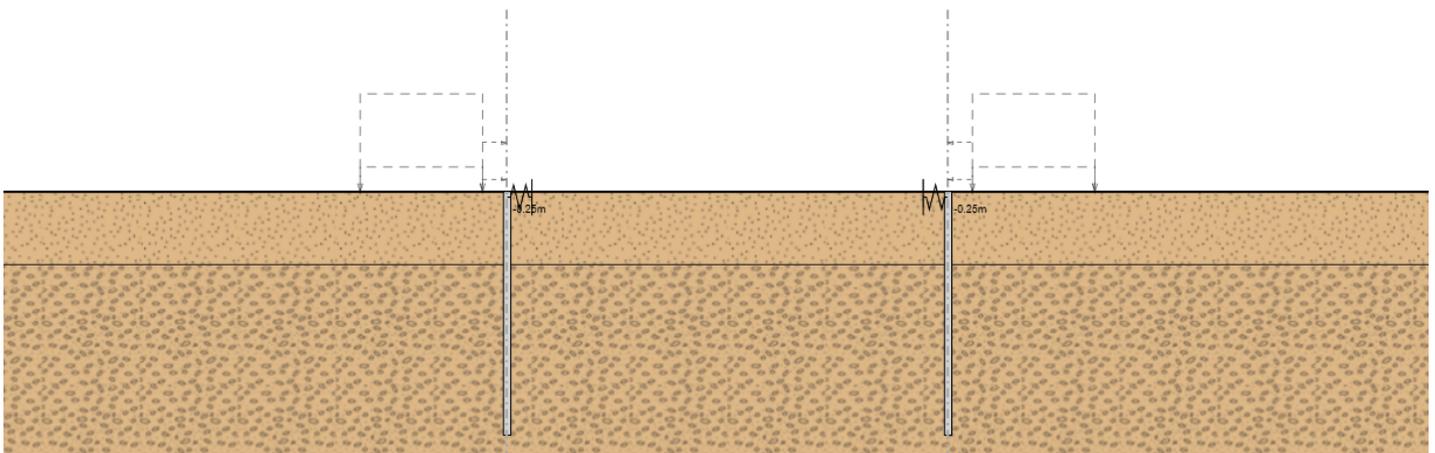


Figura 11: Fasi realizzative: Fase 1



Figura 12: Fasi realizzative: Fase 2

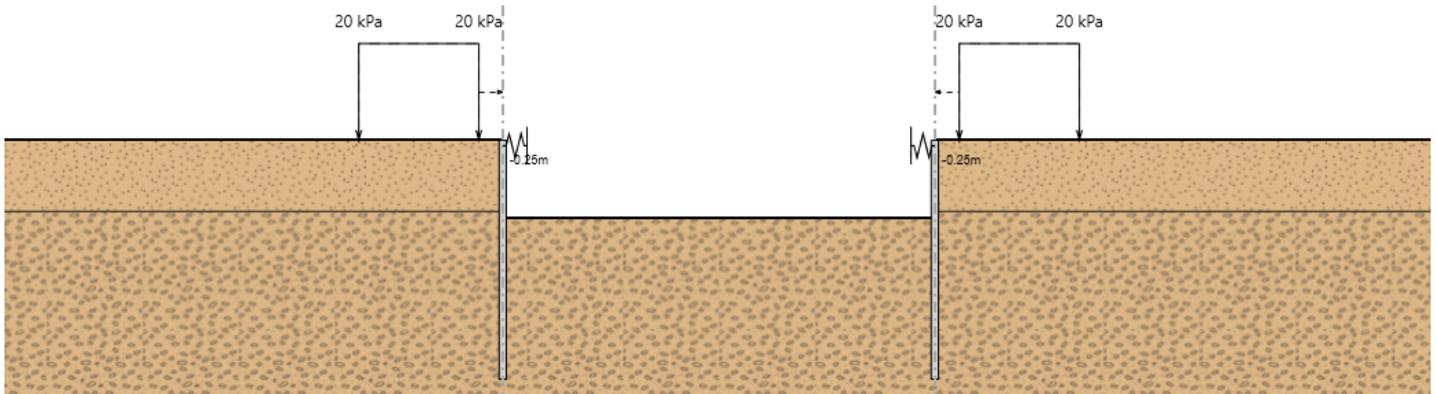


Figura 13: Fasi realizzative: Fase 3

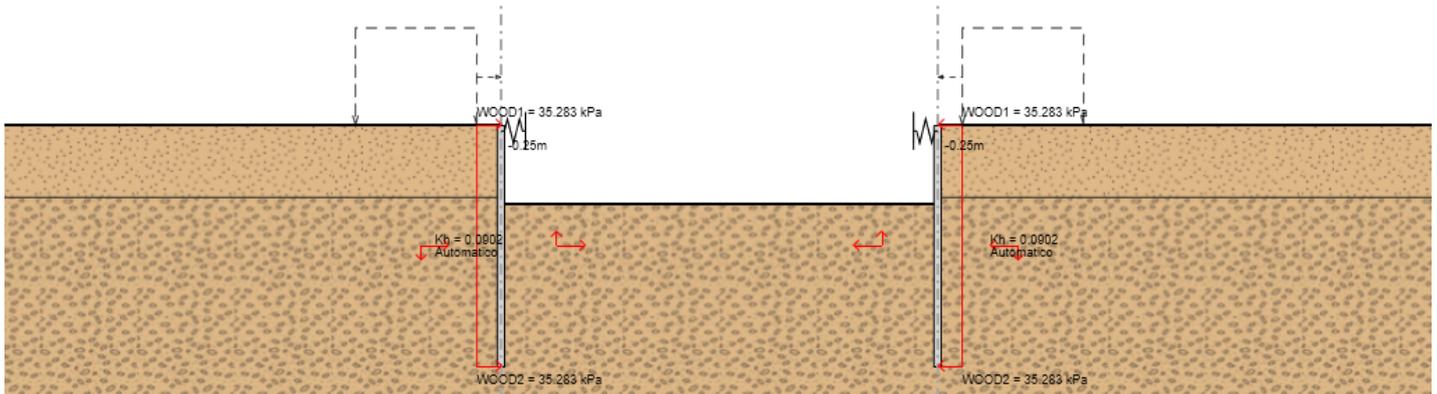


Figura 14: Fasi realizzative: Fase 4

8.1. Modello della paratia tipo 7

La paratia in questione sostiene lo scavo per l'abbassamento della livelletta della pista ciclopedonale sul lato nord dell'intersezione tra via Fermi e la viabilità locale di collegamento al centro commerciale Esselunga di Curno. Si tratta di una paratia di micropali $\varnothing 30\text{cm}$ con passo 25cm e lunghezza 8m. Il modello è più semplice rispetto ai precedenti, in quanto prevede una sola paratia non puntellata.

Di seguito si riportano le fasi di calcolo modellate per la paratia con micropali.

FASE 0: si realizza l'opera di sostegno costituita da una paratia con le caratteristiche specificate nella tabella al §8. La quota di testa è impostata all'altezza del piano campagna. A tergo dell'opera di sostegno si ipotizza un sovraccarico

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO VI06 – Ponte di via Enrico Fermi					
	RELAZIONE DI CALCOLO Relazione di calcolo paratie	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLVI0600004	REV. A

accidentale caratteristico pari a 20kN/m^2 , come descritto in precedenza. La falda si trova a 20m di profondità rispetto al piano campagna, come da ipotesi di calcolo.

FASE 2: si effettua, per step successivi, lo scavo fino a scendere alla quota di fondo scavo situata a 2.5m dal piano campagna.

FASE 3: si applicano le azioni dovute all'azione del sisma SLV. Il sisma è stato applicato tramite la procedura automatica del software Paratie Plus.

Di seguito si riportano le fasi definite durante il calcolo.

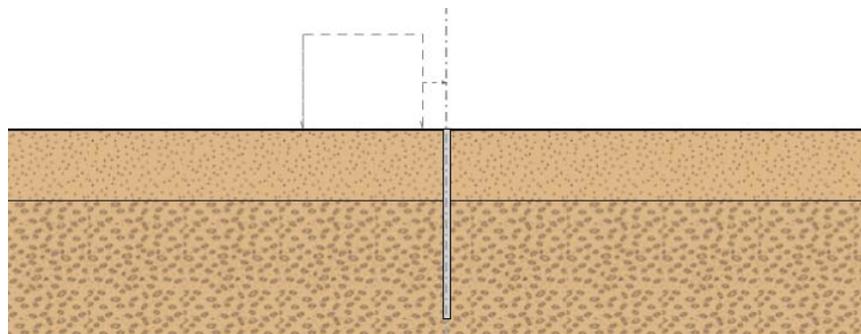


Figura 15: Fasi realizzative: Fase 1

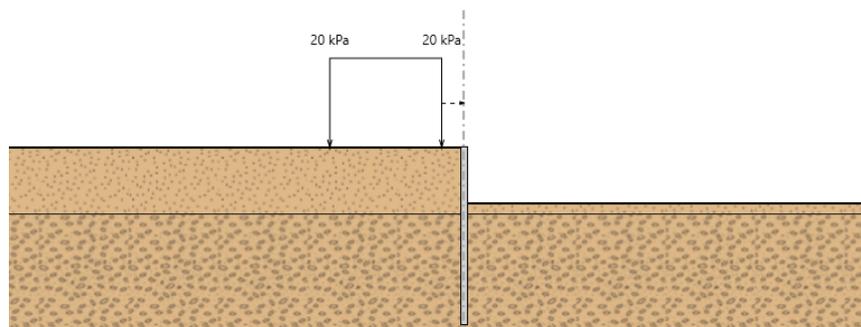


Figura 16: Fasi realizzative: Fase 2

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	32 di 89

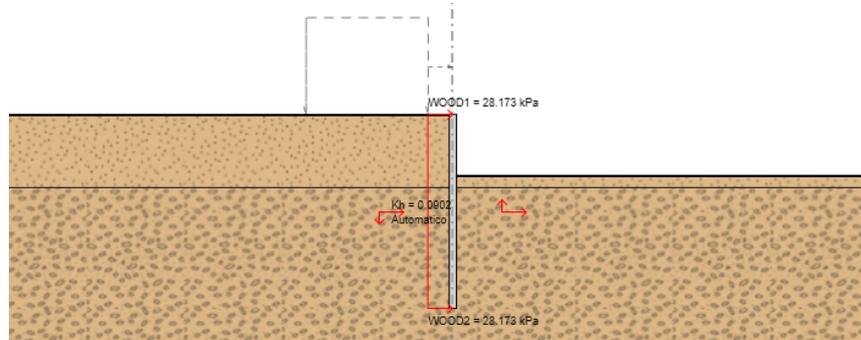


Figura 17: Fasi realizzative: Fase 3

9. SINTESI RISULTATI

9.1. Paratia tipo 1

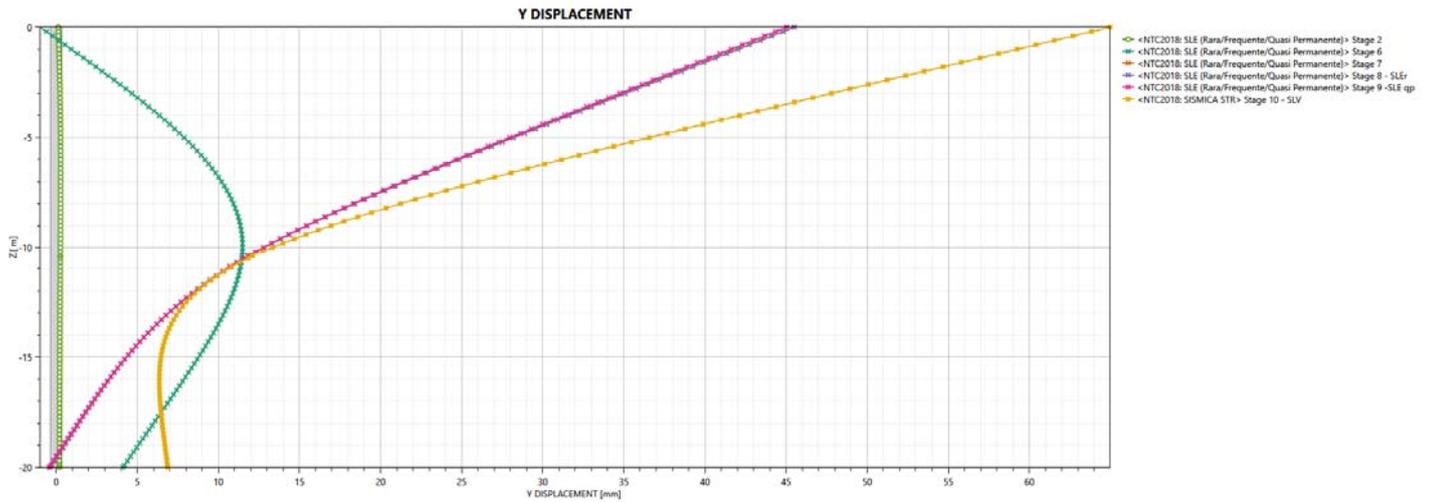


Figura 18: Spostamenti nominali della paratia nelle principali fasi

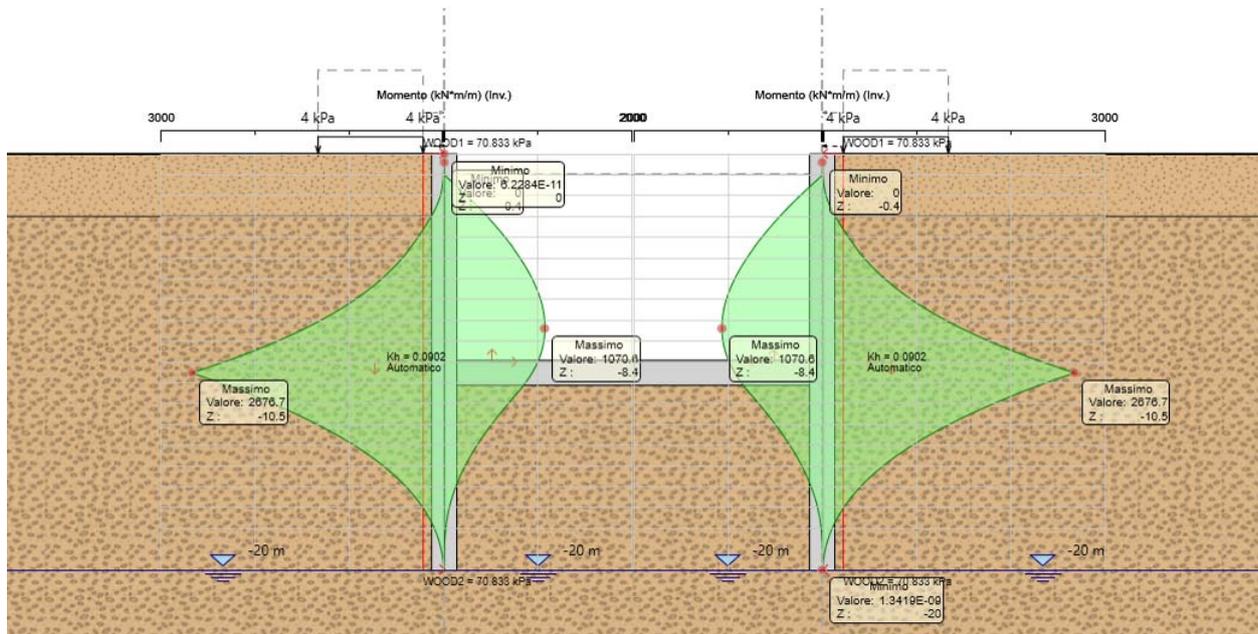


Figura 19: Involuppo dei momenti agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

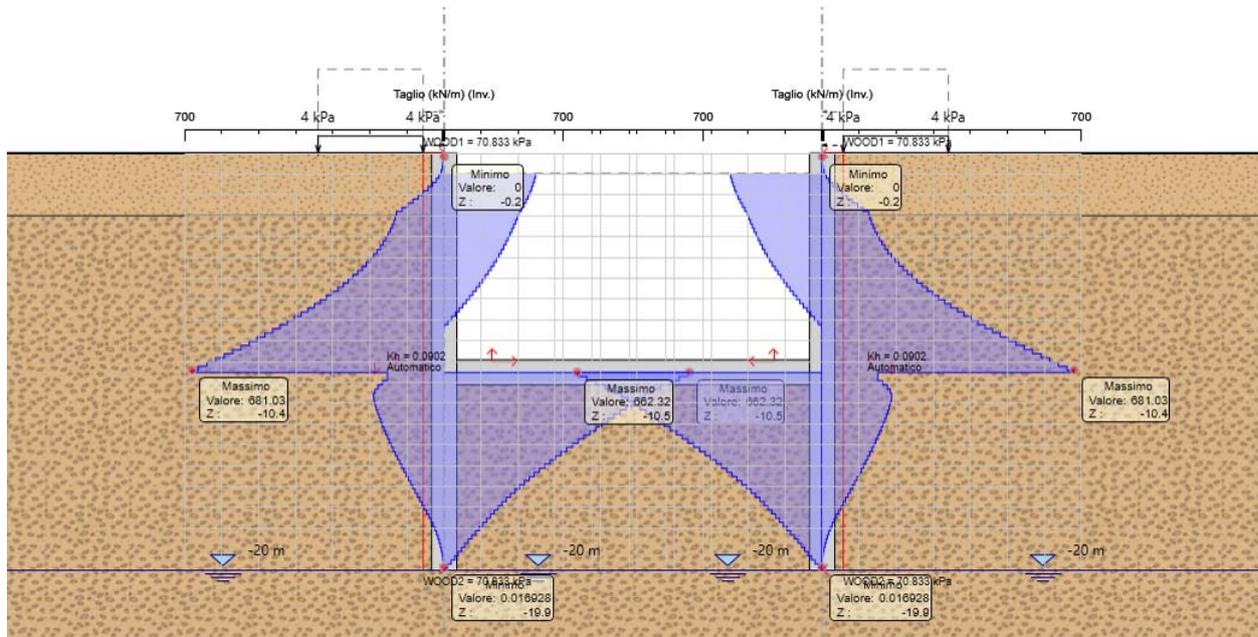


Figura 20: Involuppo del taglio agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

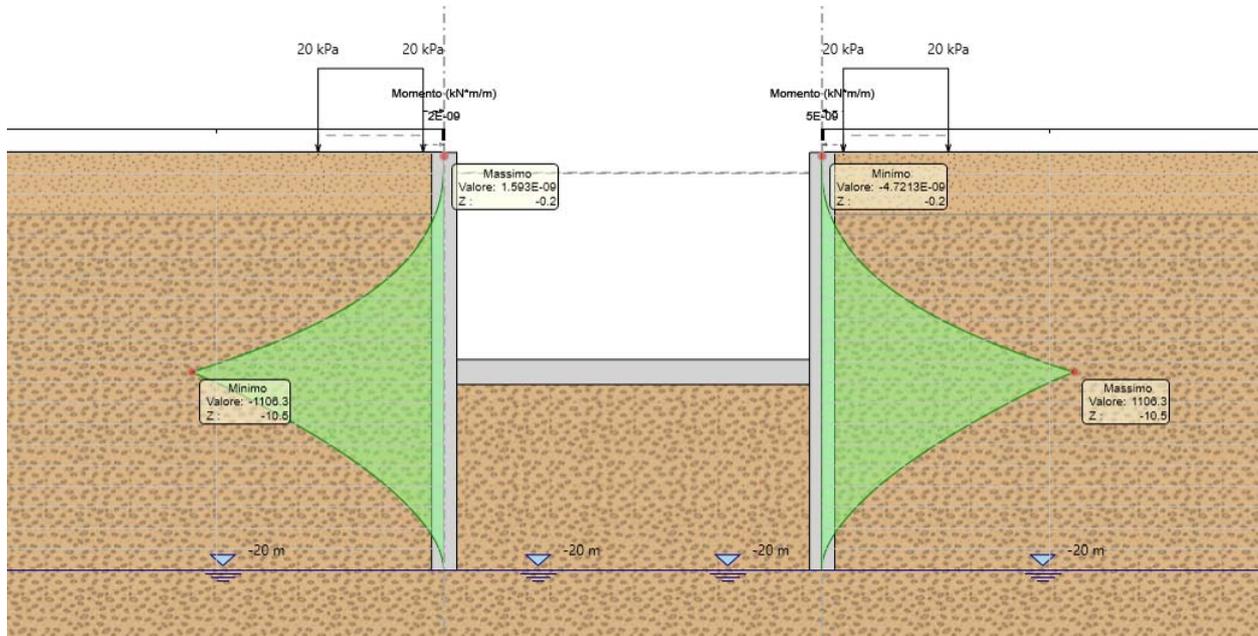


Figura 21: Diagramma dei momenti agli SLE r (in fase di esercizio)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	35 di 89

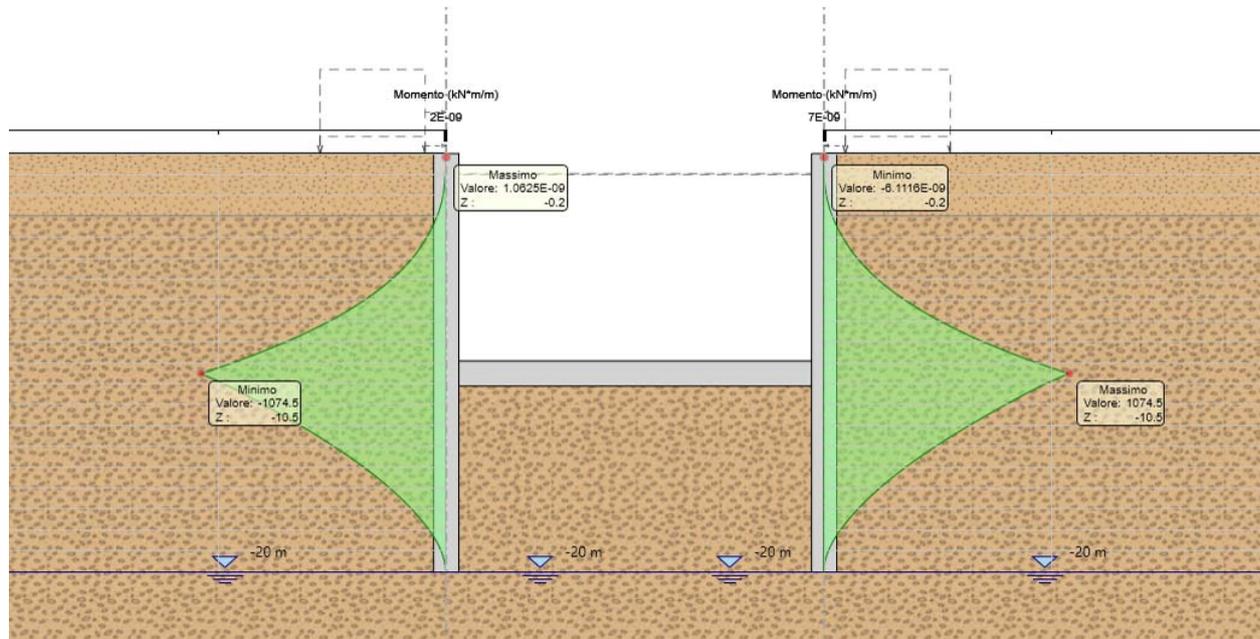


Figura 22: Diagramma dei momenti agli SLE qp (in fase di esercizio)

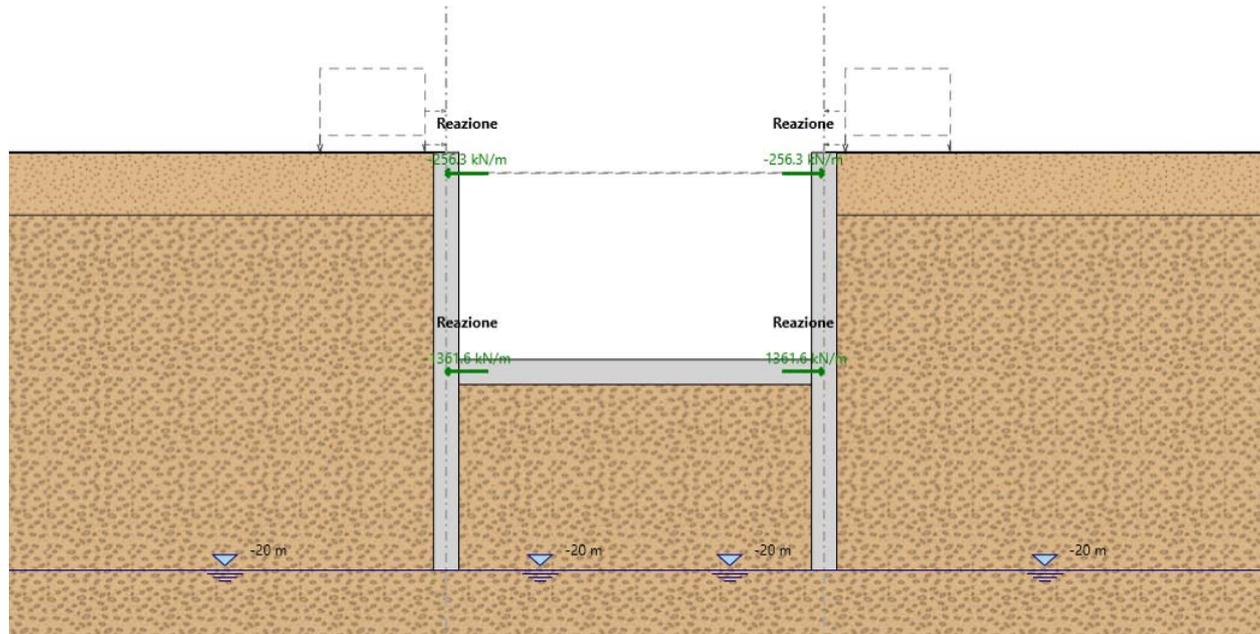


Figura 23: Involuppo delle reazioni vincolari allo SLU/SLV (tutte le fasi)

9.2. Paratia tipo 2

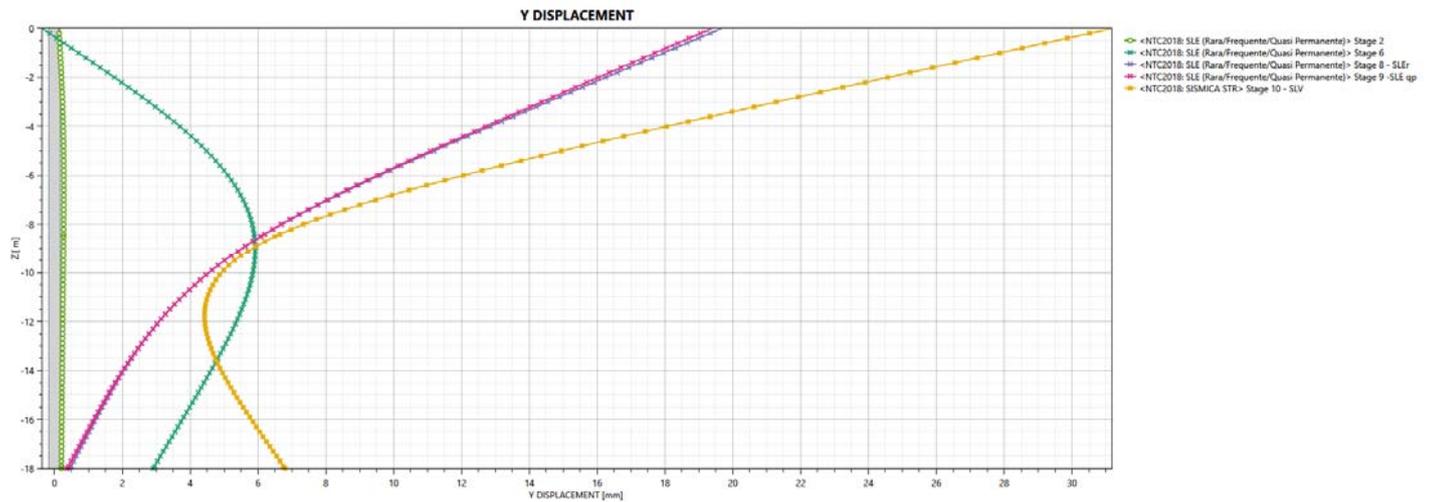


Figura 24: Spostamenti nominali della paratia nelle principali fasi

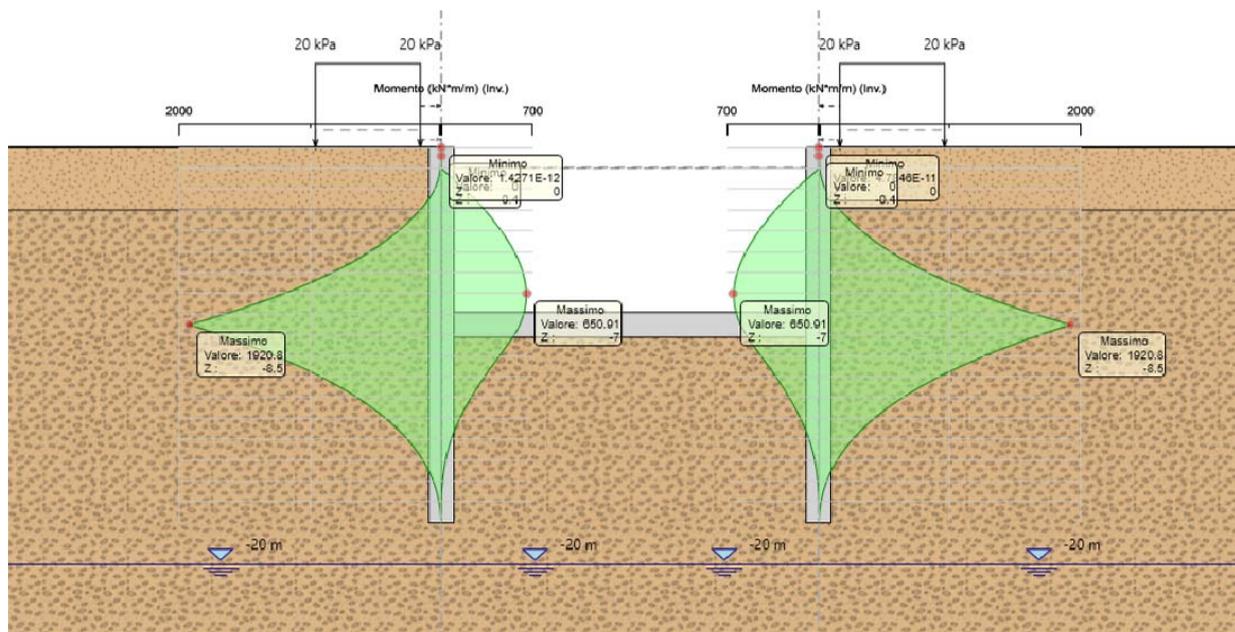


Figura 25: Involuppo dei momenti agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	37 di 89

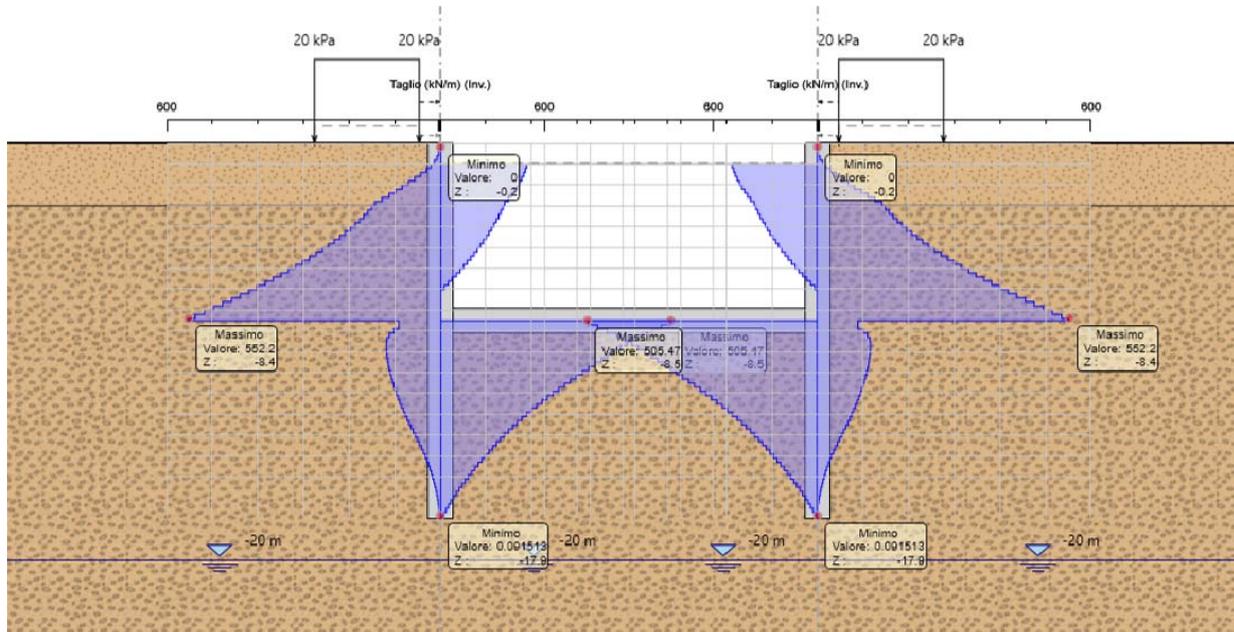


Figura 26: Involuppo del taglio agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

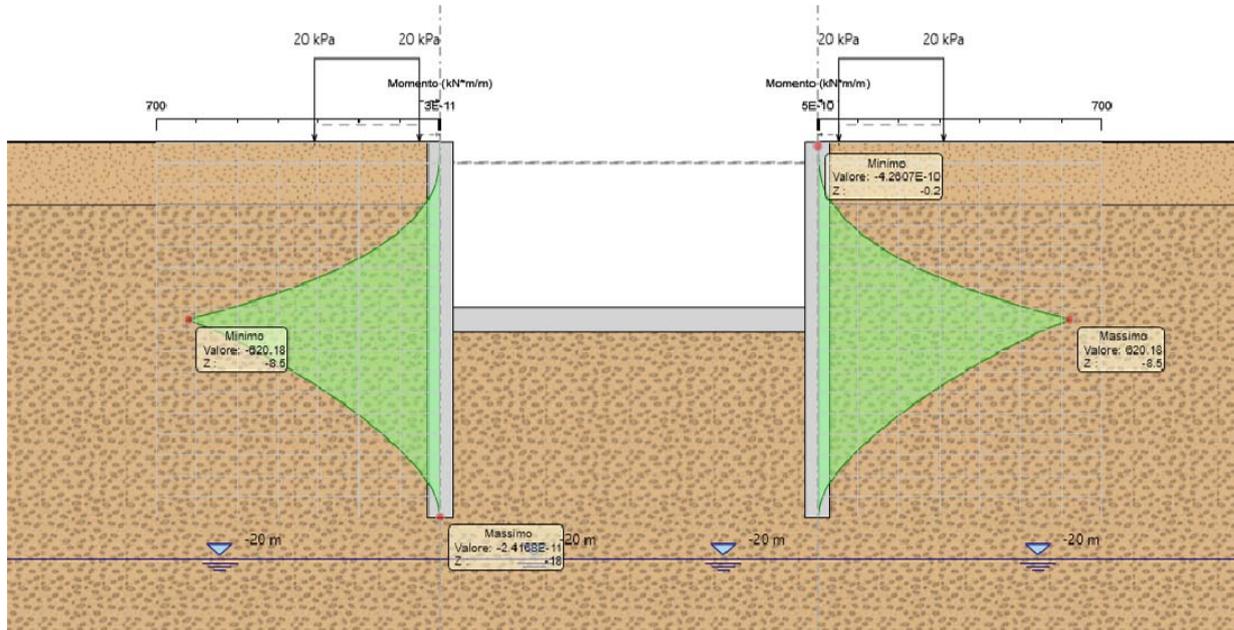


Figura 27: Diagramma dei momenti agli SLE r (in fase di esercizio)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	38 di 89

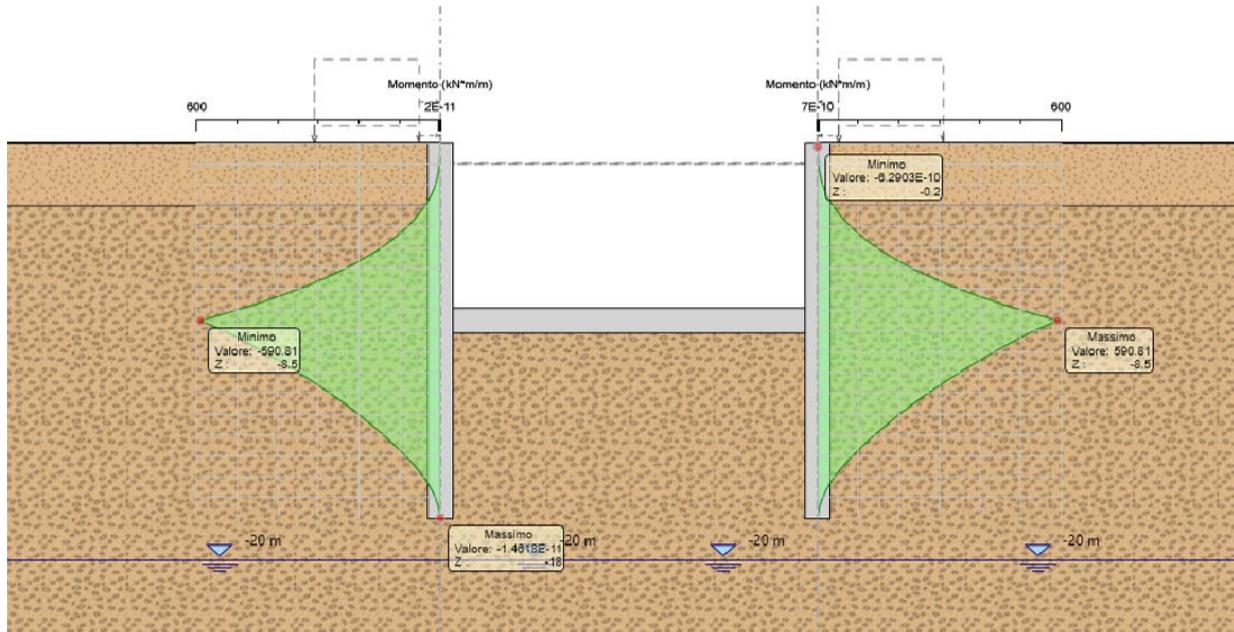


Figura 28: Diagramma dei momenti agli SLE qp (in fase di esercizio)

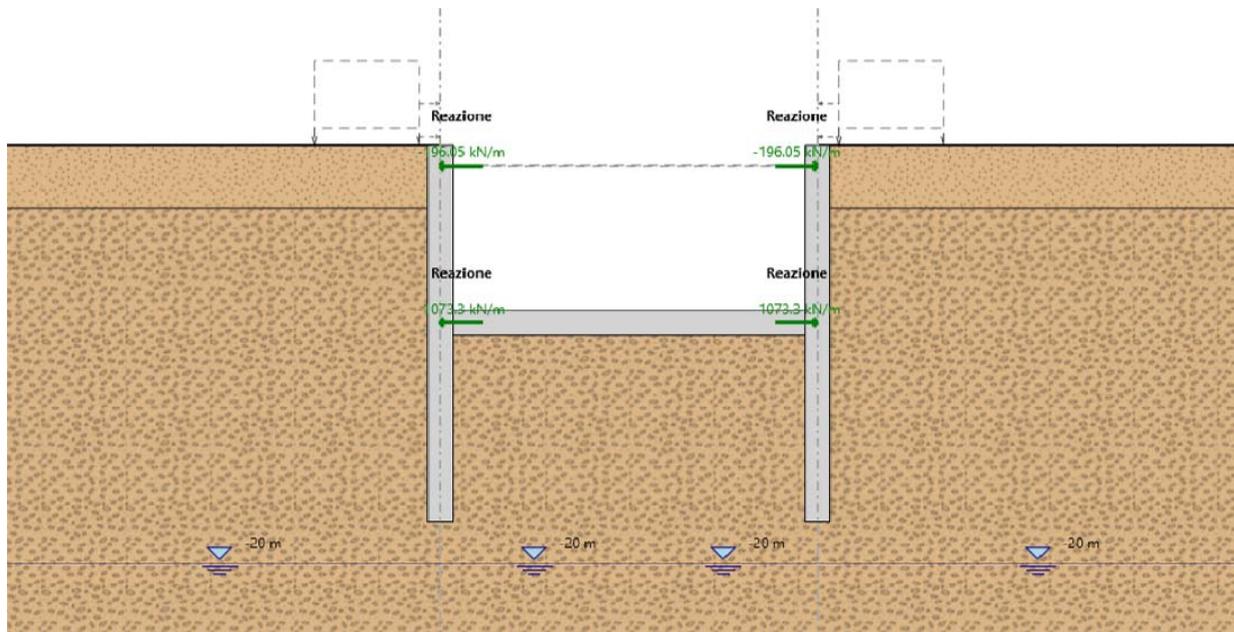


Figura 29: Involuppo delle reazioni vincolari allo SLU/SLV (tutte le fasi)

9.3. Paratia tipo 3

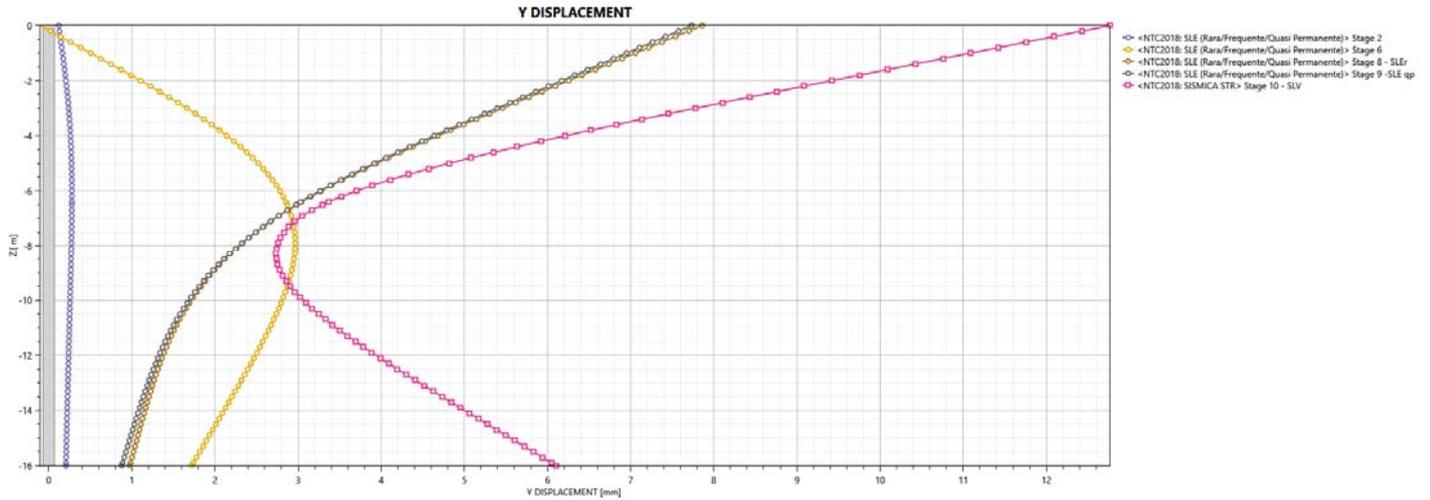


Figura 30: Spostamenti nominali della paratia nelle principali fasi

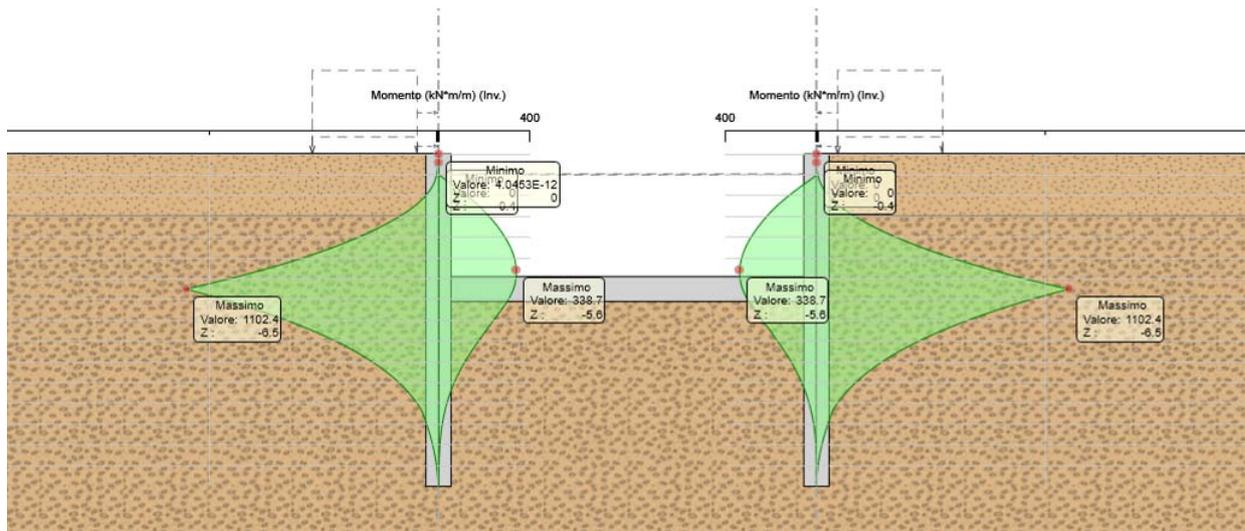


Figura 31: Involuppo dei momenti agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	40 di 89

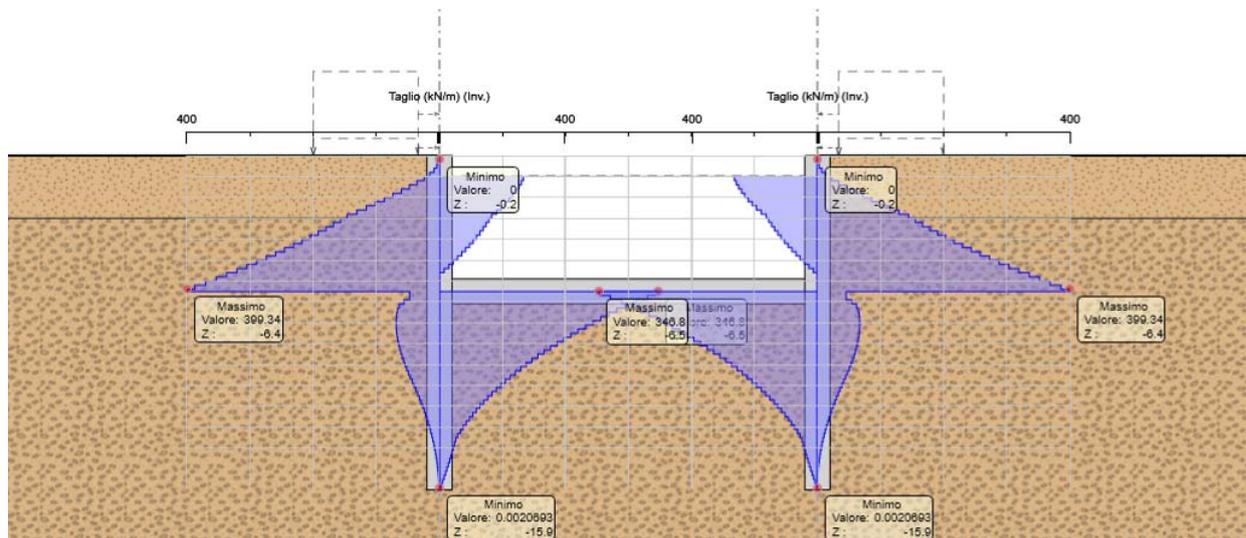


Figura 32: Involuppo del taglio agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

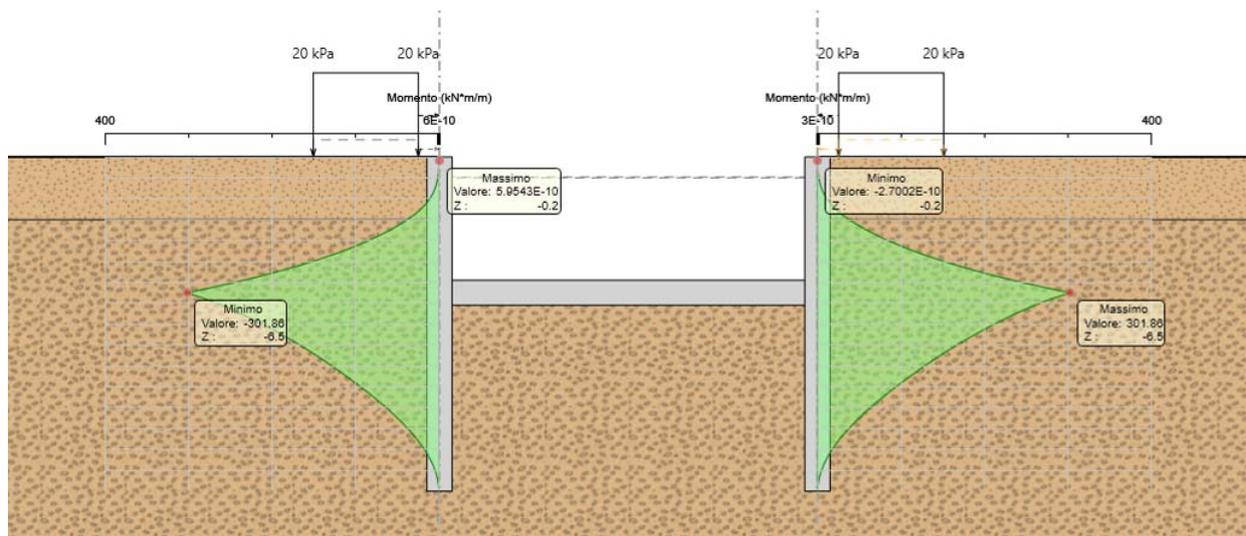


Figura 33: Diagramma dei momenti agli SLE r (in fase di esercizio)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	41 di 89

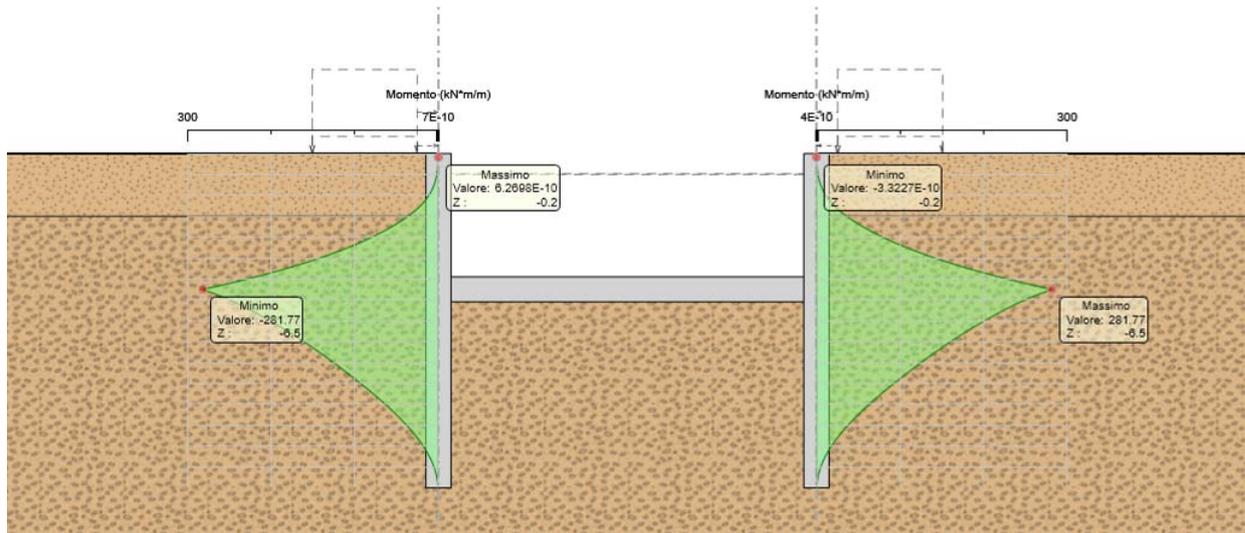


Figura 34: Diagramma dei momenti agli SLE qp (in fase di esercizio)

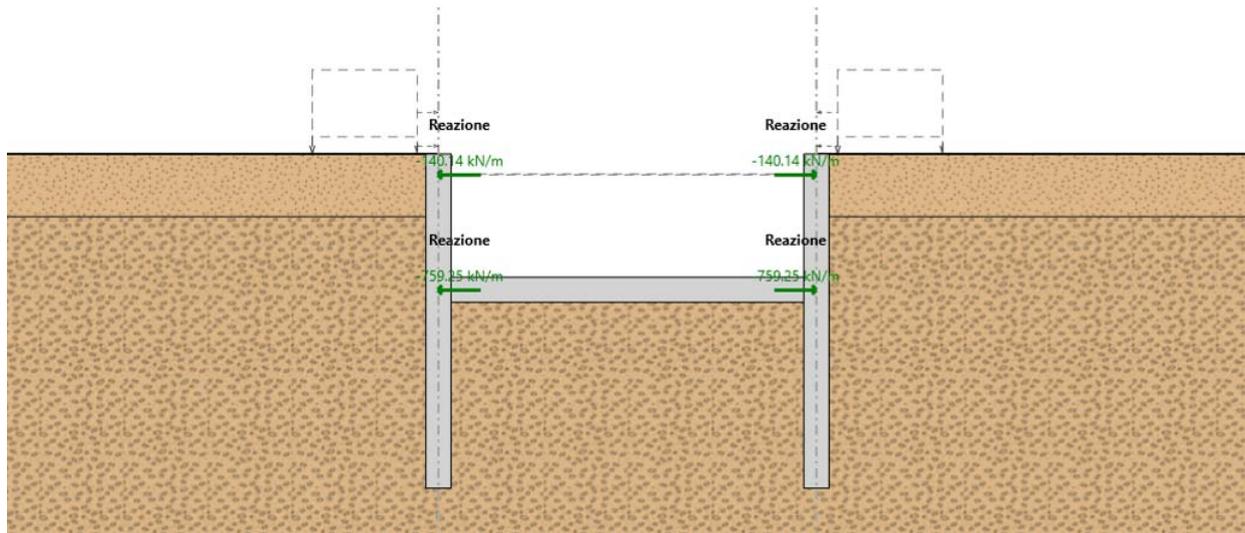


Figura 35: Involuppo delle reazioni vincolari allo SLU/SLV (tutte le fasi)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	42 di 89

9.4. Paratia tipo 4

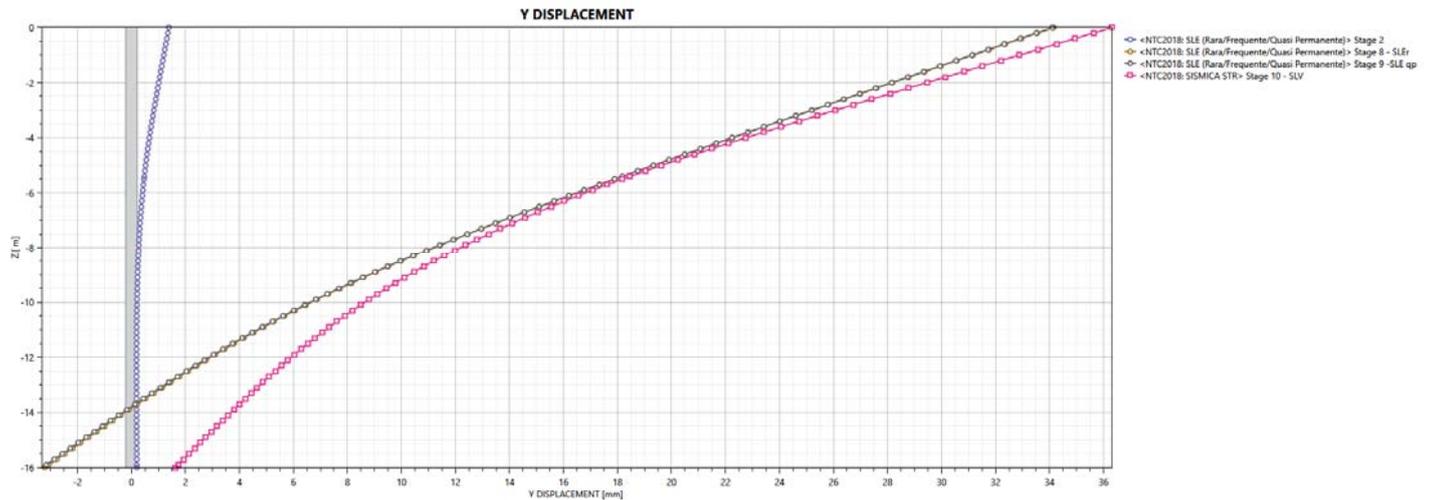


Figura 36: Spostamenti nominali della paratia nelle principali fasi

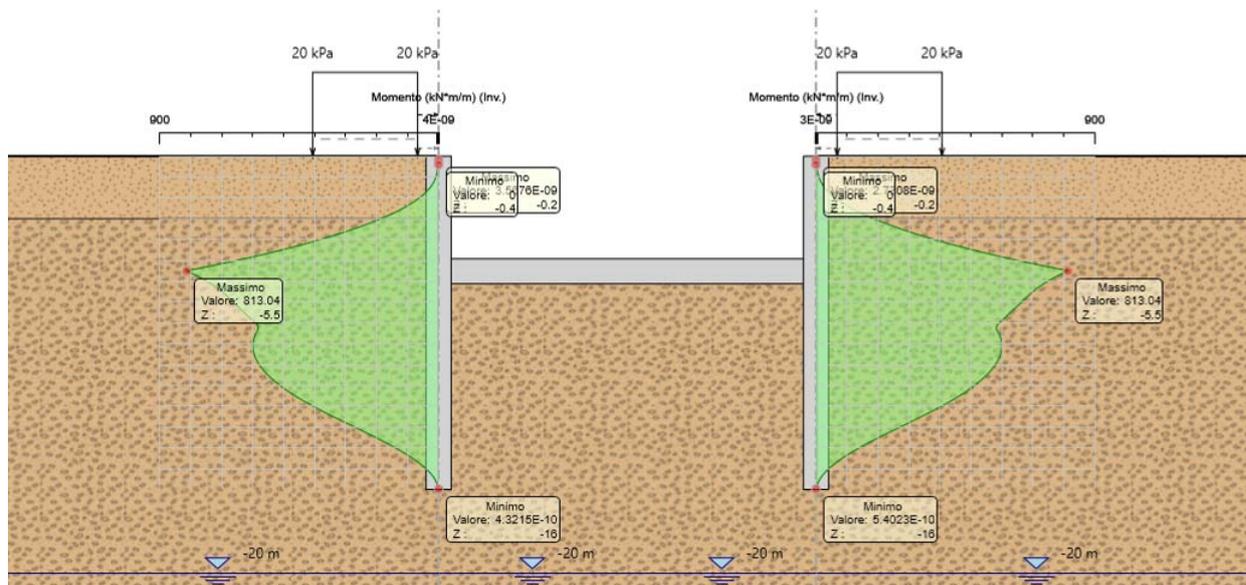


Figura 37: Involuppo dei momenti agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	43 di 89

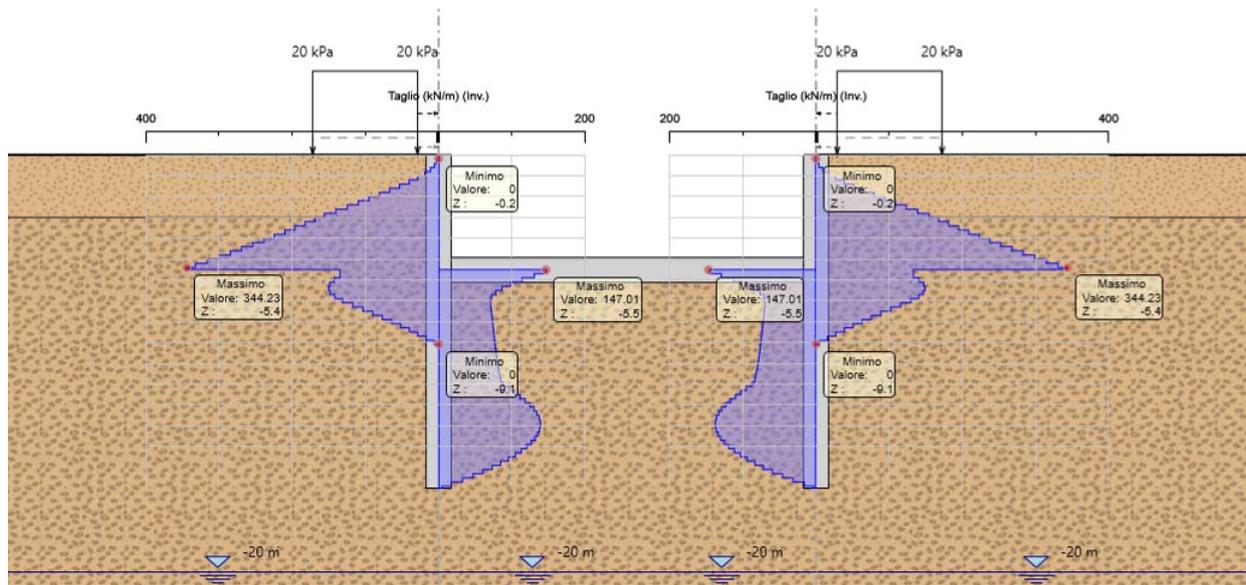


Figura 38: Involuppo del taglio agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

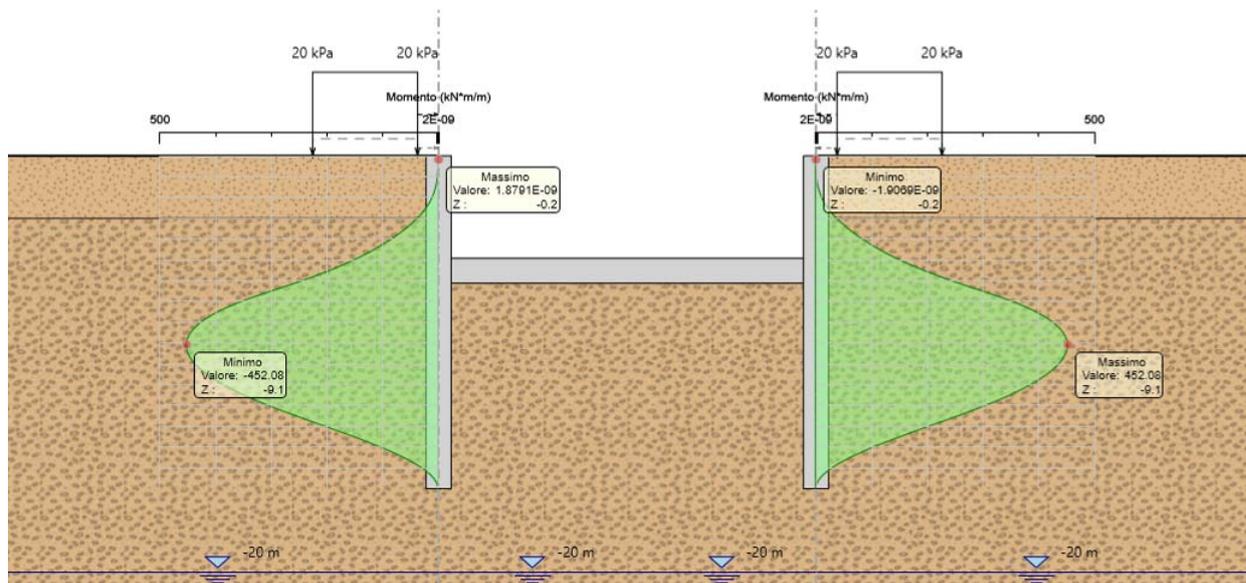


Figura 39: Diagramma dei momenti agli SLE r (in fase di esercizio)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	44 di 89

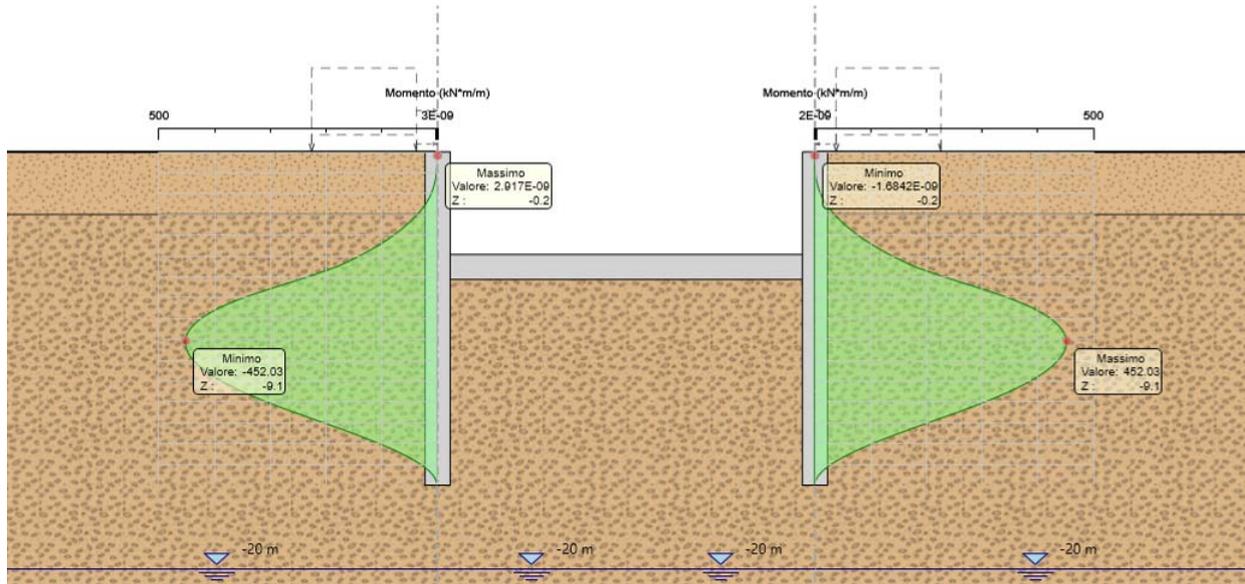


Figura 40: Diagramma dei momenti agli SLE qp (in fase di esercizio)

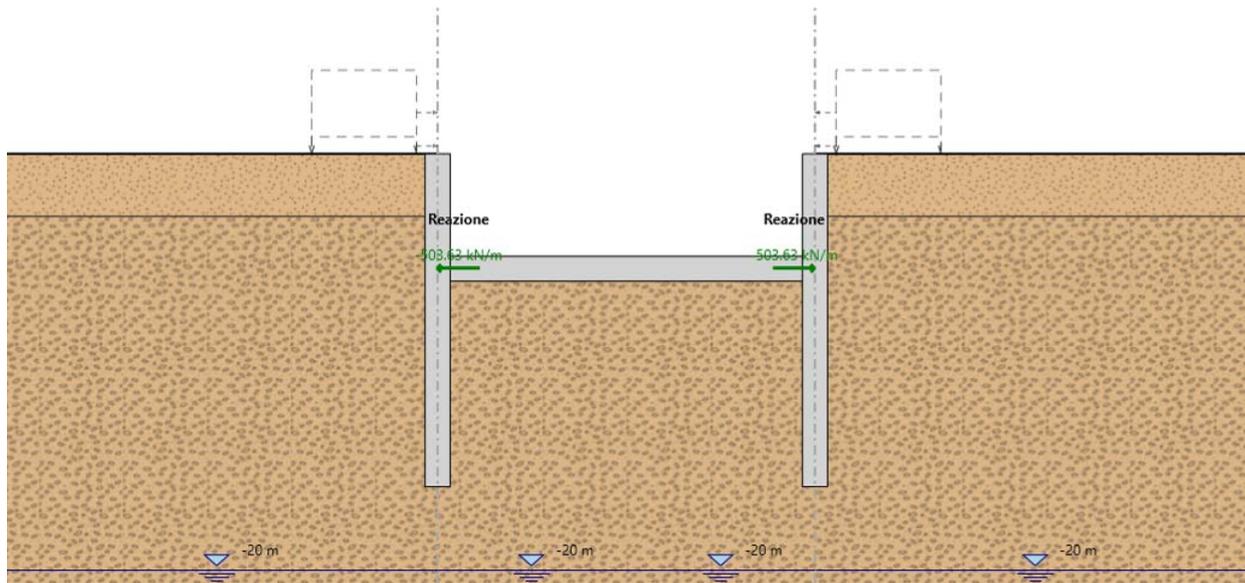


Figura 41: Involuppo delle reazioni vincolari allo SLU/SLV (tutte le fasi)

9.5. Paratia tipo 5

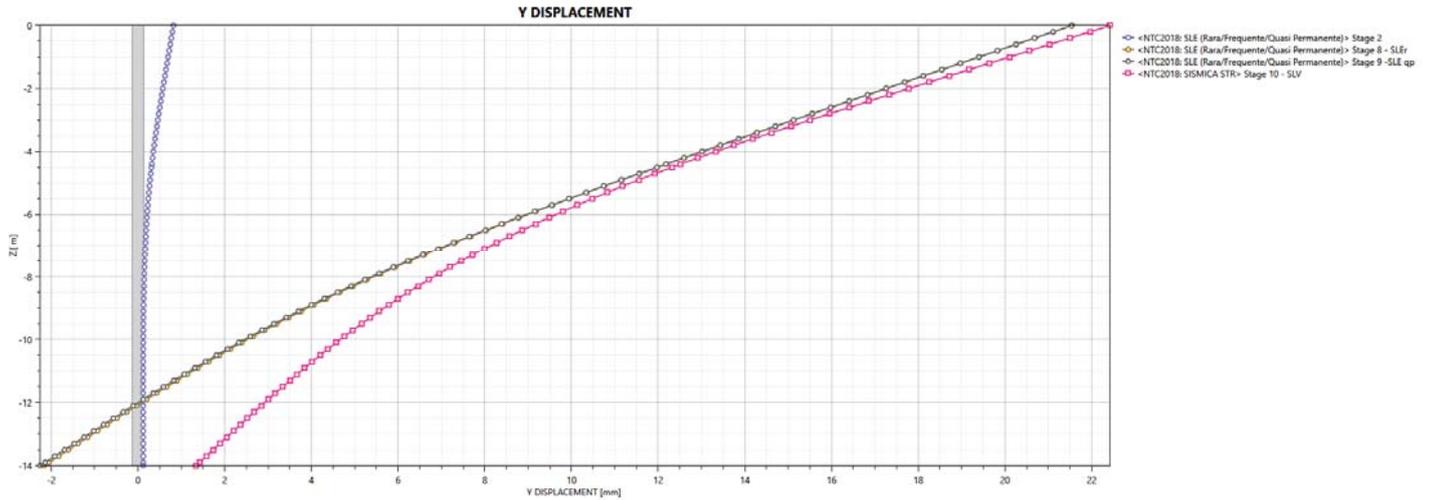


Figura 42: Spostamenti nominali della paratia nelle principali fasi

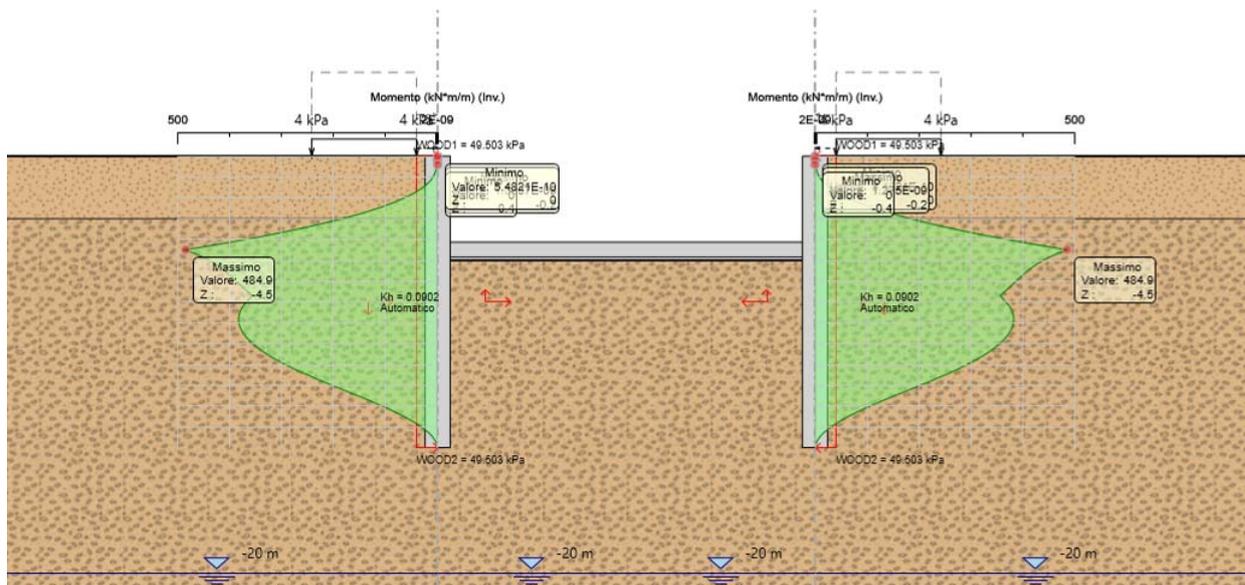


Figura 43: Involuppo dei momenti agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	46 di 89

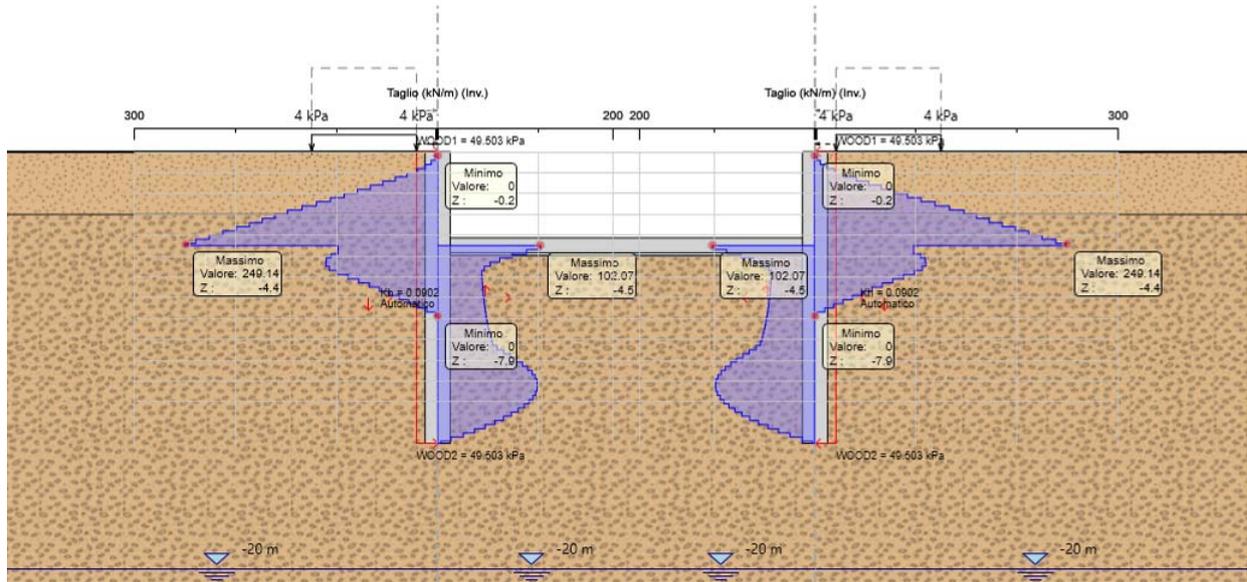


Figura 44: Involuppo del taglio agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

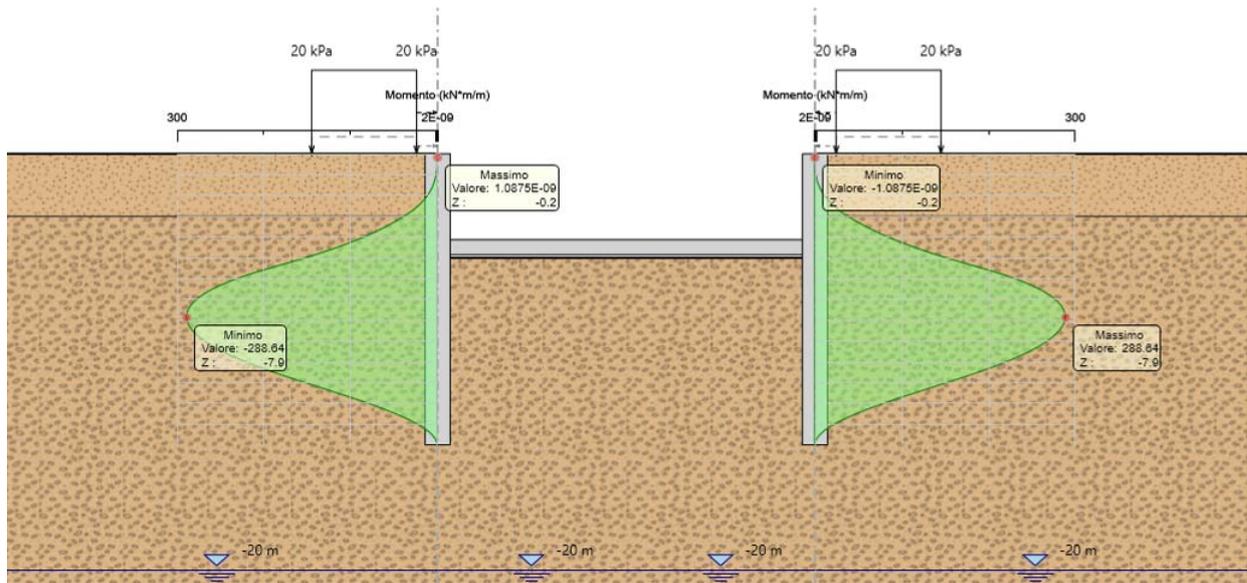


Figura 45: Diagramma dei momenti agli SLE r (in fase di esercizio)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	47 di 89

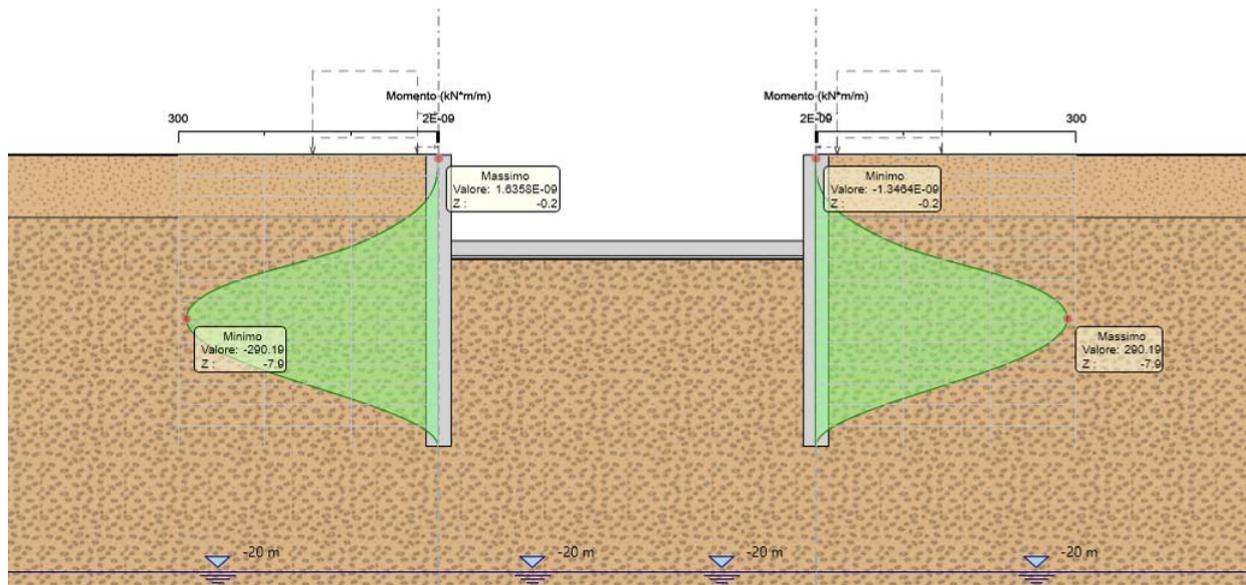


Figura 46: Diagramma dei momenti agli SLE qp (in fase di esercizio)

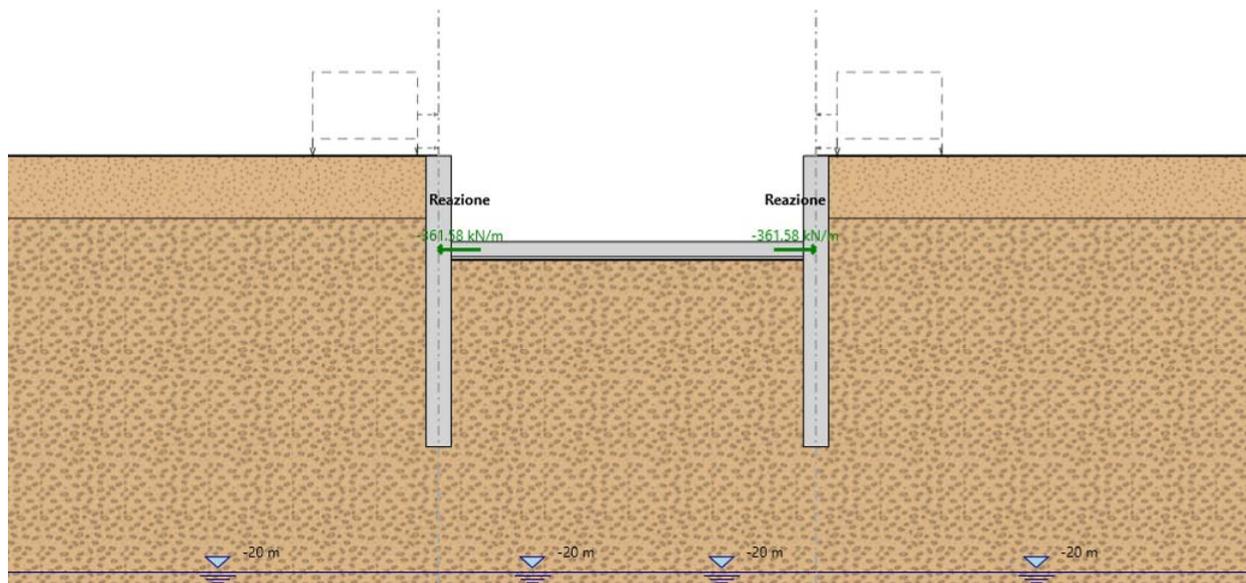


Figura 47: Involuppo delle reazioni vincolari allo SLU/SLV (tutte le fasi)

9.6. Paratia tipo 6

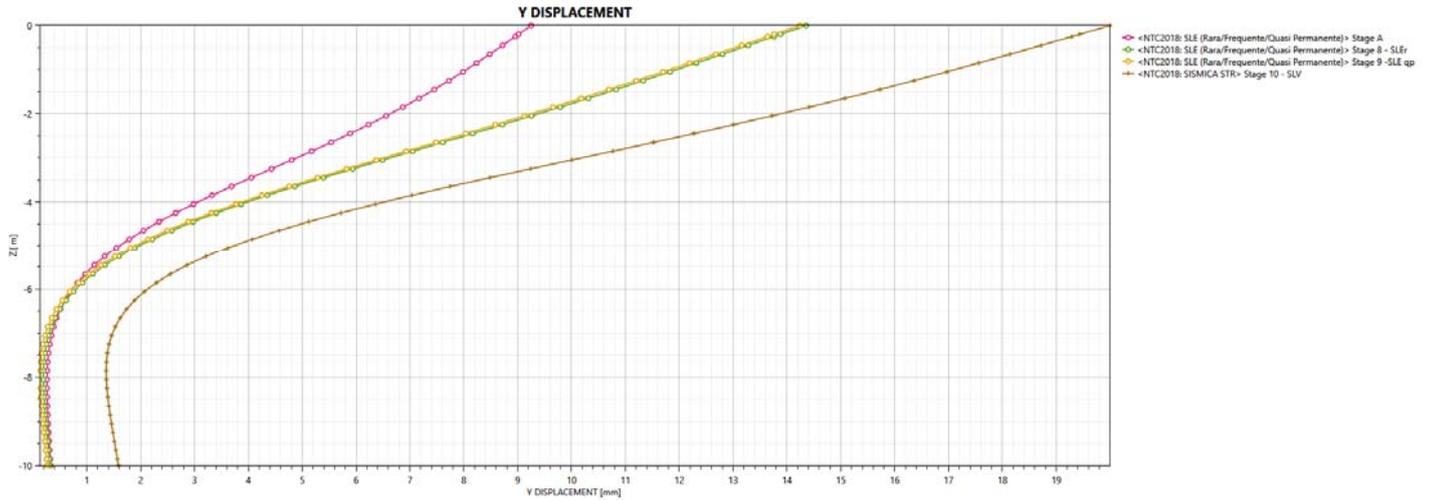


Figura 48: Spostamenti nominali della paratia nelle principali fasi

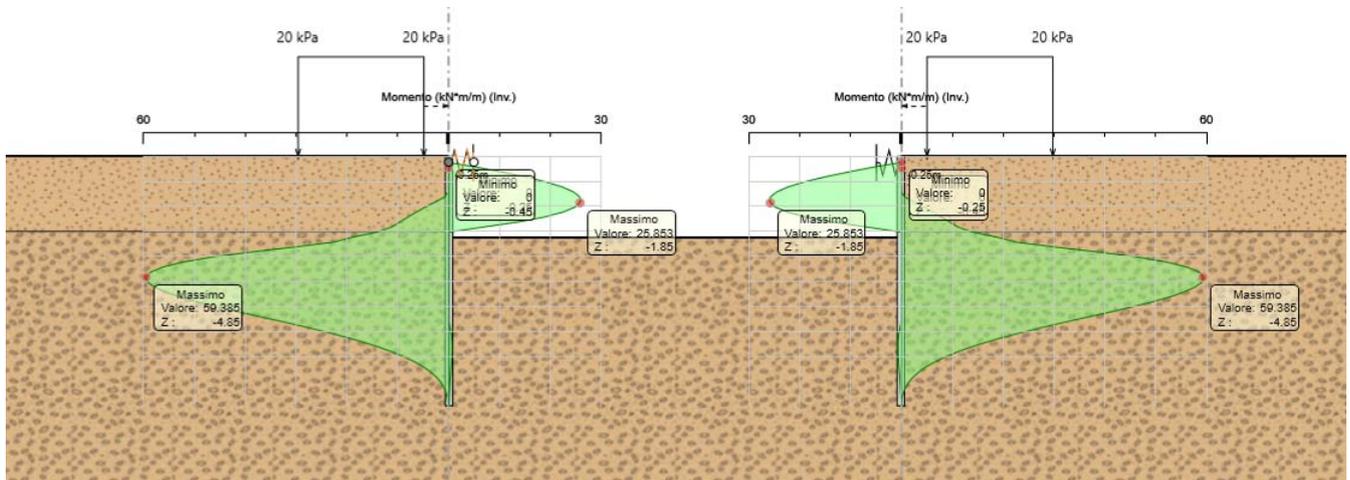


Figura 49: Involuppo dei momenti agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	49 di 89

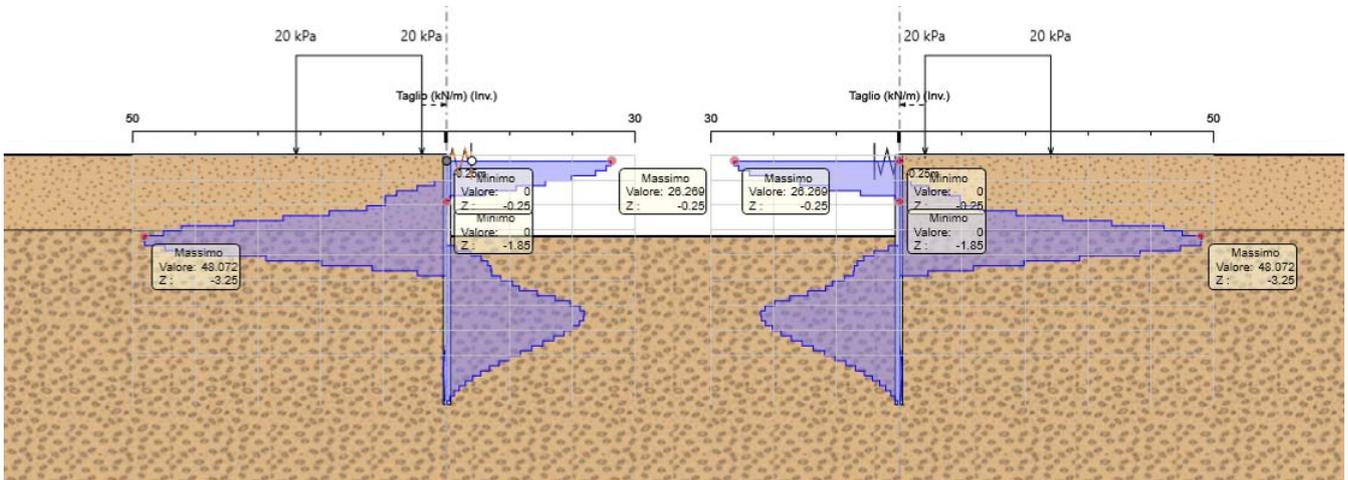


Figura 50: Involuppo del taglio agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

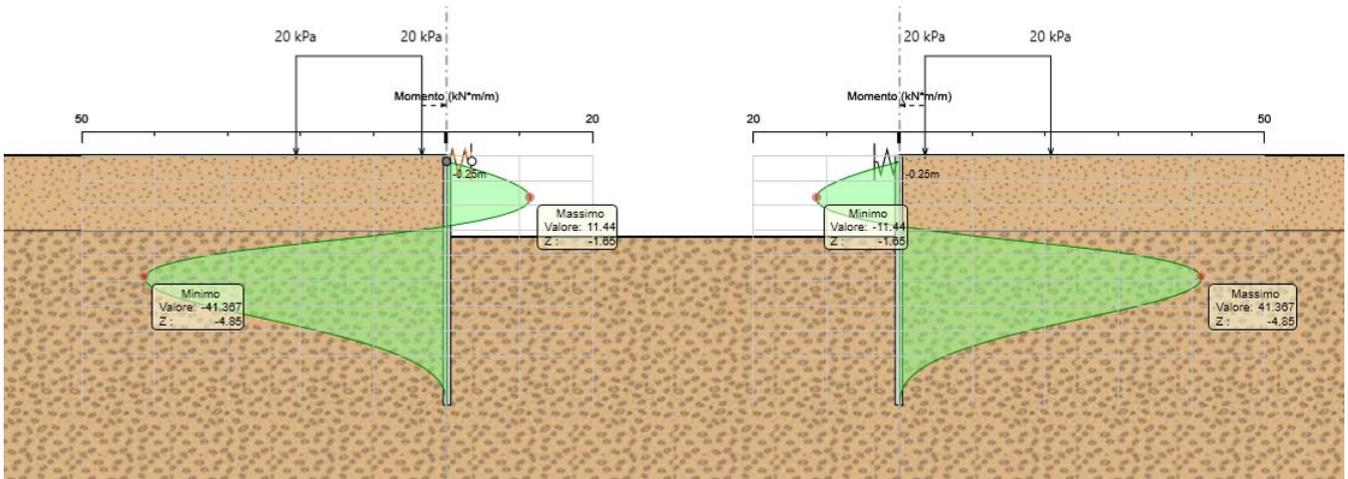


Figura 51: Diagramma dei momenti agli SLE r (in fase di esercizio)

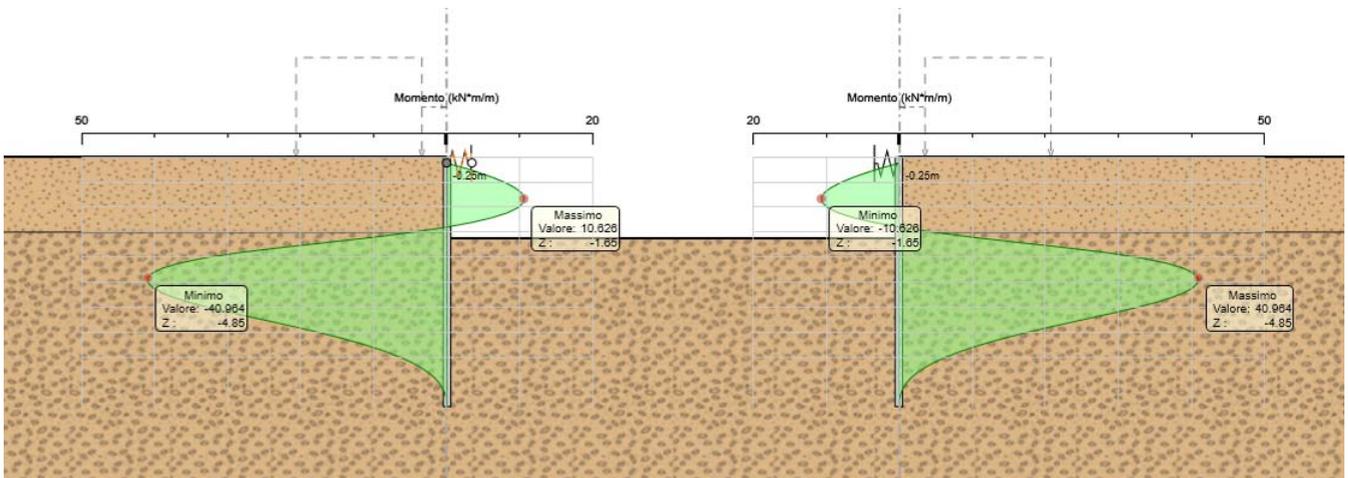


Figura 52: Diagramma dei momenti agli SLE qp (in fase di esercizio)

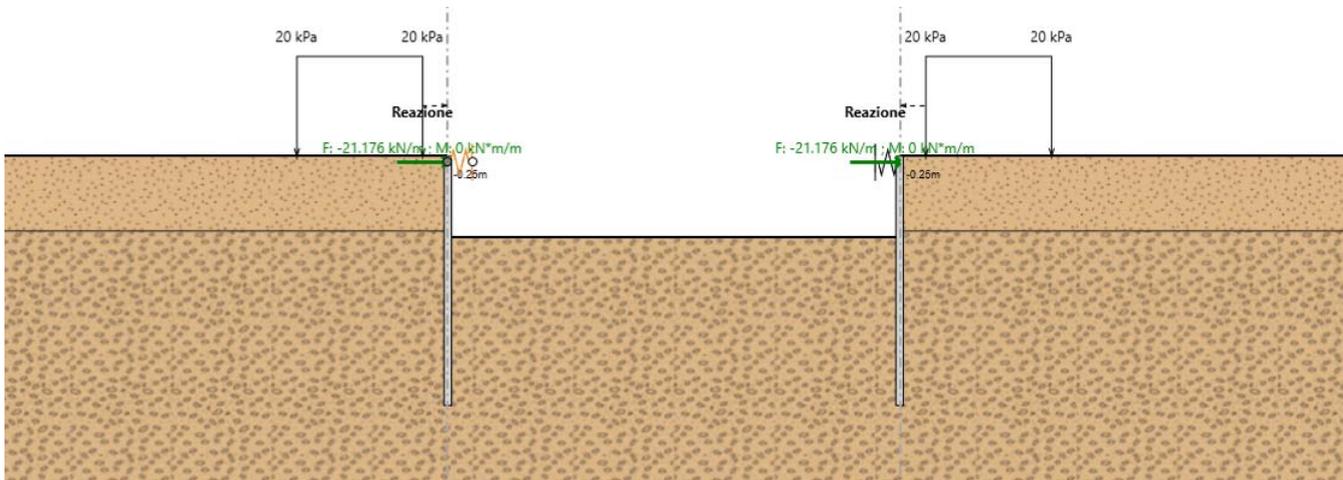


Figura 53: Max reazioni vincolari allo SLU (fase transitoria)

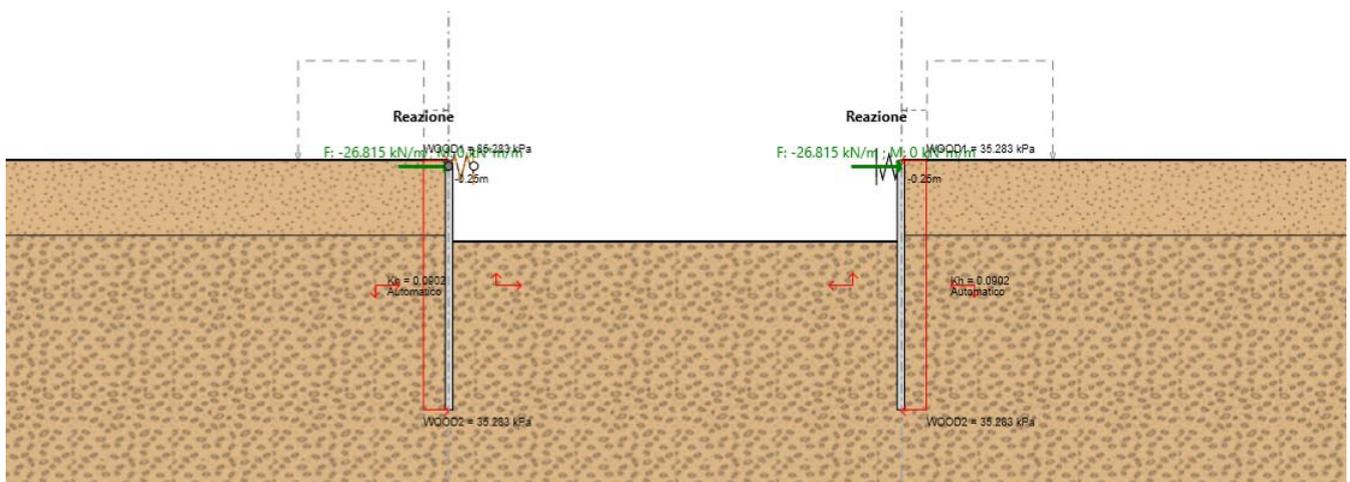


Figura 54: Max reazioni vincolari allo SLU/SLV (fase di esercizio)

Le ultime due immagini confermano la validità del modello secondo le limitazioni imposte al §8.2.

9.7. Paratia tipo 7

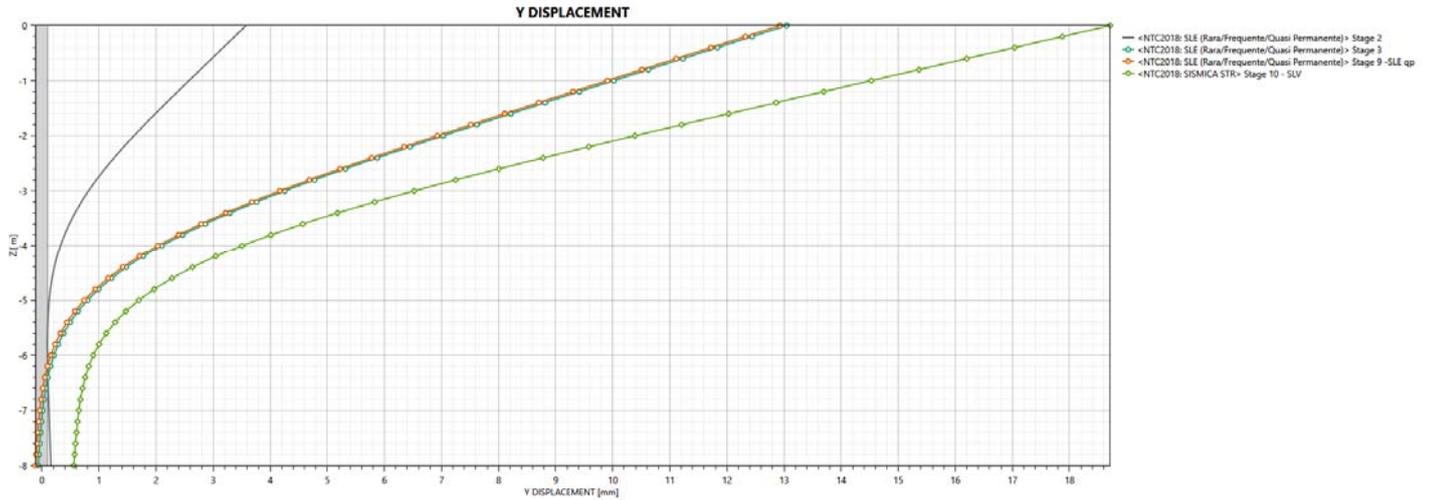


Figura 55: Spostamenti nominali della paratia nelle principali fasi

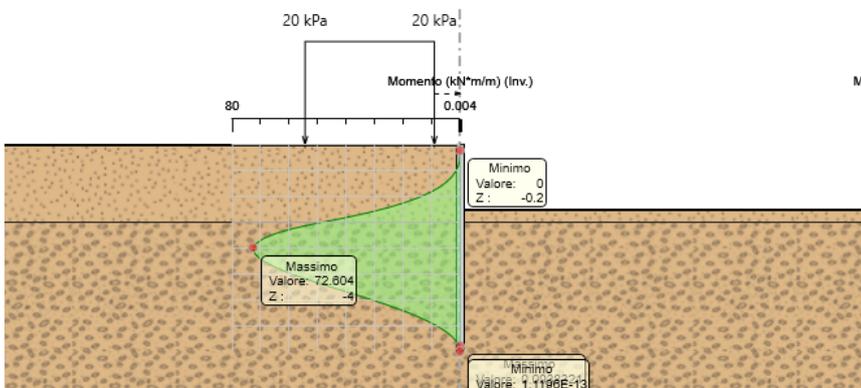


Figura 56: Involuppo dei momenti agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

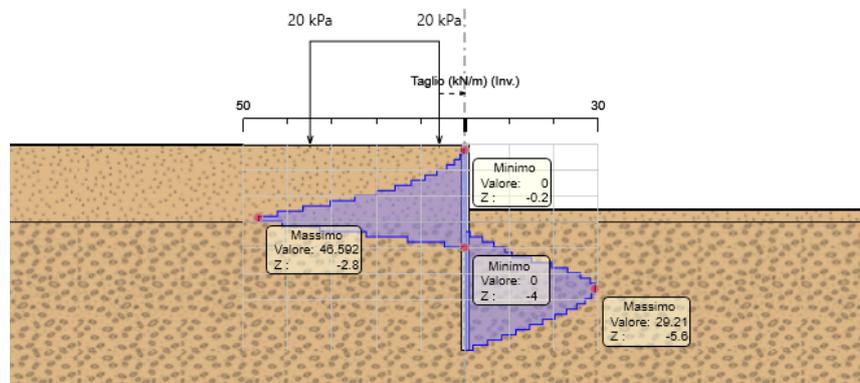


Figura 57: Involuppo del taglio agli SLU/SLV (per tutti gli stage)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	52 di 89

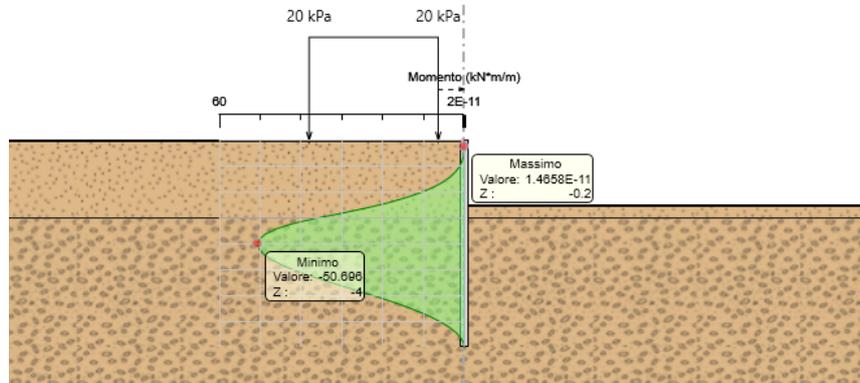


Figura 58: Diagramma dei momenti agli SLE r (in fase di esercizio)

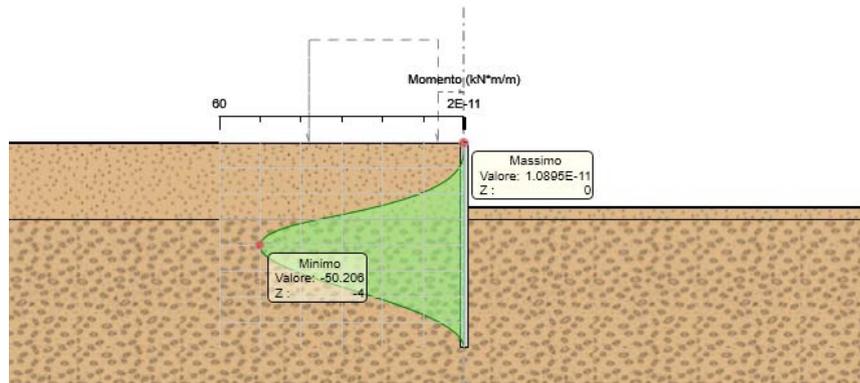


Figura 59: Diagramma dei momenti agli SLE qp (in fase di esercizio)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	53 di 89

10. VERIFICHE

10.1. Verifiche paratia tipo 1

Le armature considerate per i pali sono:

Longitudinali: 45Ø26 + 45Ø26 (secondo strato)

Armature a taglio: Ø12/20cm

Si riporta l'output del software di verifica RC-sec.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: VI06_palo 1200_paratia_H11m

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
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 progetto 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
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :		1.00
Coeff. Aderenza differito B1*B2 :		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	54 di 89

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 circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. 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	51.1	45	26
2	0.0	0.0	46.7	45	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] 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	3211.00	0.00	817.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1327.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	55 di 89

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1327.00 (800.67)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1290.00 (800.67)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
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 r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	3211.00	0.00	0.00	4848.06	0.00	1.51	223.0(16.1)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	56 di 89

1 0.00158 0.446 0.0 60.0 0.00129 -3.6 51.0 -0.00196 0.0 -51.1

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000031795	-0.000331763	0.446	0.998

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) 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.
Ctg Cotangente dell'angolo 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	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	817.00	2262.68	1777.84	93.2	110.5	2.500	1.000	10.0	21.7(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.32	0.0	0.0	-104.5	0.0	-51.1	1611	106.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.32	0.0	0.0	-104.5	0.0	-51.1	1611	106.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	57 di 89

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max*(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00060	0	0.500	26.0	76	0.00036 (0.00031)	325	0.116 (0.20)	800.67	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.17	0.0	0.0	-101.6	0.0	-51.1	1611	106.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00058	0	0.500	26.0	76	0.00040 (0.00030)	325	0.129 (0.20)	800.67	0.00

10.2. Verifiche paratia tipo 2

Le armature considerate per i pali sono:

Longitudinali: 45Ø26

Armature a taglio: Ø12/20cm

Si riporta l'output del software di verifica RC-sec.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: VI06_palo 1200_paratia_H9m

(Percorso File: N:\0549D12_Radd Ponte S. Pietro Bergamo ITF\05 Lavori\GST\VI06 - Sottopasso via Fermi\Calcolo\RCsec\VI06_palo 1200_paratia_H9m.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI060004	A	58 di 89

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 progetto 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
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

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 circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. 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	51.1	45	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	59 di 89

Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] 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	2304.00	0.00	662.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	744.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	744.00 (633.93)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	709.00 (633.93)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.5 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.4 cm

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	60 di 89

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
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 r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	2304.00	0.00	0.00	2735.98	0.00	1.19	122.1(16.3)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00127	0.393	0.0	60.0	0.00101	-3.6	51.0	-0.00196	0.0	-51.1

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000029016	-0.000473767	0.393	0.931

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) 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.
Ctg	Cotangente dell'angolo 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.[cm ² /m]

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	61 di 89

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.proiettata sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	662.00	2252.74	932.48	93.5	109.6	2.500	1.000	8.0	11.3(0.0)

1)2)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.30	0.0	0.0	-104.4	0.0	-51.1	1806	69.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.30	0.0	0.0	-104.4	0.0	-51.1	1806	69.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00059	0	0.500	26.0	76	0.00031 (0.00031)	374	0.117 (0.20)	633.93	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.10	0.0	0.0	-99.5	0.0	-51.1	1806	69.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	62 di 89

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00056	0	0.500	26.0	76	0.00033 (0.00030)	374	0.124 (0.20)	633.93	0.00

10.3. Verifiche paratia tipo 3

Le armature considerate per i pali sono:

Longitudinali: 35Ø26

Armature a taglio: Ø12/20cm

Si riporta l'output del software di verifica RC-sec.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.
NOME SEZIONE: VI06_palo 1200_paratia_H7m

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
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 progetto 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
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²	

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	63 di 89

Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

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 circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. 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	51.1	35	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] 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	1653.00	0.00	599.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	453.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	64 di 89

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	453.00 (589.57)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	423.00 (589.57)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
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 r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1653.00	0.00	0.00	2178.33	0.00	1.32	90.3(16.4)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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.)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	65 di 89

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00116	0.372	0.0	60.0	0.00090	4.6	50.9	-0.00196	0.0	-51.1

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000028027	-0.000524304	0.372	0.905

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) 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.
Ctg Cotangente dell'angolo 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.proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	N	599.00	2239.85	937.40	94.0	108.5	2.500	1.000	7.2	11.3(0.0)

1) Verifica di resistenza a Taglio non soddisfatta o passo staffe superiore al valore massimo di normativa.

2) Area_Staffe + Legature < Area Staffe minima di normativa

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.02	0.0	0.0	-80.0	0.0	-51.1	1855	47.8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	66 di 89

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.02	0.0	0.0	-80.0	0.0	-51.1	1855	47.8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione: $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00045	0	0.500	26.0	76	0.00024 (0.00024)	430	0.103 (0.20)	589.57	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.82	0.0	0.0	-74.7	0.0	-51.1	1855	47.8

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00042	0	0.500	26.0	76	0.00022 (0.00022)	430	0.096 (0.20)	589.57	0.00

10.4. Verifiche paratia tipo 4

Le armature considerate per i pali sono:

Longitudinali: 35Ø26

Armature a taglio: Ø12/20cm

Si riporta l'output del software di verifica RC-sec.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: VI06_palo 1200_paratia_H6m

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	67 di 89

Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
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 progetto 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
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito B1*B2 :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

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 circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonfer. 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	51.1	35	26

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	68 di 89

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] 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	1220.00	0.00	516.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	678.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	678.00 (589.57)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	678.00 (589.57)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	69 di 89

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.4	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
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 r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1220.00	0.00	0.00	2178.33	0.00	1.79	90.3(16.4)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00116	0.372	0.0	60.0	0.00090	4.6	50.9	-0.00196	0.0	-51.1

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000028027	-0.000524304	0.372	0.905

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12	mm
Passo staffe:	20.0	cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) 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.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	70 di 89

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.
Ctg Cotangente dell'angolo 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	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	516.00	2239.85	937.40	94.0	108.5	2.500	1.000	6.2	11.3(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.52	0.0	0.0	-119.7	0.0	-51.1	1855	47.8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.52	0.0	0.0	-119.7	0.0	-51.1	1855	47.8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00067	0	0.500	26.0	76	0.00036 (0.00036)	430	0.154 (0.20)	589.57	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	71 di 89

1 S 4.52 0.0 0.0 -119.7 0.0 -51.1 1855 47.8

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00067	0	0.500	26.0	76	0.00037 (0.00036)	430	0.158 (0.20)	589.57	0.00

10.5. Verifiche paratia tipo 5

Le armature considerate per i pali sono:

Longitudinali: 35ø24

Armature a taglio: ø12/20cm

Si riporta l'output del software di verifica RC-sec.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: VI06_palo 1200_paratia_H5m

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
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 progetto 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
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	72 di 89

Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

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	51.1	35	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] 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	728.00	0.00	375.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	73 di 89

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	435.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	435.00 (566.60)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	435.00 (566.60)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.8 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.5 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
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 r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	728.00	0.00	0.00	1884.69	0.00	2.59	76.9(16.5) 12

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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.)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	74 di 89

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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00109	0.358	0.0	60.0	0.00084	4.6	50.9	-0.00196	0.0	-51.1

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 (travi e solette)[S 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000027418	-0.000555459	0.358	0.887

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) 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.
 Ctg Cotangente dell'angolo 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	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	375.00	2224.57	941.95	94.4	107.2	2.500	1.000	4.5	11.3(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.17	0.0	0.0	-88.9	0.0	-51.1	1885	40.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	75 di 89

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.17	0.0	0.0	-88.9	0.0	-51.1	1885	40.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione: $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00050	0	0.500	24.0	77	0.00027 (0.00027)	451	0.120 (0.20)	566.60	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.17	0.0	0.0	-88.9	0.0	-51.1	1885	40.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00050	0	0.500	24.0	77	0.00027 (0.00027)	451	0.120 (0.20)	566.60	0.00

10.6. Verifiche paratie tipo 6 e 7

Nelle verifiche di resistenza dei micropali si considera unicamente il contributo del tubolare in acciaio di armatura, trascurando quello del calcestruzzo, il quale contribuisce solamente alla stabilità della sezione.

Innanzitutto si determina la classe delle sezioni dei tubolari impiegati, secondo la seguente tabella.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	76 di 89

Sezioni Tubolari						
						
Classe	Sezione inflessa e/o compressa					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$ (Per $d/t > 90\epsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)					
$\epsilon = \sqrt{235 / f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	e	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

I tubolari impiegati sono i seguenti:

$$\varnothing 139.7 \times 12 : d/t = 11.6 < 50 \cdot \epsilon^2 = 32.8 \quad \text{CLASSE 1}$$

Dato che la sezione risulta in classe 1, è possibile attingere alla resistenza plastica dei tubolari. Per semplicità di calcolo e a favore di sicurezza si mantiene la verifica all'interno del campo elastico, tramite il criterio seguente:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed} \sigma_{x,Ed} + 3 \tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk} / \gamma_{M0})^2$$

Dato che i tubolari sono contenuti all'interno del calcestruzzo che forma il micropalo, le verifiche si limitano alla resistenza della sezione, considerando le verifiche di stabilità implicitamente soddisfatte.

Si sintetizzano di seguito le sollecitazioni massime di progetto. Dato che nei diagrammi riportati nel capitolo precedente le sollecitazioni sono date al metro lineare di paratia, per ottenere le sollecitazioni agenti sul singolo palo si moltiplica il valore di output per l'interasse tra micropali, che vale 0.3m per la paratia tipo 6 e 0.25m per la tipo 7. Si ha quindi:

$$M_{Ed,6} = 56 \cdot 0.3 = 17 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,7} = 72 \cdot 0.25 = 18 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,6} = 48 \cdot 0.3 = 14 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,7} = 47 \cdot 0.25 = 12 \text{ kN}$$

Per il tubolare in questione le caratteristiche di resistenza della sezione sono:

$$A = 4814 \text{ mm}^2$$

$$W_{el} = 1.42 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_v = 2 \cdot A / \pi = 3065 \text{ mm}^2$$

Le tensioni massime sulla sezione sono:

$$\sigma_{x,Ed} = M_{Ed} / W_{el} = 127 \text{ MPa}$$

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	77 di 89

$$\tau_{Ed} = V_{Ed} / A_v = 5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{id} = (\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2)^{1/2} = 127 \text{ MPa} < f_{yd} = 338 \text{ MPa}$$

10.7. Verifiche di resistenza e stabilità dei puntelli

Nelle paratie tipo 1, 2 e 3 è prevista una puntellazione provvisoria costituita da una trave HEA 600 ogni 3m.

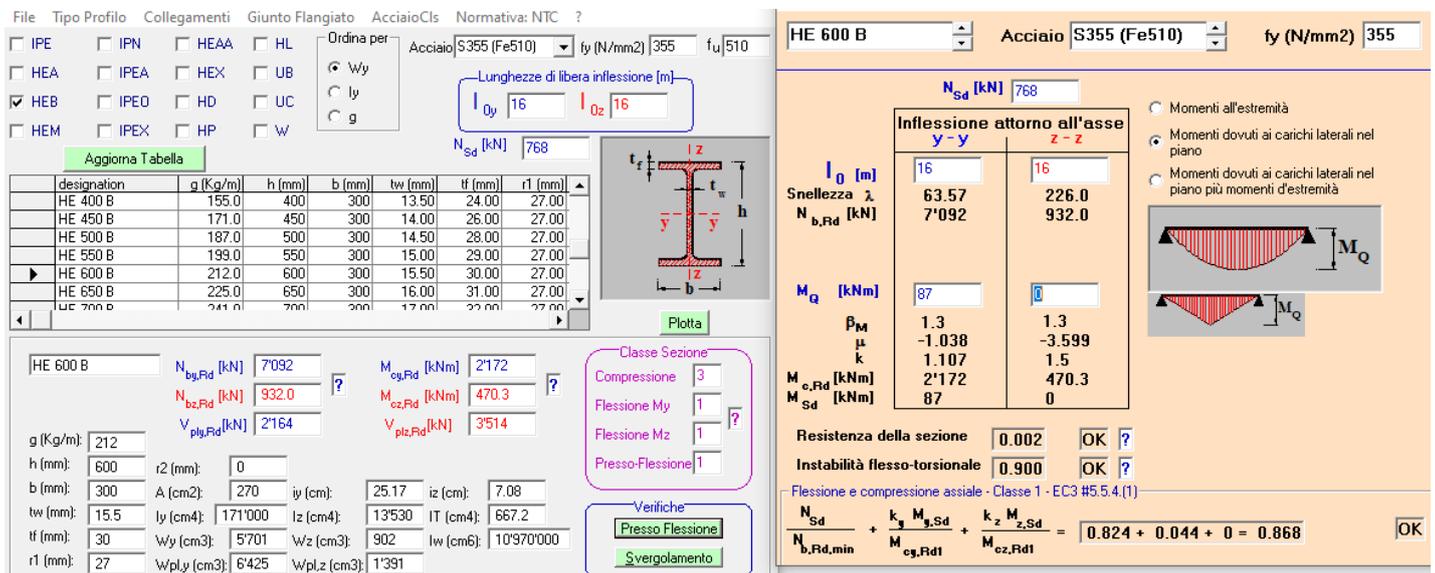
La massima compressione su un puntello, ricavata dalle reazioni riportate al §9, è pari a:

$$N_{Ed} = 256 \cdot 3 = 768 \text{ kN}$$

Mentre il momento agente sull'asta è quello dovuto unicamente al peso proprio del profilo, pari a 2.1kN/m:

$$M_{Ed} = 1.3 \cdot 2.1 \cdot 16^2 / 8 = 81 \text{ kNm}$$

Essendo 16m la massima distanza tra i pali. La verifica a pressoflessione è condotta tramite il software Profili_V6.



The screenshot shows the software interface for the design and verification of an HEA 600 B section. The main parameters are:

- Section: HEA 600 B
- Material: Acciaio S355 (Fe510)
- Yield strength: f_y (N/mm²) 355
- Ultimate strength: f_u 510
- Order: Wy
- Free length of inflection: l_{0y} 16, l_{0z} 16
- Design axial force: N_{Sd} [kN] 768
- Design bending moment: M_Q [kNm] 87

The verification panel shows the following results:

Inflessione attorno all'asse	
y - y	z - z
I_0 [m ⁴]	16
Snellezza λ	63.57
$N_{b,Rd}$ [kN]	7'092
$M_{c,Rd}$ [kNm]	226.0
$M_{e,Rd}$ [kNm]	932.0
β_M	1.3
μ	-1.038
k	1.107
$M_{e,Rd}$ [kNm]	2'172
M_{Sd} [kNm]	470.3
M_Q [kNm]	87
M_{Sd} [kNm]	0

Additional verification results:

- Resistenza della sezione: 0.002
- Instabilità flesso-torsionale: 0.900
- Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)
- Final check: $\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.824 + 0.044 + 0 = 0.868$

10.8. Verifica della trave di coronamento dei pali

Dove è prevista la puntellazione provvisoria delle paratie, la trave di coronamento dei puntelli funge anche da trave di ripartizione. Lo schema adottato nel calcolo delle sollecitazioni è quello di trave continua con passo appoggi costante pari a 3m. A favore di sicurezza il momento flettente è calcolato sulla campata terminale.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	78 di 89

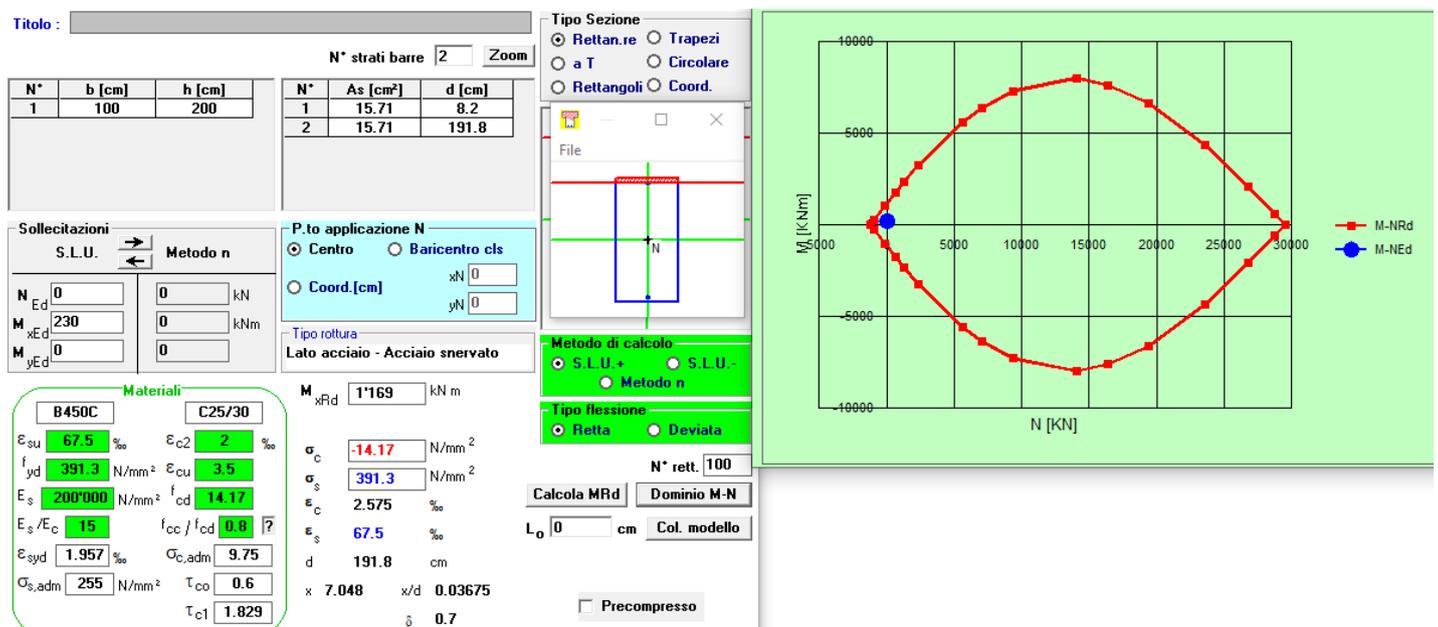
$$q = 256 \text{ kN/m}$$

$$M = q \cdot L^2 / 10 = 230 \text{ kNm}$$

$$V = q \cdot L / 2 = 384 \text{ kN}$$

Trattandosi di uno schema di calcolo valido solamente in fase transitoria, la verifica è condotta unicamente allo SLU, per la sezione con altezza minore. Si riporta l'output del software VCA SLU per la verifica a flessione.

Si dispongono 5 ϕ 20 longitudinali internamente ed esternamente.



La verifica a taglio è svolta con un apposito foglio di calcolo. Non si evidenzia la necessità di armature specifiche, tuttavia si dispone un'armatura minima formata da 4 bracci $\phi 10/20 \text{ cm}$.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	79 di 89

• **Caratteristiche della sezione**

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 2000$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 60$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 25$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5$	$\emptyset 20$	$= 15.71 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 1940$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	$\emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 14.17$	MPa resist. di calcolo			15.71 cm^2

• **Sollecitazioni** (compressione<0, trazione>0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 384.0 \text{ kN}$$

• **Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.321 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.266$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.001 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 389.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 515.5 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 515.5 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

10.9. Verifica della trave di coronamento dei micropali

Con riferimento alla paratia tipo 6, lo schema statico di verifica per la trave in questione è quello della mensola incastrata ad una estremità. La lunghezza di calcolo è circa 9m ed il carico di progetto è dato dalla reazione per unità di lunghezza del vincolo di testata della paratia. Si ha quindi:

$$q_{SLU} = 16.6 \text{ kN/m} \quad M_{SLU} = 672 \text{ kNm} \quad V_{SLU} = 149 \text{ kN}$$

$$q_{SLV} = 26.8 \text{ kN/m} \quad M_{SLV} = 1085 \text{ kNm} \quad V_{SLV} = 241 \text{ kN}$$

$$q_{SLEr} = 12.5 \text{ kN/m} \quad M_{SLEr} = 506 \text{ kNm}$$

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	80 di 89

$$q_{SLEqp} = 12.2 \text{ kN/m}$$

$$M_{SLEqp} = 494 \text{ kNm}$$

Si riporta l'output del software di verifica RC-sec.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: trave coronamento MP

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
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 progetto 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
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito B1*B2 :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-30.0	0.0
2	-30.0	120.0
3	30.0	120.0
4	30.0	0.0

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	81 di 89

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-22.5	7.5	20
2	-22.5	112.5	20
3	22.5	112.5	20
4	22.5	7.5	20
5	-22.5	11.5	20
6	22.5	11.5	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	4	20
2	2	3	4	20
3	5	6	4	20

Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Diametro in mm delle barre della generazione

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	672.00	0.00	149.00	0.00
2	0.00	1085.00	0.00	241.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Mx	My
Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	506.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	82 di 89

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	506.00 (476.04)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	494.00 (476.04)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.3 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
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 r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	672.00	0.00	0.00	1537.85	0.00	2.29	37.7(10.0)
2	S	0.00	1085.00	0.00	0.00	1537.85	0.00	1.42	37.7(10.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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.)

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	83 di 89

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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.117	-30.0	120.0	0.00151	-22.5	112.5	-0.02637	-22.5	7.5
2	0.00350	0.117	-30.0	120.0	0.00151	-22.5	112.5	-0.02637	-22.5	7.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000265477	-0.028357227	0.117	0.700
2	0.000000000	0.000265477	-0.028357227	0.117	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) 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.
Ctg Cotangente dell'angolo 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.proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	149.00	1483.14	1120.20	112.5	60.0	2.500	1.000	1.5	11.3(0.0)
2	S	241.00	1483.14	1120.20	112.5	60.0	2.500	1.000	2.4	11.3(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.05	30.0	120.0	-138.0	-13.5	7.5	1410	37.7

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	84 di 89

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.05	30.0	120.0	-138.0	-13.5	7.5	1410	37.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00076	0	0.500	20.0	65	0.00041 (0.00041)	348	0.144 (0.20)	476.04	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.95	30.0	120.0	-134.8	4.5	7.5	1410	37.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00074	0	0.500	20.0	65	0.00045 (0.00040)	348	0.157 (0.20)	476.04	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

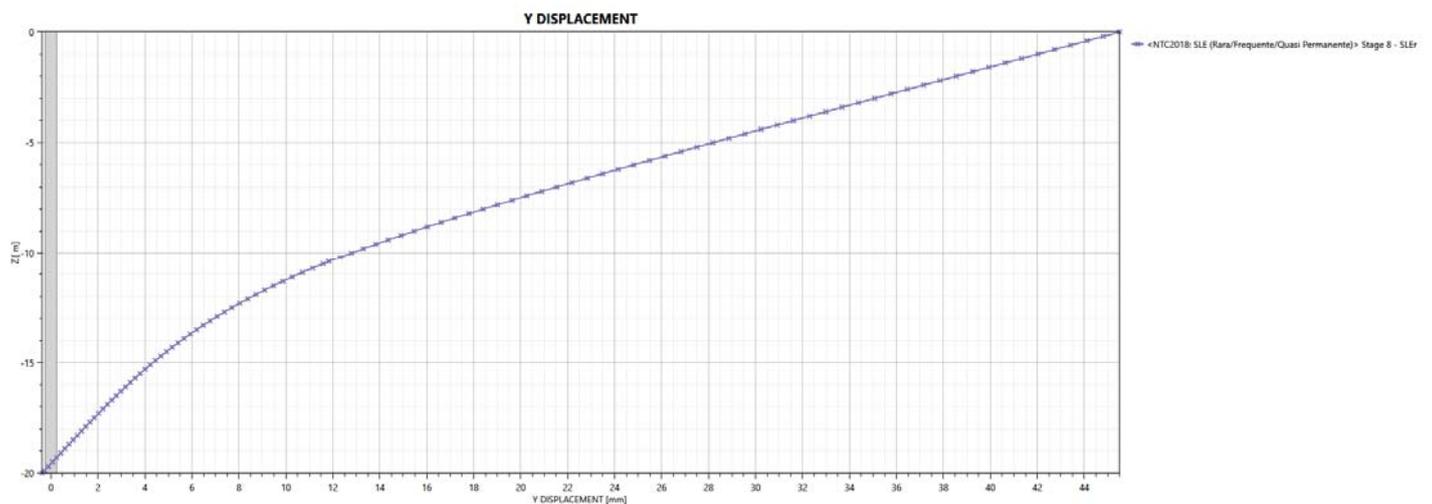
Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	85 di 89

10.10. Verifiche geotecniche in fase di esercizio (SLE)

Si riportano i diagrammi dello spostamento orizzontale della paratia in fase di esercizio, in combinazione SLE rara.

Paratia tipo 1



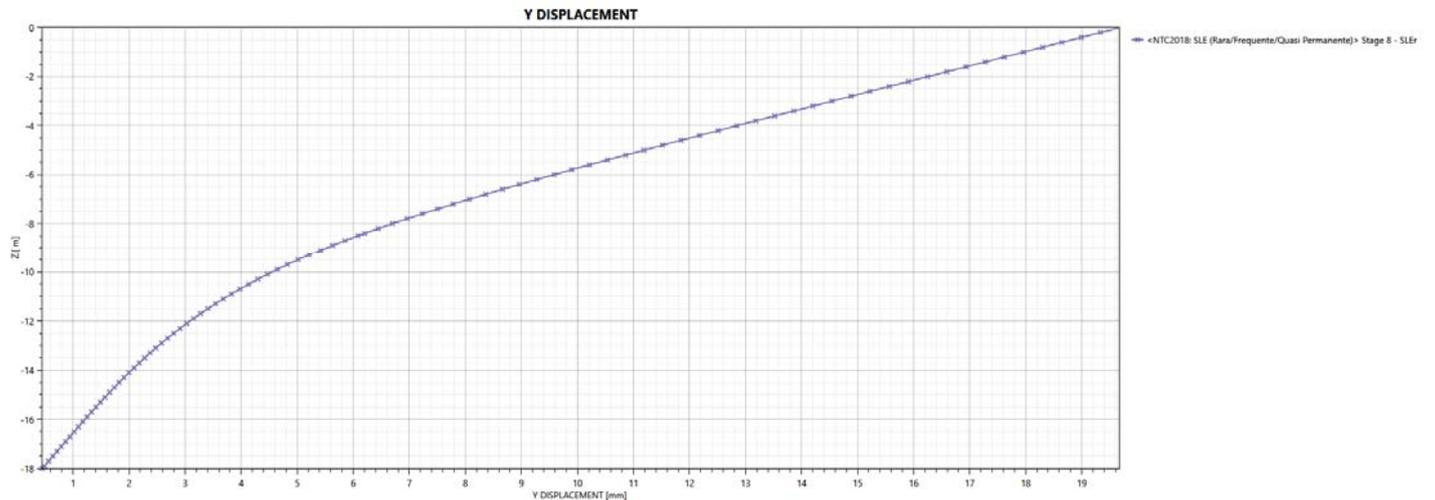
Il massimo spostamento orizzontale in fase di esercizio, risulta circa 45mm che, con riferimento all'altezza totale dello scavo $H=11\text{m}$, è pari a $H/244$. Tale valore è quindi compatibile con la funzionalità dell'opera e dei manufatti adiacenti.

Paratia tipo 2

RELAZIONE DI CALCOLO

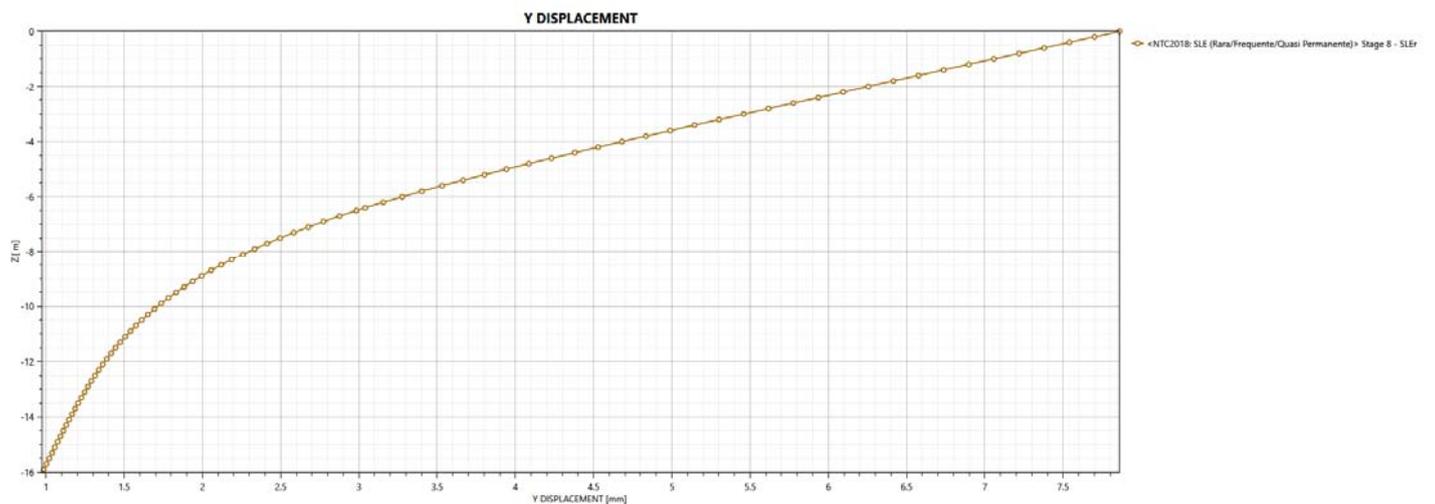
Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	86 di 89



Il massimo spostamento orizzontale in fase di esercizio, risulta circa 20mm che, con riferimento all'altezza totale dello scavo $H=9\text{m}$, è pari a $H/450$. Tale valore è quindi compatibile con la funzionalità dell'opera e dei manufatti adiacenti.

Paratia tipo 3



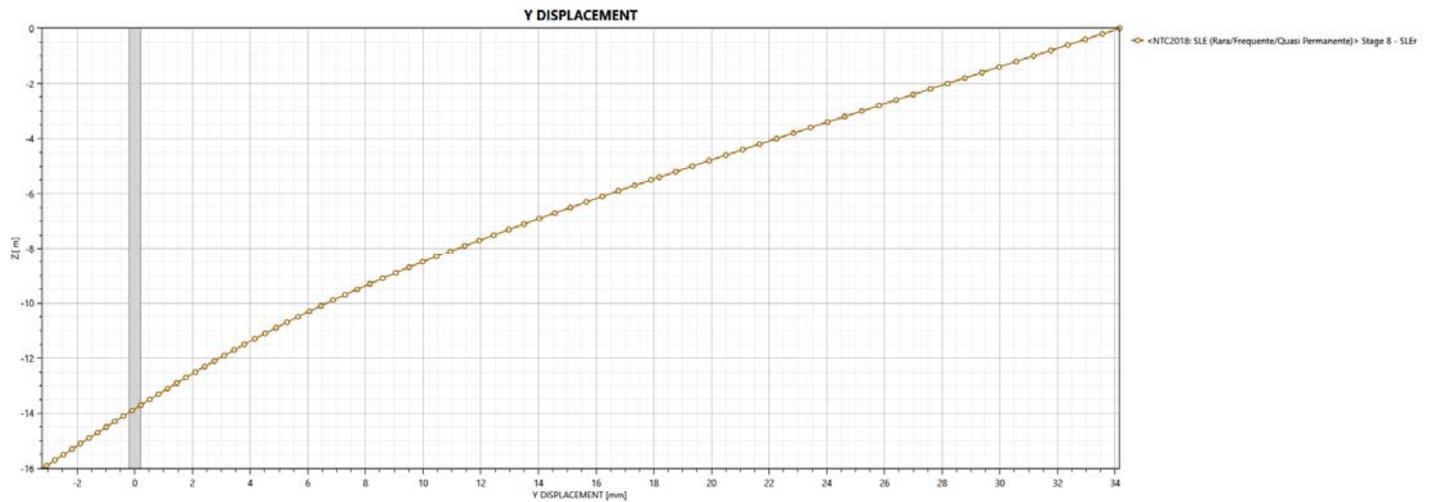
Il massimo spostamento orizzontale in fase di esercizio, risulta circa 8mm che, con riferimento all'altezza totale dello scavo $H=7\text{m}$, è pari a $H/875$. Tale valore è quindi compatibile con la funzionalità dell'opera e dei manufatti adiacenti.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

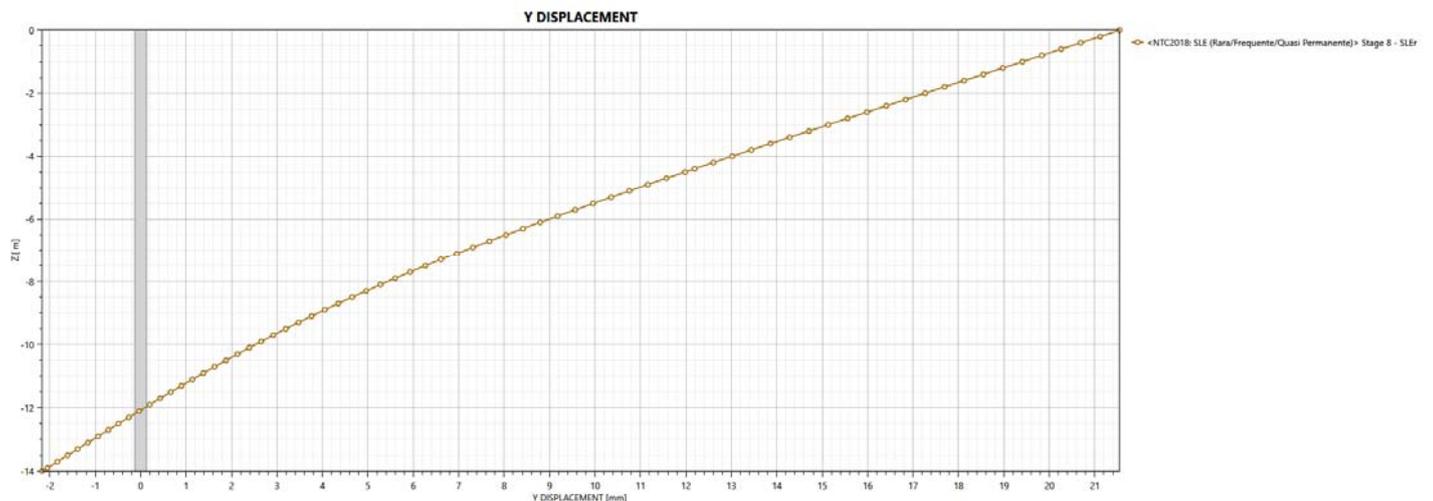
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	87 di 89

Paratia tipo 4



Il massimo spostamento orizzontale in fase di esercizio, risulta circa 34mm che, con riferimento all'altezza totale dello scavo $H=7\text{m}$, è pari a $H/176$. Tale valore è quindi compatibile con la funzionalità dell'opera e dei manufatti adiacenti.

Paratia tipo 5



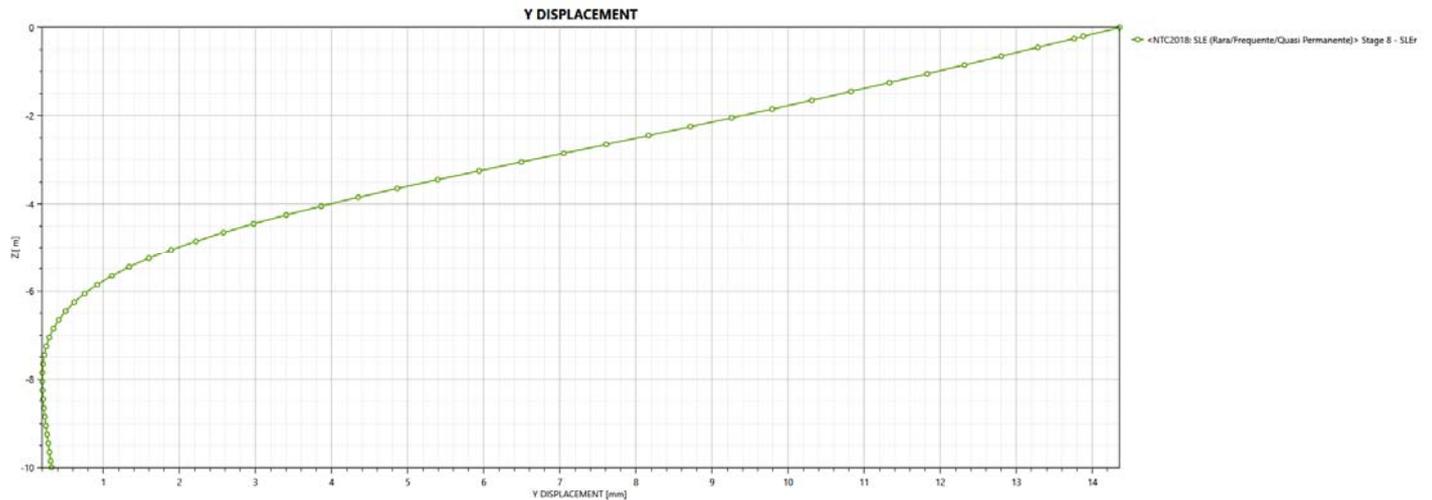
Il massimo spostamento orizzontale in fase di esercizio, risulta circa 21mm che, con riferimento all'altezza totale dello scavo $H=7\text{m}$, è pari a $H/238$. Tale valore è quindi compatibile con la funzionalità dell'opera e dei manufatti adiacenti.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

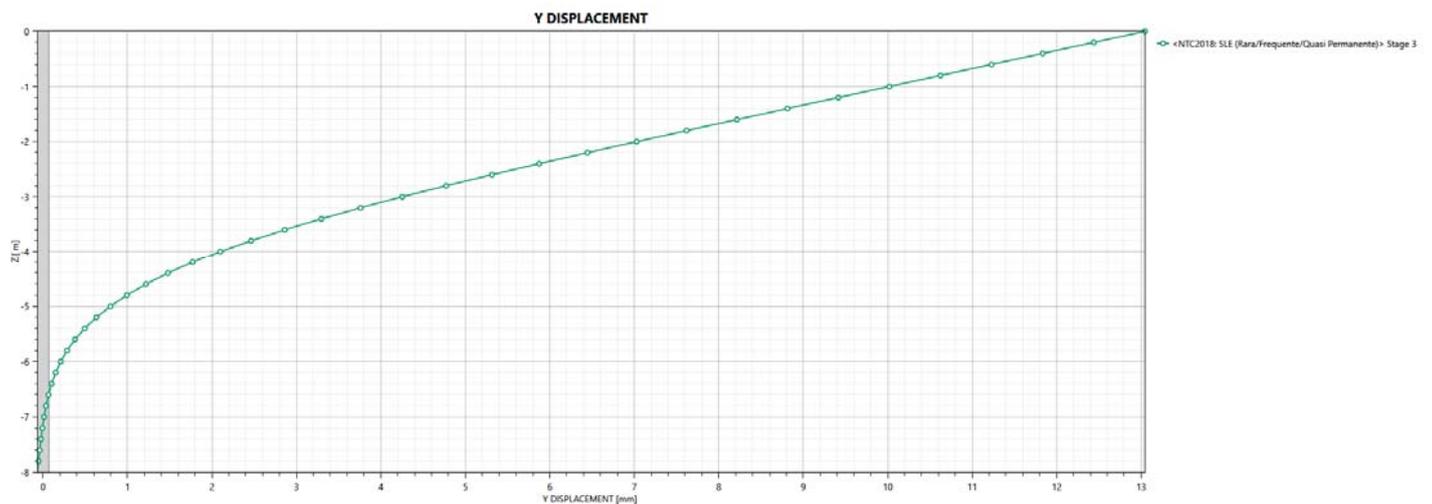
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI0600004	A	88 di 89

Paratia tipo 6



Il massimo spostamento orizzontale in fase di esercizio, risulta circa 14mm che, con riferimento all'altezza totale dello scavo $H=3.25\text{m}$, è pari a $H/232$. Tale valore è quindi compatibile con la funzionalità dell'opera e dei manufatti adiacenti.

Paratia tipo 7



Il massimo spostamento orizzontale in fase di esercizio, risulta circa 13mm che, con riferimento all'altezza totale dello scavo $H=2.5\text{m}$, è pari a $H/192$. Tale valore è quindi compatibile con la funzionalità dell'opera e dei manufatti adiacenti.

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo paratie

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 26	CLVI060004	A	89 di 89

11. INCIDENZE DELLE ARMATURE

Si prevedono i seguenti valori di incidenza delle armature.

- Pali paratia tipo 1 350kg/m³
- Pali paratia tipo 2 185kg/m³
- Pali paratia tipo 3 150kg/m³
- Pali paratia tipo 4 150kg/m³
- Pali paratia tipo 5 125kg/m³
- trave di coronamento pali 50kg/m³
- trave di coronamento micropali 80kg/m³