

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA
AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA

"PASSANTE DI BOLOGNA"

PROGETTO DEFINITIVO

TANGENZIALE NORD E SUD

CORPO STRADALE da pk 10+838 a pk 12+961

PARATIA DI CONTRORIPA MC01 TRATTI A-B-C

Relazione di calcolo

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Marco Pietro D'Angelantonio
Ord. Ingg. Milano n.A20155

RESPONSABILE GEOTECNICA
ALL'APERTO

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Andrea Tanzi
Ord. Ingg. Parma N. 1154

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO										ORDINATORE	
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO			001	
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo		Rev.
111465	0000	PD	A 2	C 0 6	MC 0 0 1	0 0 0 0 0	R	A P E	0 5 3 4	- 2	SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. A1068						n.	data
	REDATTO:		VERIFICATO:				0	DICEMBRE 2017
							1	SETTEMBRE 2019
						2	SETTEMBRE 2020	

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p>  <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Fabio Visintin</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p>  <p>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</p>
--	--	---

Sommario

1	PREMESSA	3
1.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'OPERA.....	3
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E CRITERI DI VERIFICA	6
1.3	CODICI DI CALCOLO	6
2	MATERIALI	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....	9
3.1	LIVELLO DELLA FALDA.....	10
4	INQUADRAMENTO SISMICO	11
4.1	CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA E VITA ATTESA	11
4.2	TEMPO DI RITORNO DELL'EVENTO SISMICO.....	11
4.3	ACCELERAZIONE MASSIMA SU SUOLO ROCCIOSO.....	12
4.4	PARAMETRI DI RISENTIMENTO IN SUPERFICIE	13
4.4.1	<i>Effetti stratigrafici</i>	14
4.4.2	<i>Effetti topografici</i>	14
4.5	ACCELERAZIONE MASSIMA AL SITO	14
5	TRATTI A E B – ANALISI DELL'OPERA – METODO DI CALCOLO	15
5.1	CODICE DI CALCOLO.....	15
5.2	LEGAME COSTITUTIVO.....	15
5.3	ANALISI DELLA STRUTTURA.....	15
5.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	16
5.5	VERIFICA DELLA LUNGHEZZA DI IMMORSAMENTO DEI PALI	16
5.6	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	16
5.6.1	<i>Generalità</i>	16
5.6.2	<i>Azione stabilizzante dei pali di fondazione</i>	17
5.6.3	<i>Azione sismica</i>	17
5.6.4	<i>Verifica di stabilità</i>	17
5.7	VERIFICA DEI TIRANTI	18
5.7.1	<i>Verifica di resistenza a sfilamento</i>	18
5.7.2	<i>Verifica di resistenza della barra di ancoraggio</i>	19
5.8	VERIFICA DELLE DEFORMAZIONI IN ESERCIZIO	20
6	TRATTI A E B – ANALISI DEI CARICHI.....	21
6.1	PESI PROPRI	21
6.2	SPINTA DELLA TERRA.....	21
6.3	SPINTA DELLA TERRA IN CONDIZIONI SISMICHE	21
6.3.1	<i>Azione sismica</i>	21
6.3.2	<i>Incremento del coefficiente di spinta attiva</i>	22
6.3.3	<i>Riduzione del coefficiente di spinta passiva</i>	23
6.4	AZIONE TRASMESSA DALLE BARRIERE FONOASSORBENTI	24
6.5	TRAFFICO VEICOLARE	25
6.6	COMBINAZIONI DI CARICO E COEFFICIENTI PARZIALI	25
7	TRATTI A E B – ANALISI DELL'OPERA - DATI DI INPUT	26
7.1	FASI ESECUTIVE	26
7.2	COEFFICIENTI DI SPINTA DELLA TERRA	26
7.3	AZIONE TRASMESSA DALLE BARRIERE FONOASSORBENTI	28
7.4	AZIONE SISMICA	28

8	TRATTI A E B - ANALISI DELL'OPERA - RISULTATI	29
8.1	FASI DI CALCOLO	29
8.2	SPOSTAMENTI	32
8.3	AZIONI INTERNE PALI DI FONDAZIONE	34
8.4	SINTESI AZIONI INTERNE	37
8.5	SINTESI AZIONI NEI TIRANTI.....	37
9	TRATTI A E B - ANALISI DELL'OPERA - VERIFICHE	38
9.1	VERIFICA DELL'IMMORSAMENTO DEI PALI.....	38
9.2	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI.....	38
9.3	VERIFICA DEI TIRANTI	41
9.4	VERIFICA STRUTTURALE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE DEI TIRANTI.....	41
9.5	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	43
10	TRATTO C	45
10.1	GENERALITÀ	45
10.2	CODICE DI CALCOLO.....	45
10.3	ANALISI DEI CARICHI	46
10.3.1	<i>Peso proprio</i>	46
10.3.2	<i>Urto dei veicolo in svio</i>	46
10.3.3	<i>Azione del vento</i>	47
10.3.4	<i>Combinazioni di carico</i>	47
10.4	GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO	47
10.5	AZIONI SUI MICROPALI DI FONDAZIONE.....	49
10.6	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DEI MICROPALI	50
10.7	VERIFICA STRUTTURALE DEI MICROPALI DI FONDAZIONE	52
10.8	VERIFICA STRUTTURALE DELL'ELEVAZIONE	53
10.9	VERIFICA STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE	58
11	ALLEGATO 1 – TABULATO TRATTO C	60

1 PREMESSA

La presente relazione documenta le verifiche geotecniche e strutturali del muro di sostegno MC001 da realizzarsi in carreggiata sud tra le pk.12+299 e pk.12+439 circa nell'ambito dei lavori di potenziamento in sede del sistema autostradale/tangenziale del nodo di Bologna.

1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'OPERA

L'opera in progetto può essere suddivisa in due differenti tipologie come di seguito descritto.

TRATTI A e B

Si tratta di muri di controripa con le seguenti caratteristiche:

- | | |
|---|------------------------------|
| ▪ Altezza massima del muro (predalles): | 6.90m |
| ▪ Tipologia pali di fondazione: | trivellati ad elica continua |
| ▪ Lunghezza pali di fondazione: | 21.0m |
| ▪ Diametro pali di fondazione: | 1'000mm |
| ▪ Interasse pali di fondazione: | 1'200mm |
| ▪ Dimensione trave di testa dei pali: | 180x100cm |
| ▪ Tiranti a barra tipo DYWIDAG Φ 32 | |
| ▪ Iniezione tiranti: | Tipo IRS |
| ▪ Lunghezza tratto libero tiranti: | 10m |
| ▪ Lunghezza bulbo tiranti: | 15m |
| ▪ Diametro di perforazione dei tiranti: | 200mm |
| ▪ Inclinazione sulla verticale dei tiranti: | 20/30° alternati |
| ▪ Interasse longitudinale dei tiranti: | 2.40m |

L'asse di tracciamento dell'opera coincide con l'asse dei pali di fondazione e dista 2.45m dal ciglio di progetto della tangenziale sud. Sulla sommità del muro è prevista l'installazione della barriera antifonica FO34 e FO36 di altezza massima pari a 6.50m (tipo 4).

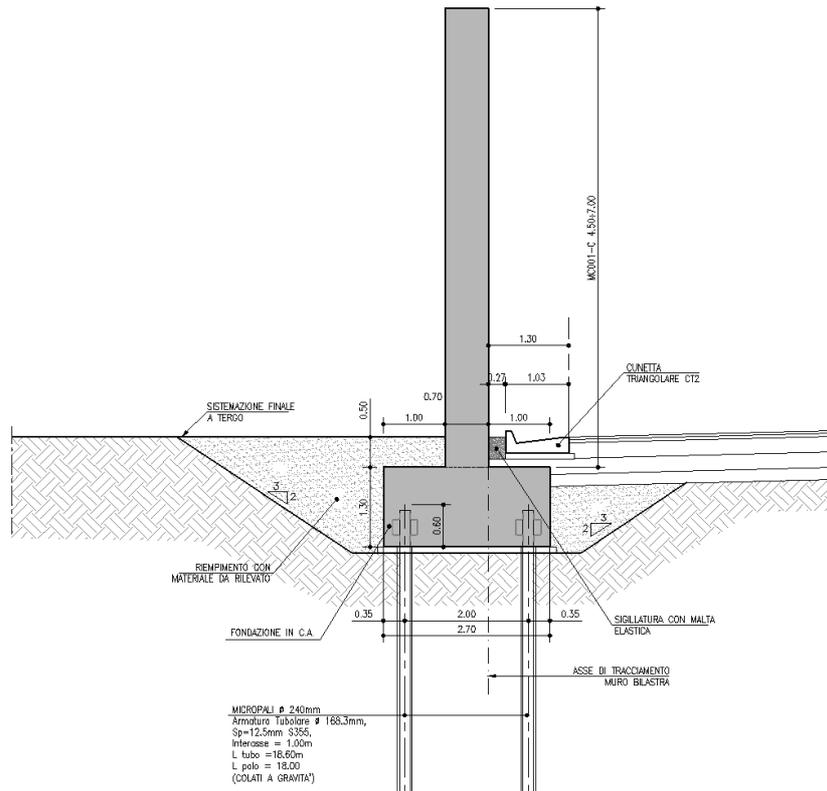


Figura 1-2. Sezione tipo opera di sostegno MC01 – Tratto C

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E CRITERI DI VERIFICA

Le analisi e le verifiche di seguito documentate sono state svolte nel rispetto della Normativa vigente di seguito richiamata:

- **Circolare 21 gennaio 2019**, n.7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Gazzetta Ufficiale del 11.02.2019 n. 5, supplemento ordinario n.35.
- **D.M. 17/01/2018** “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” - GU n°8 del 17/2/2018

In accordo a quanto previsto dalle NTC le analisi e le verifiche di seguito documentate sono state svolte con riferimento alla teoria degli Stati Limite.

1.3 CODICI DI CALCOLO

Per le verifiche geotecniche e strutturali si è fatto ricorso ai seguenti codici di calcolo commerciali:

RC-SEC_2019.11.0 – <i>Geostru</i>	(verifiche sezioni in c.a.)
PRATIE-PLUS 20.0.5 - <i>Ceas</i>	(analisi muro su pali)
MAX 15 - <i>Geostru</i>	(analisi strutturale e geotecnica del tratto C)

2 MATERIALI

Le caratteristiche dei calcestruzzi sono definite in accordo con UNI-EN206-1 e CNR-UNI11104 mentre i copriferrì sono definiti in base a NTC-2008 e EN1992-1-1.

MAGRONE DI SOTTOFONDO

- Classe di resistenza minima: C12/15
- Classe di esposizione: XC0

CALCESTRUZZO PER TRAVE TESTA PALI

- Classe di resistenza minima: C25/30
- Classe di esposizione: XC2
- Copriferro "nominale" ⁽¹⁾: 40mm

CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE TRATTI A e B (pali ad elica tipo CFA)

- Classe di resistenza minima: C25/30
- Classe di esposizione: XC2
- Copriferro "nominale" ⁽¹⁾: 80mm

CALCESTRUZZO PER PREDALLES DI RIVESTIMENTO TRATTI A e B

- Classe di resistenza minima: C32/40
- Classe di esposizione: XF2
- Copriferro "nominale" ⁽¹⁾: 30mm

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE E FONDAZIONE TRATTO C

- Classe di resistenza minima: C32/40
- Classe di esposizione: XF2/XC2
- Copriferro "nominale" ⁽¹⁾: 40mm

ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

- Acciaio in barre: B450C
- Reti: B450A
- Sovrapposizione: 60 diametri

ACCIAIO PER ANCORAGGI IN BARRA Φ 32 TIPO DYWIDAG

- Tensione di snervamento f_{pyk} : 950MPa
- Tensione di rottura f_{ptk} : 1'050MPa

MALTE PER TIRANTI DI ANCORAGGIO

- Classe di resistenza minima: C25/30
- Classe di esposizione: XC2
- Eventuali additivi: secondo NTA

INIEZIONE BULBO TIRANTI DI ANCORAGGIO

- Tipo iniezioni: selettive multiple e ripetute (tipo IRS)
- Tipo valvole di iniezione: a "manchettes"

ACCIAIO MICROPALI TRATTO C

- Profilo tubolare senza saldatura: S355J2
- Giunzioni: a manicotto filettato

MALTE PER MICROPALI TRATTO C

- Classe di resistenza minima: C25/30
- Classe di esposizione: XC
- Eventuali additivi: secondo NTA

(¹) – Copriferro *nominale di calcolo* secondo EN1992-1-1 comprensivo di $\Delta_{C_{dev}} = 5\text{mm}$

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Rimandando per i dettagli agli specifici documenti progettuali si considera la seguente stratigrafia di riferimento (sondaggio S102 e **PB12**) riferita al p.c. locale sul ciglio della trincea autostradale (di altezza mediamente compresa tra 5 e 7m):

Da p.c. locale a 10m: Formazione **A**
Da 10m a 15m: Formazione **B**
Da 15m a 19m: Formazione **A**
Oltre 19m: Formazione **B**

Nello specifico la formazione **A** è costituita prevalentemente da argille e limi debolmente sabbiosi a consistenza da soffice a media mentre la formazione **B** è costituita da materiale granulare (ghiaie e ghiaietto in matrice sabbiosa/limosa) molto addensato con frequenti condizioni di "rifiuto" delle prove SPT.

Per tali formazioni si considerano i parametri geotecnici caratteristici di cui al seguito:

Formazione A (fino a 3m dal p.c locale)

γ = peso di volume = 19kN/mc
 c' = coesione efficace = 5kPa
 ϕ'_k = angolo di attrito caratteristico = 28°
 E' = modulo elastico operativo in carico vergine = 10MPa
 E'_{ur} = modulo elastico operativo in scarico-ricarico = 20MPa

Formazione A (oltre 3m dal p.c locale)

γ = peso di volume = 19kN/mc
 c' = coesione efficace = 0kPa
 ϕ'_k = angolo di attrito caratteristico = 28°
 E' = modulo elastico operativo in carico vergine = 10MPa
 E'_{ur} = modulo elastico operativo in scarico-ricarico = 20MPa

Formazione B

γ = peso di volume = 20kN/mc
 c' = coesione efficace = 0kPa
 ϕ'_k = angolo di attrito caratteristico = 38°
 E' = modulo elastico operativo = 50MPa
 E'_{ur} = modulo elastico operativo in scarico-ricarico = 75MPa

3.1 LIVELLO DELLA FALDA

Il livello piezometrico di progetto è assunto come segue:

Livello lato monte = 4m da p.c. locale

Livello lato valle = 2m da p.c. locale

4 INQUADRAMENTO SISMICO

4.1 CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA E VITA ATTESA

In accordo a quanto previsto dalle NTC, la tipologia di opere in progetto può essere definita con riferimento alla tabella n.4.1 di cui al seguito.

Opera	Tipo	V _N
Parti d'opera provvisionali con V _N ≤ 2anni	1	≤ 2
Parti d'opera provvisionali con 2anni < V _N ≤ 10anni	1	≤ 10
Opere ordinarie	2	≥ 50
Grandi opere	3	≥ 100

Tabella n.4.1 – Tipo e vita nominale dell'opera (NTC – tabella 2.4.I)

In relazione alle conseguenze di una interruzione di funzionalità o collasso in caso di sisma l'opera in esame (cfr. tabella n.2.4.II – NTC) viene invece classificata in accordo a quanto riportato in tabella n.4.2.

Classe d'uso	I	II	III	IV
C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella n.4.2 – Classi e coefficienti d'uso (NTC – tabella 2.4.II)

Nel caso specifico in studio si assume quanto segue:

V_N = 50 anni

Classe d'uso IV

C_U = 2.0

Il periodo di riferimento (V_R) dell'evento sismico viene pertanto definito (cfr. paragrafo n.2.4.3 – NTC) come prodotto tra la vita nominale (V_N) ed il coefficiente d'uso (C_U) ottenendo:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 2 = \mathbf{100 \text{ anni}}$$

4.2 TEMPO DI RITORNO DELL'EVENTO SISMICO

Fissato il periodo di riferimento V_R e stabilita la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} (funzione dello stato limite considerato come indicato in tabella n.4.3), è possibile stimare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R attraverso l'espressione:

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

Stati limite di esercizio (P_{VR})	Stati limite ultimi (P_{VR})
SLO - Stato limite di operatività (81%)	SLV- Stato limite di salvaguardia (10%)
SLD - Stato limite di danno (63%)	SLD – Stato limite di prevenzione del collasso (5%)

Tabella n.4.3 – Stati limite secondo le NTC e relative probabilità di superamento P_{VR}

Nel caso specifico in studio si fa riferimento allo stato limite SLV, cui corrisponde il seguente valore del tempo di ritorno dell'evento sismico:

$$T_R = 949 \text{ anni}$$

4.3 ACCELERAZIONE MASSIMA SU SUOLO ROCCIOSO

Il valore di accelerazione orizzontale massima nello specifico sito di interesse va determinato con riferimento ai valori puntuali già definiti per un'apposita griglia (10x10km) da uno studio dell'INGV e riassunti nelle tabelle di cui all'allegato B delle NTC cui si rimanda.

In particolare il valore al sito viene definito mediando (in funzione della distanza) l'entità dell'accelerazione caratteristica dei 4 nodi più prossimi al sito stesso come di seguito indicato (analogo procedimento può essere adottato per gli altri parametri sismici [F_0 e T^*_{Cj}):

$$a_g = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{a_{g,i}}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Dove:

a_g = accelerazione massima suolo tipo A nel sito

$a_{g,i}$ = accelerazione massima suolo tipo A nell'i-esimo punto

d_i = distanza del sito da i-esimo punto

Qualora la pericolosità sismica su reticolo di riferimento (vedi Allegato B delle NTC DM 14 Gennaio 2008) non contempli il periodo di ritorno corrispondente al V_R e alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} fissate in progetto, il valore del generico parametro p (a_g , F_0 , T^*_c) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato;
- T_{R1} , T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

I valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

Nel caso specifico in studio si fa riferimento alle seguenti coordinate geografiche (WGS84):

latitudine: 44,532638

longitudine: 11,334918

In tabella n.4.4 è, invece, riportato il numero identificativo dei nodi considerati con relative coordinate geografiche e distanza rispetto al sito in esame.

PUNTO	ID	LAT	LONG	DISTANZA (m)
1	16730	44,5150	11,3175	2'400
2	16731	44,5163	11,3875	4'552
3	16509	44,5662	11,3858	5'497
4	16508	44,5650	11,3157	3'905

Tabella n.4.4 – Reticolo di riferimento – Coordinate

Ne derivano i parametri sismici (a_g , F_0 e T_c^*) di cui alla tabella n.4.5 relativi agli stati limite ed al tempo di ritorno considerati.

STATI LIMITE	Classe d'uso IV ($V_R = 100$ anni)			
	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (-)
SLD	101	0.086	2.479	0.285
SLV	949	0.213	2.436	0.304

Tabella n.4.5 – Parametri sismici al sito – suolo tipo A affiorante

4.4 PARAMETRI DI RISENTIMENTO IN SUPERFICIE

Gli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia ed alla conformazione topografica vengono messi in conto mediante i seguenti parametri:

Parametro S_S : Effetti stratigrafici

Parametro S_T : Effetti topografici

4.4.1 Effetti stratigrafici

Il parametro S_S che tiene conto degli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia, viene calcolato in funzione della categoria di sottosuolo e della sismicità locale.

Nel caso specifico in studio si assume quanto segue (vedere anche relazione geotecnica):

Categoria di suolo tipo **C**

$$S_S = 1.7 - 0.6F_0 a_g \cong 1.50 \quad (\text{SLD})$$

$$S_S = 1.7 - 0.6F_0 a_g \cong 1.39 \quad (\text{SLV})$$

4.4.2 Effetti topografici

Per quanto concerne gli effetti topografici si fa riferimento alla tabella n.3.2.VI delle NTC. Nel caso specifico in studio (terreno pressoché pianeggiante) si assume:

Categoria pendio: T1

$$S_T = 1.0$$

4.5 ACCELERAZIONE MASSIMA AL SITO

L'accelerazione massima orizzontale al sito (a_{\max}) è calcolata come prodotto dell'accelerazione al substrato (a_g) e dei fattori di amplificazione (S_S ed S_T).

Si ottiene pertanto:

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

Da cui:

$$\text{SLD: } a_{\max} = a_g \times S_T \times S_S = 0.086 \times 1.00 \times 1.50 = 0.129$$

$$\text{SLV: } a_{\max} = a_g \times S_T \times S_S = 0.213 \times 1.00 \times 1.39 = 0.296$$

5 TRATTI A E B – ANALISI DELL’OPERA – METODO DI CALCOLO

5.1 CODICE DI CALCOLO

L’analisi di interazione terreno-struttura è svolta con l’ausilio del codice di calcolo “**PARATIE-PLUS 20**” commercializzato da Harpaceas.

L’opera di sostegno viene modellata come opera “*opera flessibile*” in condizioni di simmetria piana nelle deformazioni (2D) considerando le seguenti ipotesi di tipo “generale”.

- Stato piano nelle deformazioni (paratia di lunghezza infinita).
- Terreno modellato come un letto di molle con legame costitutivo elastico-perfettamente plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- Struttura discretizzata in elementi perfettamente elastici.
- Solutore agli elementi finiti (FEM).
- Eventuali contrasti modellati per mezzo di molle di opportuna rigidità.
- Sovraccarichi a monte ed a valle della paratia trasformati in spinte sul paramento in accordo a quanto previsto dalla teoria elastica.
- Mobilitazione della spinta della terra funzione del livello di deformazione partendo da una condizione iniziale di spinta “*a riposo*” (k_0). I valori massimi e minimi della spinta vengono definiti in funzione dei coefficienti di spinta “*passiva*” (K_p) e “*attiva*” (K_a) rispettivamente.

5.2 LEGAME COSTITUTIVO

Per i dettagli si rimanda al manuale di teoria del codice di calcolo *PARATIE-PLUS*. Da un punto di vista generale la legge costitutiva del terreno viene definita da due sottoclassi di parametri: parametri di spinta (K_0 , K_a e K_p) e parametri di deformabilità.

Per quanto concerne i **parametri di spinta**, si rimanda al capitolo successivo. I **parametri di deformabilità** del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle equivalenti. Per un letto di molle distribuite la rigidità di ciascuna di esse, k , è data da

$$k = E / L$$

ove E è un modulo di rigidità del terreno mentre L è una grandezza geometrica caratteristica diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva. Il parametro E può essere definito in funzione dello stato tensionale o assunto costante e tiene conto degli effetti dello scarico/ricarico mediante opportuni coefficienti moltiplicativi (da 3 a 10 nel caso delle argille e da 1.5 a 3.0 nel caso delle sabbie/ghiaie).

5.3 ANALISI DELLA STRUTTURA

In accordo al §6.2.4.1.3 (NTC) l’analisi di interazione terreno-struttura viene svolta con i valori caratteristici dei parametri geotecnici, amplificando l’effetto delle azioni con i coefficienti parziali del gruppo A1.

In accordo a §6.5.3.1.2 le verifiche vengono svolte considerando l’Approccio 1 che prevede le combinazioni STR e GEO e impone (vedere §2.6.1) che “[...] *in tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale, sia per quello geotecnico, si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti* [...]”.

Per quanto attiene la verifica strutturale si impone che non si possano formare cerniere plastiche (comportamento non dissipativo) ricorrendo ad un legame costitutivo del calcestruzzo di tipo elastico (“*prima plasticizzazione*”).

Nello specifico il calcolo viene svolto in 6 differenti combinazioni:

- Nominale (tutti coefficienti parziali unitari)
- SLE-Rara
- SLU - A1-M1-R1 (R3 per i tiranti)
- SLU - A2-M2-R1
- SISMICA - STR
- SISMICA - GEO

Nella fase di realizzazione e scavo della paratia si considera un sovrascavo pari a 50cm come previsto in NTC (§6.5.2.2).

5.4 VERIFICHE STRUTTURALI

La verifica strutturale dei pali di fondazione e del sovralzato viene svolta con riferimento alla teoria dello stato limite considerando le caratteristiche di resistenza dei materiali di Norma secondo le classi definite negli elaborati grafici di progetto.

Per quanto attiene la verifica delle sezioni in c.a. si impone che non si possano formare cerniere plastiche (**comportamento non dissipativo**) ricorrendo ad un legame costitutivo del calcestruzzo di tipo elastico ("prima plasticizzazione").

5.5 VERIFICA DELLA LUNGHEZZA DI IMMORSAMENTO DEI PALI

La lunghezza di immersione dei pali di fondazione viene definita sulla base del più restrittivo dei seguenti criteri:

- A. Garanzia nei riguardi della stabilità globale dell'opera.
- B. Immorsamento minimo al di sotto della quota di fondo scavo 5.0m
- C. Mobilitazione della spinta passiva non superiore all'90% della spinta potenzialmente mobilitabile in condizioni più gravose.

5.6 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

5.6.1 Generalità

Si fa ricorso ad un modello semplificato basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci).

Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un semplice fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.). La letteratura tecnica documenta numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza; tra di essi si è optato per quello proposto da **Morghestern & Price per superfici di rottura di forma cilindrica**.

5.6.2 Azione stabilizzante dei pali di fondazione

Ai fini della stabilità globale i pali vengono considerati come elementi strutturali atti ad imporre che le potenziali superfici di rottura debbano passare al di sotto della base degli stessi.

5.6.3 Azione sismica

Si ricorre ad un approccio di tipo pseudo-statico che consiste nell'aggiungere ai carichi statici di progetto una forza rappresentativa della forza di inerzia prodotta dal passaggio delle onde sismiche nella massa di terreno. Da un punto di vista operativo si ricorre agli stessi codici impiegati per le analisi statiche con la semplice aggiunta di una forza di volume calcolata come di seguito indicato.

Con riferimento a quanto definito nelle NTC (paragrafo n.7.11.3.5.2) l'azione sismica viene messa in conto per mezzo dei seguenti coefficienti di accelerazione:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (\text{verso l'alto})$$

Dove:

a_{max} = accelerazione massima al suolo

g = accelerazione di gravità

$\beta_s = 0.38$ per analisi SLV

5.6.4 Verifica di stabilità

Si fa riferimento al paragrafo n.6.8.2 e 7.11.4 delle NTC. La verifica di stabilità viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

Approccio di calcolo: 1 – C2

Stato limite (SLU): GEO

Coefficienti parziali: A_2, M_2, R_2 (vedere tabella n.5.1)

Si verifica che valga:

$$\tau_m \leq \tau_s / \gamma_R$$

Dove:

τ_m = sforzo di taglio mobilitato (da calcolare con fattori di cui a tabella n.5.1)

τ_s = sforzo di taglio disponibile (da calcolare con fattori di cui a tabella n.5.1)

γ_R = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo

VERIFICA	γ_F			γ_M				γ_R
	Permanenti sfavorevoli		Accidentali sfavorevoli	tan(ϕ')	c'	c _u	q _u	
	Strutturali e permanenti definiti (p.p., spinte terra e acqua)	Permanenti non definiti						
STATICA	1.0	1.3	1.3	1.25	1.25	1.40		1.1
SISMA_SLV	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.2

Tabella n.5.1 – Analisi di stabilità globale - Coefficienti parziali

5.7 VERIFICA DEI TIRANTI

I tiranti previsti in progetto sono del tipo a “barra” con bulbo di ancoraggio realizzato mediante **iniezioni multiple e ripetute (IRS)**.

5.7.1 Verifica di resistenza a sfilamento

Si ricorre a quanto indicato da *Bustamante e Doix* (1985) sulla base di una serie di prove sperimentali. In questo caso la resistenza ultima misurata ($R_{a,c}$) può essere definita sulla base dei grafici forniti dagli autori in relazione alle caratteristiche geotecniche dei materiali interessati e al tipo di iniezione (semplice o multipla):

$$R_{a,c} = \pi \cdot D_b \cdot L_B \cdot \tau$$

dove:

D_b = diametro medio del bulbo: $D_b = \alpha \cdot D_p$

D_p = diametro di perforazione

L_B = lunghezza del bulbo

$\alpha = D_b/D_p$

τ = aderenza limite bulbo–terreno

Per quanto concerne i valori dei parametri q_a e α nel caso particolare in esame si assume (iniezione tipo IRS):

Formazione A: $\alpha \cdot \tau = 120\text{kPa}$

Formazione B: $\alpha \cdot \tau = 200\text{kPa}$

Nota la resistenza misurata, la resistenza “caratteristica” è data dalla relazione:

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{medio}}{\xi_{a3}} ; \frac{(R_{a,c})_{min}}{\xi_{a4}} \right\}$$

	N°VERTICALI INDAGINE				
	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{Sa3}	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
ξ_{Sa4}	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

Tabella n.5.2 – Fattori di correlazione per approccio analitico

Nel caso specifico in studio si considera quanto segue:

$$\xi = \xi_{Sa3} = 1.80$$

La verifica di sfilamento viene svolta (NTC – paragrafo 6.6.2) con riferimento alle seguenti ipotesi:

Approccio di calcolo: 2
Stato limite (SLU): GEO
Coefficienti parziali: A_1, M_1, R_3

Si verifica che valga:

$$T_d \leq R_d = R_{ak} / \gamma_R$$

dove:

T_d = azione di calcolo

R_d = resistenza di design

R_{ak} = resistenza caratteristica

γ_R = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.2 (tirante permanente)

Si omette il calcolo della resistenza a sfilamento dell'armatura metallica rispetto al bulbo in quanto non dimensionante ai fini progettuali.

5.7.2 Verifica di resistenza della barra di ancoraggio

Si fa riferimento a quanto previsto nelle NTC (paragrafo 4.1.8.1, 4.1.2.1 e 11.3.3.2) per strutture a barra. La resistenza di calcolo delle barre (f_{pyd}) viene definita rispetto al valore caratteristico (f_{pyk}) come segue:

$$f_{pyd} = f_{pyk} / 1.15$$

Nel caso particolare in oggetto (barre tipo *Dywidag* $\phi 32\text{mm}$ – acciaio 950/1050) si ottiene:

$$T_k = (\pi\phi^2/4)f_{pyk}/1.15 = 760/1.15 = 660\text{kN}$$

5.8 VERIFICA DELLE DEFORMAZIONI IN ESERCIZIO

In condizioni SLE si verifica che siano rispettate le seguenti limitazioni sugli spostamenti calcolati:

1. Spostamento massimo complessivo da inizio costruzione (s_{max}) inferiore a 1.5% dell'altezza di calcolo del muro:

$$s_{max} \leq 1.5\% H_{muro}$$

2. Spostamento in esercizio al netto dello spostamento a fine costruzione (Δs) inferiore a 0.5% dell'altezza di calcolo del muro

$$\Delta s \leq 0.5\% H_{muro}$$

6 TRATTI A E B – ANALISI DEI CARICHI

6.1 PESI PROPRI

Per i getti in opera si considera un peso proprio pari a 25kN/m³

6.2 SPINTA DELLA TERRA

il coefficiente di spinta a riposo (K_0) fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace quella verticale efficace e dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} (OCR)^m$$

dove:

$$K_0^{NC} = 1 - \sin(\phi')$$

OCR = grado di sovraconsolidazione

m = parametro empirico compreso tra 0.4 e 0.7; Ladd et al. (1977), Jamiolkowski et al. (1979)

Il coefficiente di spinta attiva (K_a) e di spinta passiva (K_p) vengono valutati ricorrendo alla correlazione di Caquot & Kerisel (1948) valida per superfici di rottura di tipo complesso (spirale logaritmica) ed in grado di tenere conto dell'attrito tra paratia e terreno (δ). Quest'ultimo parametro viene in genere assunto pari a:

Analisi statiche: $\delta/\phi = 0.67$

Analisi sismiche – spinta attiva: $\delta/\phi = 0.67$

Analisi sismiche – spinta passiva: $\delta/\phi = 0.0$

6.3 SPINTA DELLA TERRA IN CONDIZIONI SISMICHE

6.3.1 Azione sismica

L'azione sismica da impiegarsi per il calcolo delle spinte sulle opere di sostegno viene espressa con riferimento ai "coefficienti sismici" di cui al seguito (NTC – paragrafo n.7.11.6.3.1):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \geq 0.2 \cdot a_{max}$$

$$k_v = 0$$

dove:

k_h = coefficiente sismico orizzontale

k_v = coefficiente sismico verticale

$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ = accelerazione massima di progetto al suolo

α = coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni (cfr. figura n.6.1)

β = coefficiente che tiene conto della deformabilità dell'opera (cfr. figura n.6.1)

H = altezza massima dello scavo

u_s = spostamento tollerato dalla paratia senza riduzione della resistenza

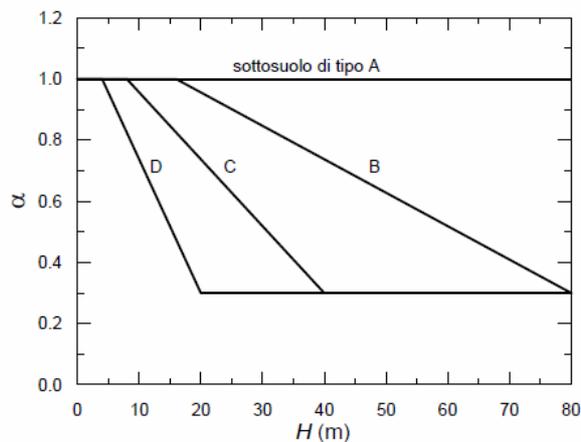


Fig. 7.11.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

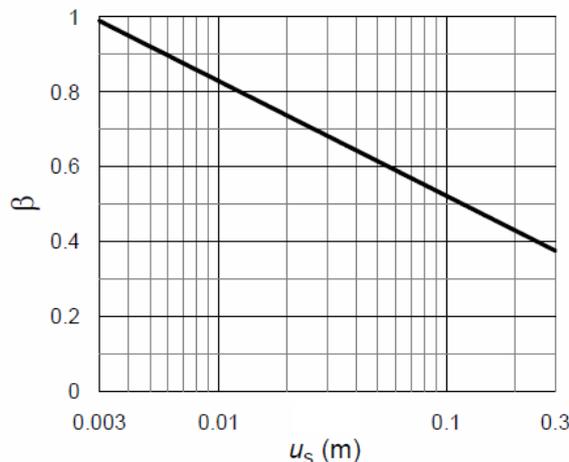


Fig. 7.11.3 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

Figura n.6.1 - Coefficiente α e β (figura n.7.11.3 - NTC)

L'azione sismica viene, pertanto, messa in conto considerando 2 differenti contributi:

- 1) Incremento del coefficiente di spinta attiva del terreno
- 2) Decremento del coefficiente di spinta passiva del terreno

6.3.2 Incremento del coefficiente di spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva (contributo statico + sismico) viene pertanto calcolato ricorrendo alla formulazione di Mononobe & Okabe:

$$K_{as} = \frac{\sin^2(\psi + \varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \vartheta - \delta) \left[1 + \frac{\sqrt{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta - \vartheta)}}{\sqrt{\sin(\psi - \vartheta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

dove (con ovvio significato dei simboli) si possono distinguere 3 differenti casi come di seguito indicato:

Caso 1 Assenza di falda	$\vartheta = \arctan k_h / (\pm k_v)$	$\gamma^* = \gamma_{nat} \cong \gamma_{sat}$
Caso 2 Terreno impermeabile saturo	$\vartheta = \arctan \left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \right) \cdot k_h / (\pm k_v)$	$\gamma^* = \gamma'$
Caso 3 Terreno permeabile saturo	$\vartheta = \arctan \left(\frac{\gamma_d}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \right) \cdot k_h / (\pm k_v)$	$\gamma^* = \gamma'$

Definito il coefficiente di spinta attiva (K_{as}) come sopra indicato (contributo statico + contributo del sisma) è possibile risalire all'incremento di spinta dovuto al solo sisma operando come segue:

- 1) Si calcola la spinta attiva in condizioni statiche: S_a
- 2) Si calcola la spinta attiva in presenza di sisma: S_{as}
- 3) Si calcola l'incremento dovuto al solo sisma: $\Delta S_{as} = S_{as} - S_a$

Il codice PARATIE-PLUS consente di mettere in conto l'azione sismica così calcolata con due differenti modalità operative:

Modalità 1): si tratta del metodo più tradizionale in base al quale la spinta sismica ΔS_{as} viene applicata a monte come azione esterna con distribuzioni da definire (rettangolare, trapezia, su tutta altezza o solo sulla parte fuori terra, ecc.).

Modalità 2): si tratta di un metodo alternativo (più sofisticato) che permette di correlare l'entità delle spinte alla deformabilità della parete considerando valori intermedi tra l'estremo superiore di paratia "rigida" (teoria di Wood) e paratia "flessibile" (teoria di Mononobe-Okabe e Lanecclotta, 2007).

Nel caso specifico si ricorre alla **modalità 2**. Per maggiori dettagli si rimanda al Manuale del programma.

6.3.3 Riduzione del coefficiente di spinta passiva

In analogia a quanto visto per la spinta attiva (metodo di Mononobe & Okabe) è possibile calcolare l'entità del coefficiente di spinta passiva in accordo all'espressione di cui al seguito, imponendo un attrito terreno-manufatto nullo.

$$K_{ps} = \frac{\sin^2(\psi + \varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \vartheta) \left[1 - \frac{\sqrt{\sin(\varphi) \sin(\varphi - \beta - \vartheta)}}{\sqrt{\sin(\psi - \vartheta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

La spinta passiva in condizioni sismiche viene calcolata considerando un attrito terra-opera nullo.

6.4 AZIONE TRASMESSA DALLE BARRIERE FONOASSORBENTI

La pressione del vento sulle barriere fonoassorbenti viene calcolata in accordo a quanto previsto dalle NTC (§3.3) ed a CNR-DT 207/2008. Per i dettagli del calcolo delle azioni al piede del montante si rimanda agli elaborati specifici.

Le azioni trasmesse dalle barriere fonoassorbenti sono state cautelativamente calcolate facendo riferimento al caso del tratto di "bordo" e considerando un valore "medio" del coefficiente di pressione pari a 2.40 (si osserva che per il calcolo dei montanti il valore del coefficiente di pressione è stato affinato e rigorosamente definito ai sensi della norma). Vista la tipologia di fondazione (paratia di pali di grosso diametro) si trascura, a favore di sicurezza, l'effetto del peso dei montanti e dei pannelli.

In tabella n.6.1 di cui al seguito sono riassunti i valori delle azioni agenti al piede dei montanti (interasse 4m) per la barriera tipo 4 di altezza pari a 6.50m.

	Peso risultante	Azione normale	Taglio	Momento
	F_k	N_k	T_k	M_k
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)
1 Peso proprio	6.5	-6.5	0.0	-0.5
G1a - inferiore	4.0	-4.0	0.0	0.0
G1b - superiore	2.5	-2.5	0.0	-0.5
2 Carichi permanenti	19.5	-19.5	0.0	-5.7
G2 - pannello inferiore in cls	7.5	-7.5	0.0	-1.8
G3 - pannelli inferiori in acciaio	7.0	-7.0	0.0	-1.6
G4 - pannelli superiori in acciaio	5.0	-5.0	0.0	-2.3
G - Pesi propri e permanenti	26.0			
	Forza risultante	Azione normale	Taglio	Momento
	F_k	N_k	T_k	M_k
	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)
3 Vento X+		-3.6	53.9	-181.4
pannelli inferiori	33.4	0.0	33.4	-70.1
pannelli superiori	20.8	-3.6	20.5	-111.4
4 Vento X-		3.3	-49.6	167.1
pannelli inferiori	-30.7	0.0	-30.7	64.5
pannelli superiori	-19.2	3.3	-18.9	102.6
6 Pressione dinamica veicolare		1.4	-20.7	69.6
pannelli inferiori	-12.8	0.0	-12.8	26.9
pannelli superiori	-8.0	1.4	-7.9	42.7

Tabella n.6.1 – Azioni caratteristiche e SLU/SLE per montanti interasse 4m per FOA tipo 4

Si considerano 2 combinazioni caratteristiche e dimensionanti:

VENTO X+ (vento da esterno autostrada e neve su sbalzo)

VENTO X- (vento da interno autostrada)

Tali azioni vengono implementate nel modello di calcolo dell'opera di sostegno previa divisione per interasse tra i montanti pari a 4m.

	Azione normale	Taglio	Momento
	N_k	T_k	M_k
	(kN/m)	(kN/m)	(kNm/m)
1 Peso proprio + permanenti	-6.5	0.0	-1.6
3 Vento X+	-0.9	13.5	-45.4
4 Vento X-	0.8	-12.4	41.8

Tabella n.6.2 – Azioni caratteristiche per metro lineare di muro implementate nel calcolo

6.5 TRAFFICO VEICOLARE

Si tiene conto del carico dovuto al traffico veicolare a tergo dell'opera di sostegno mediante una pressione omogenea pari a 20kPa (valore "caratteristico") applicata in corrispondenza della sede autostradale.

6.6 COMBINAZIONI DI CARICO E COEFFICIENTI PARZIALI

I coefficienti considerati nelle varie combinazioni di carico sono riassunti nella seguente tabella n.6.3.

Combinazione		Coefficienti di combinazione			
		Traffico	Vento	Sisma	Urto
SLE-R	Vento	0.75	1.00	0.00	0.00
	Traffico	1.00	0.60	0.00	0.00
SLE-F	Vento	0.25	0.20	0.00	0.00
	Traffico	0.75	0.00	0.00	0.00
SLE-Q	--	0.25	0.00	0.00	0.00
SLU	Vento	0.75	1.00	0.00	0.00
SLU	Traffico	1.00	0.60	0.00	0.00
SLU	Urto	0.25	0.00	0.00	1.00
SLV	Sisma	0.25	0.00	1.00	0.00

Tabella n.6.3 – Coefficienti di combinazione

7 TRATTI A E B – ANALISI DELL’OPERA - DATI DI INPUT

7.1 FASI ESECUTIVE

Vengono le seguenti fasi esecutive:

0. Inizializzazione in condizioni geostatiche
1. Attuale configurazione in trincea
2. Realizzazione dell’opera di sostegno
3. Riprofilatura a valle
4. C.d.C. 1 – Azione sulle FOA (vento da interno)
5. C.d.C. 2 – Azione sulle FOA (vento da esterno + neve)
6. C.d.C. 3 – Sisma

7.2 COEFFICIENTI DI SPINTA DELLA TERRA

Nelle seguenti figure n.7.1÷7.3 sono sintetizzati i coefficienti di spinta impiegati nelle verifiche statiche e sismiche.

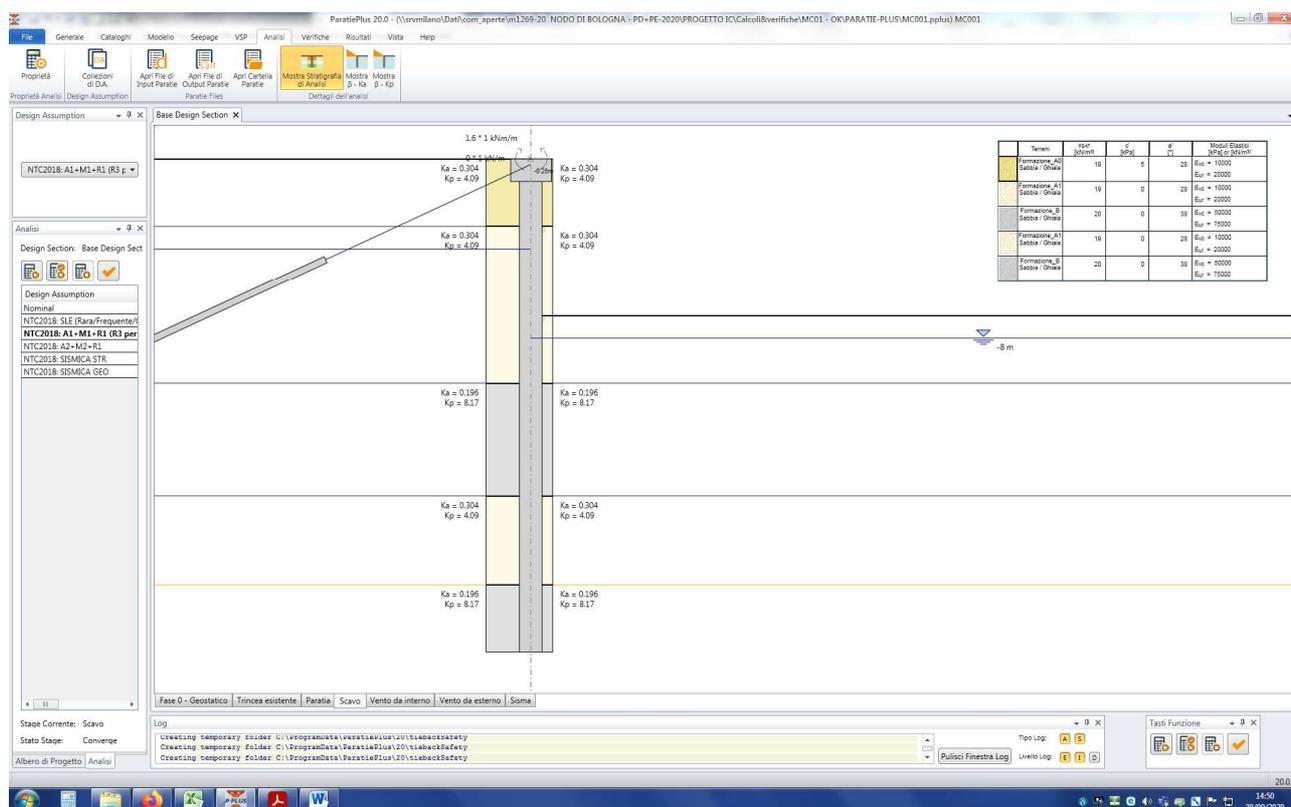


Figura n.7.1 – Verifiche statiche STR - Coefficienti di spinta

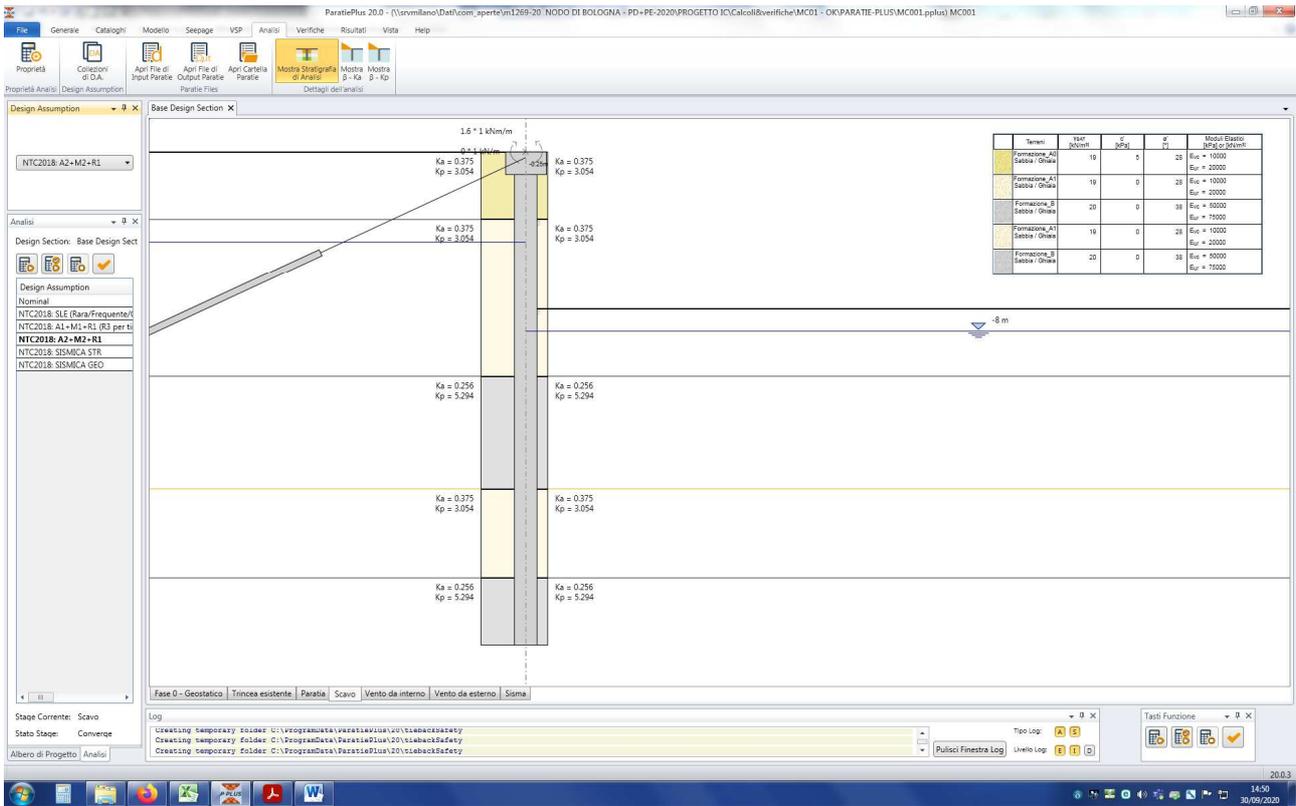


Figura n.7.2 – Verifiche statiche GEO - Coefficienti di spinta

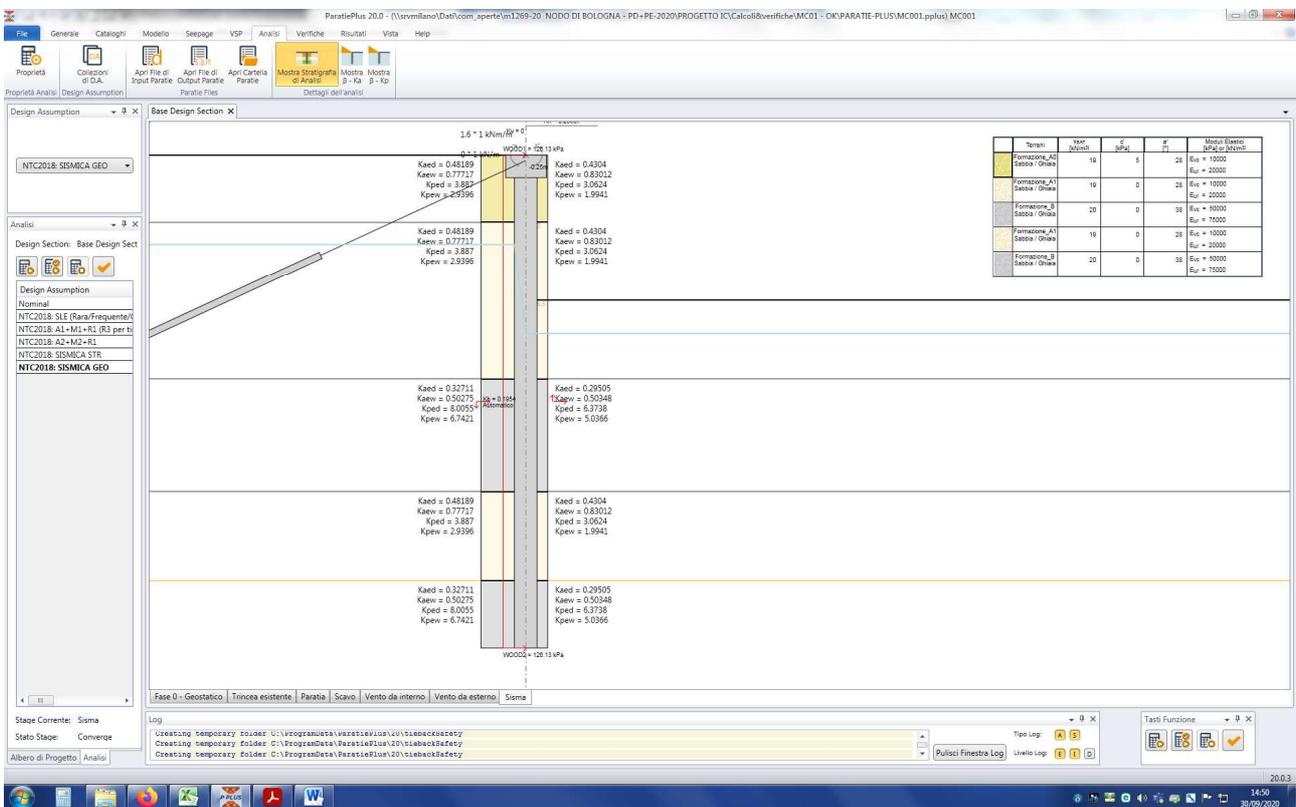


Figura n.7.3 – Verifiche sismiche - Coefficienti di spinta

7.3 AZIONE TRASMESSA DALLE BARRIERE FONDOASSORBENTI

Sulla sommità del muro è prevista l'installazione della barriera antifonica FO34 e FO36 di altezza pari a 6.50m. Si riporta di seguito il valore "caratteristico" del momento flettente e del taglio (M_k e V_k) per metro lineare di sviluppo agenti a base montante come già definito nella precedente tabella n.6.2 per le due combinazioni considerate.

Peso proprio

$$M_k = 1.6 \text{ kNm/m}$$

Vento da esterno autostrada e neve su sbalzo

$$V_k = -13.5 \text{ kN/m}$$

$$M_k = 45.4 \text{ kNm/m}$$

Vento da interno autostrada

$$V_k = 12.4 \text{ kN/m}$$

$$M_k = -41.8 \text{ kNm/m}$$

7.4 AZIONE SISMICA

Segue sintesi dei parametri sismici impiegati nell'analisi.

The screenshot shows the 'Opzioni Sisma' (Seismic Options) window. It is divided into several sections for defining seismic parameters:

- Opzioni:** Includes 'Includi Azione Sismica' (checked).
- 1. Definizione accelerazione:**
 - Coefficiente accel. base a_g / g : 0.213 (NTC)
 - Fattore importanza I: 1
 - Coefficiente S_s : 1.39
 - Coefficiente S_r : 1
 - a_{max} / g : 0.29607
- 2. Accelerazione di calcolo:**
 - Method: Eurocodice
 - Calcolo coefficiente di risposta R: Input diretto
 - Parameters: U_s (m), T_c (m/s), V_{max} (m/s), V_{max}/a_{max} (m/s), $R=$ (1)
 - Method: NTC
 - Parameters: $U_{s=}$ (0.035 m), $\beta=$ (0.6599), $\alpha=$ (1), $k_h = \alpha \beta a_{max}$ (0.1954)
- 3. Definizione calcolo:**
 - Modalità spinta: Paratia intera
 - Comportamento idraulico: Terreno pervio
 - Parameters: k_{vu} (% k_h): 0.5, k_{vd} (% k_h): -0.5, R_u : 0
 - Includi inerzia paratia: checked
- 4. Metodo di calcolo:**
 - Method: Procedura Automatica (Paratie)
 - Parameters: Pressione di Wood [0-1]: 1, Valore Applicato: 0.29607
 - Method: Manuale (Carichi Esterni)
 - Comportamento Paratia: Flessibile (usa k_h)
 - Method: Wood
 - Parameters: $B=$ (0.375), $\alpha_1=$ (1.6), $\alpha_2=$ (0.4), Correlazione $\alpha_1 - \alpha_2$ (triangle diagram)

8 TRATTI A E B - ANALISI DELL'OPERA - RISULTATI

8.1 FASI DI CALCOLO

Segue la rappresentazione grafica delle singole fasi di calcolo precedentemente descritte.

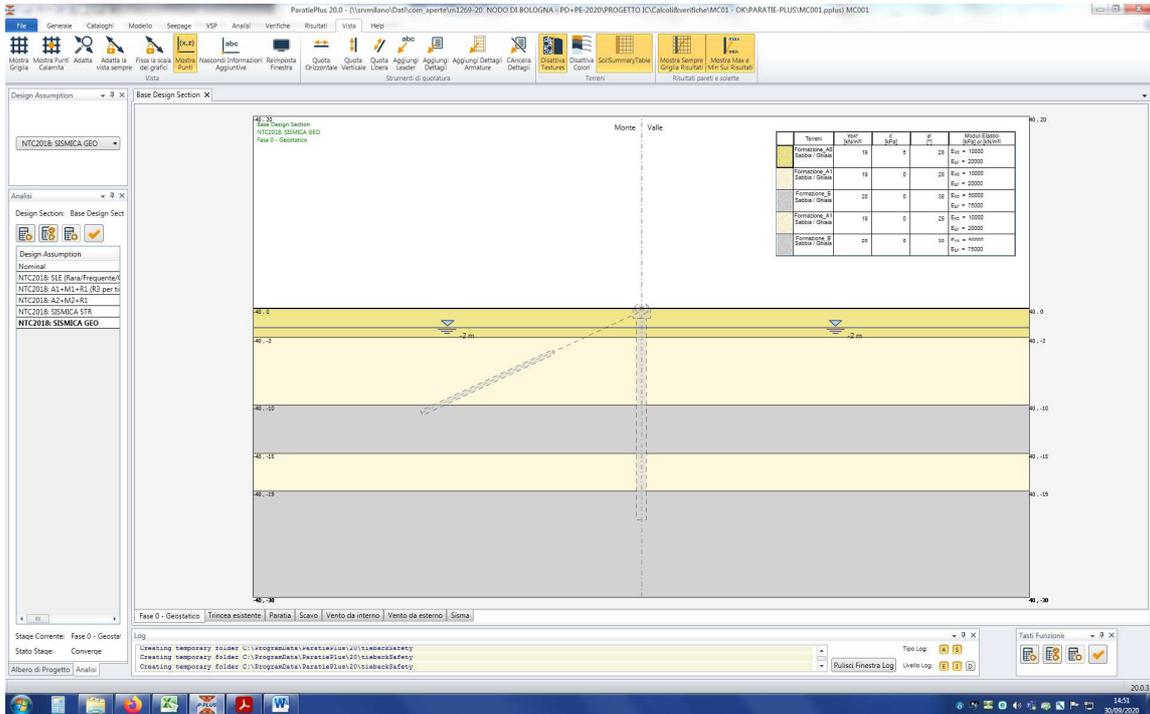


Figura n.8.1 – FASE 0 - Inizializzazione in condizioni geostatiche

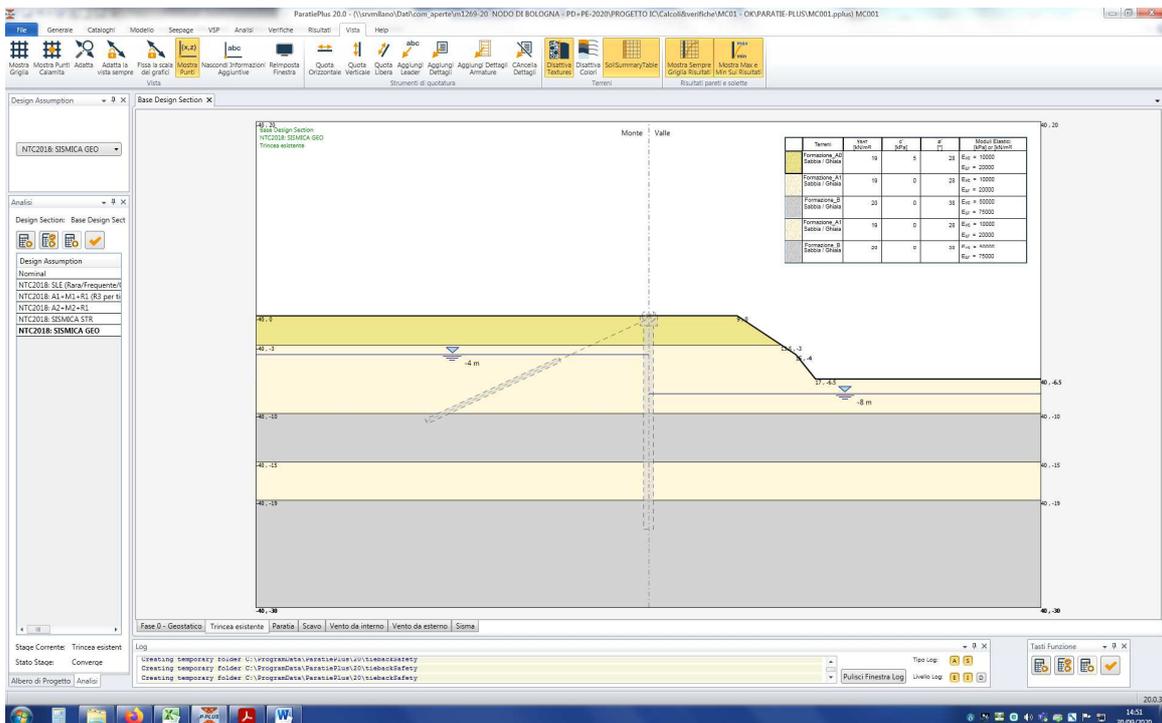


Figura n.8.2 – FASE 1 - Attuale configurazione in trincea

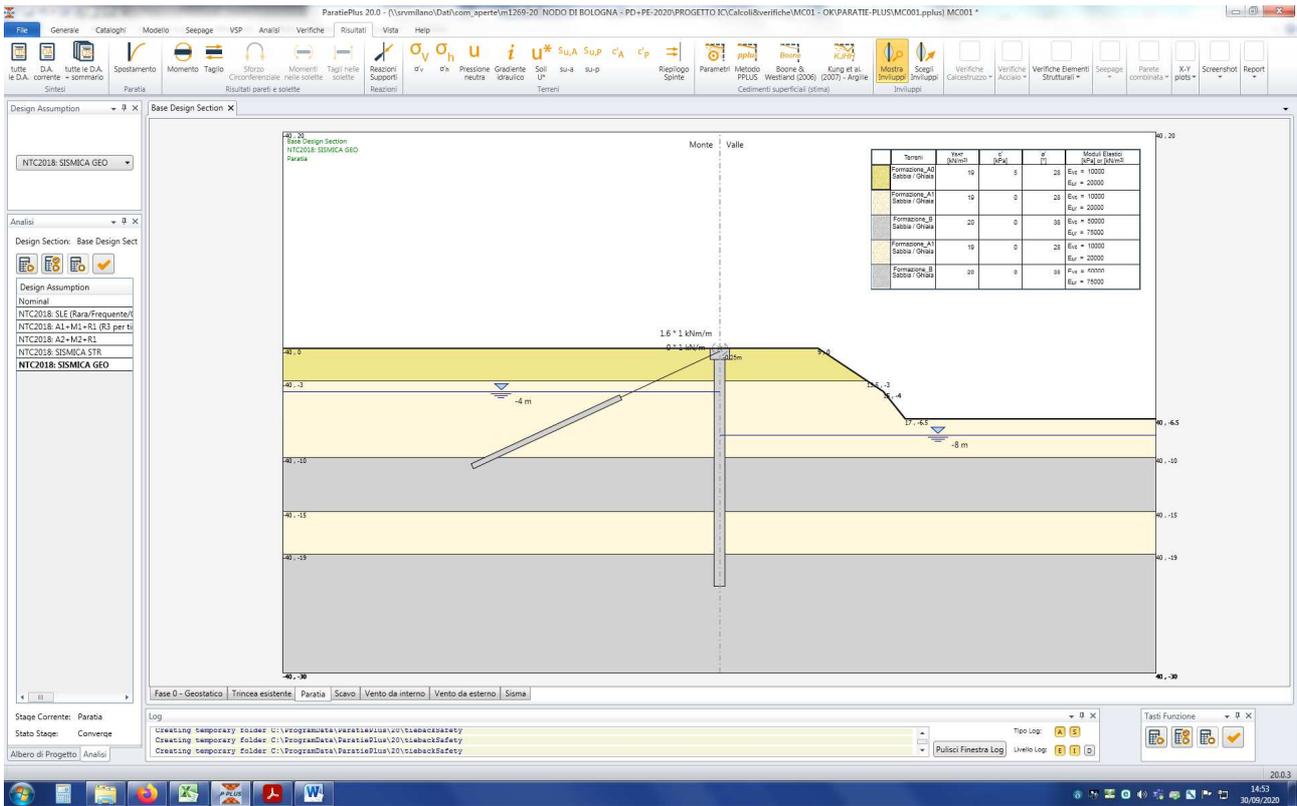


Figura n.8.3 - FASE 2 - Realizzazione dell'opera di sostegno

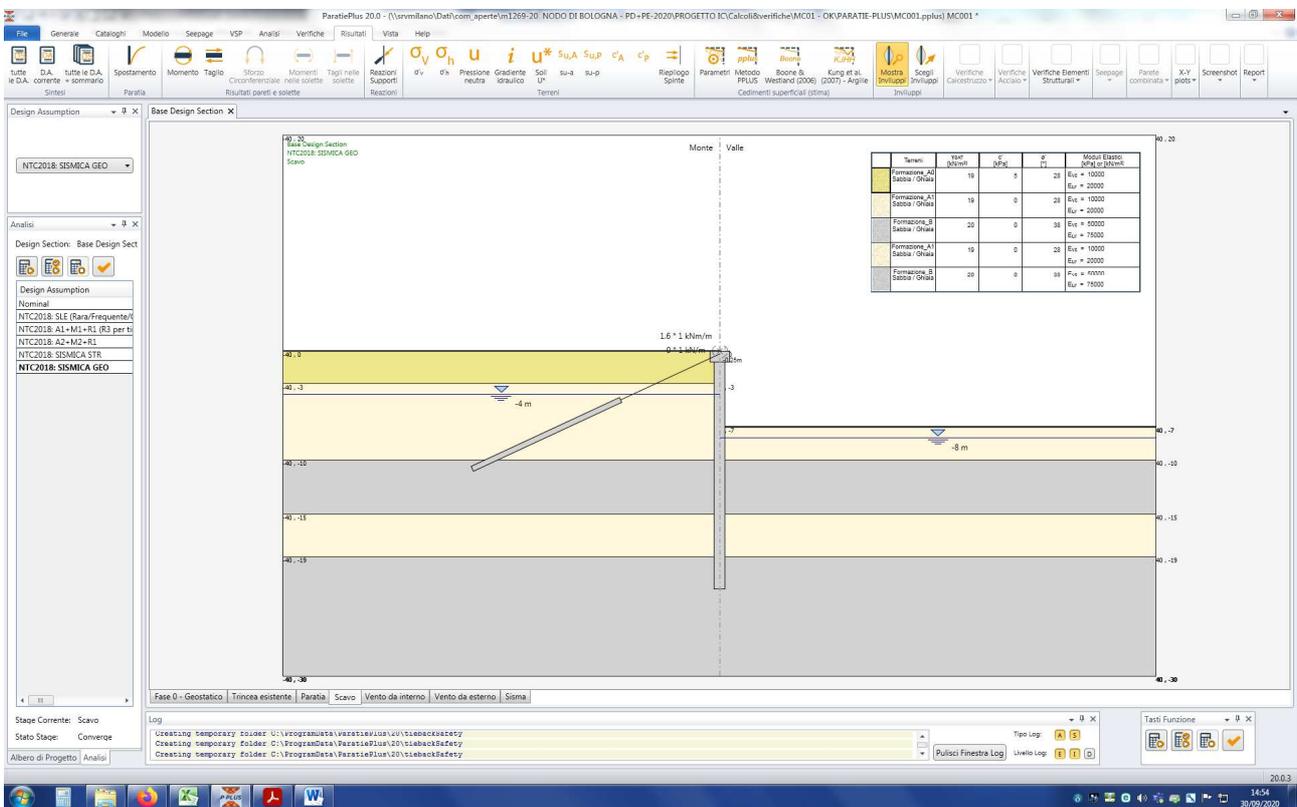


Figura n.8.4 - FASE 3 - Riprofilatura a valle

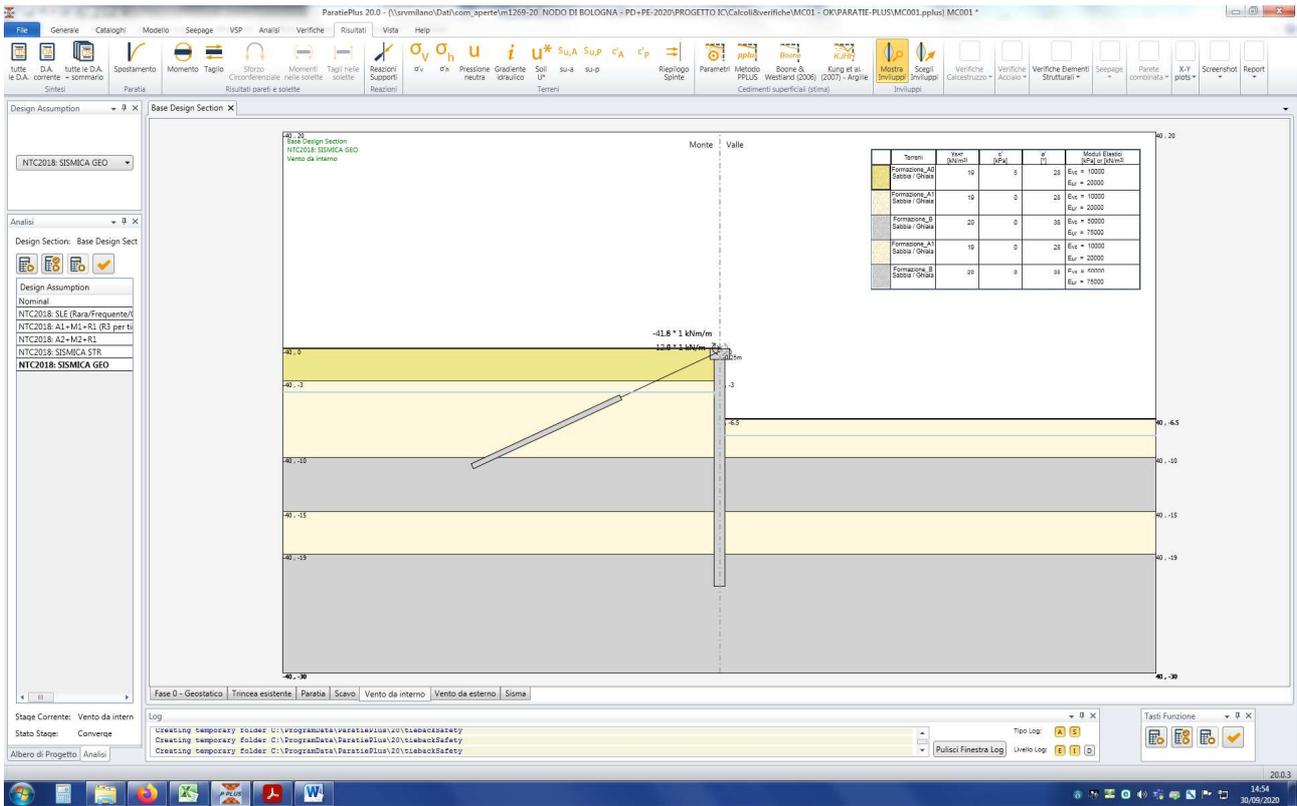


Figura n.8.5 - FASE 4 - C.d.C. 1 – Azione sulle FOA (vento da interno)

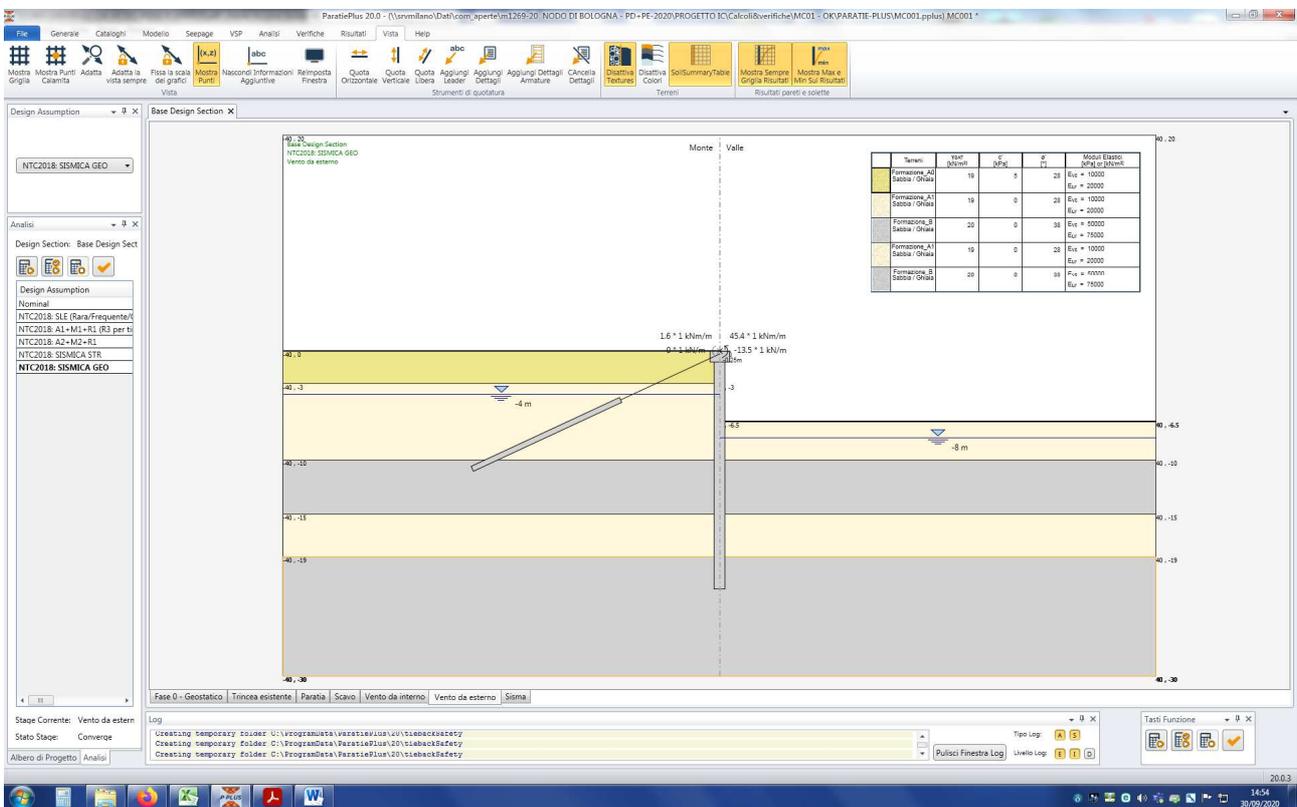


Figura n.8.6 - FASE 5 - C.d.C. 1 – Azione sulle FOA (vento da esterno + neve)

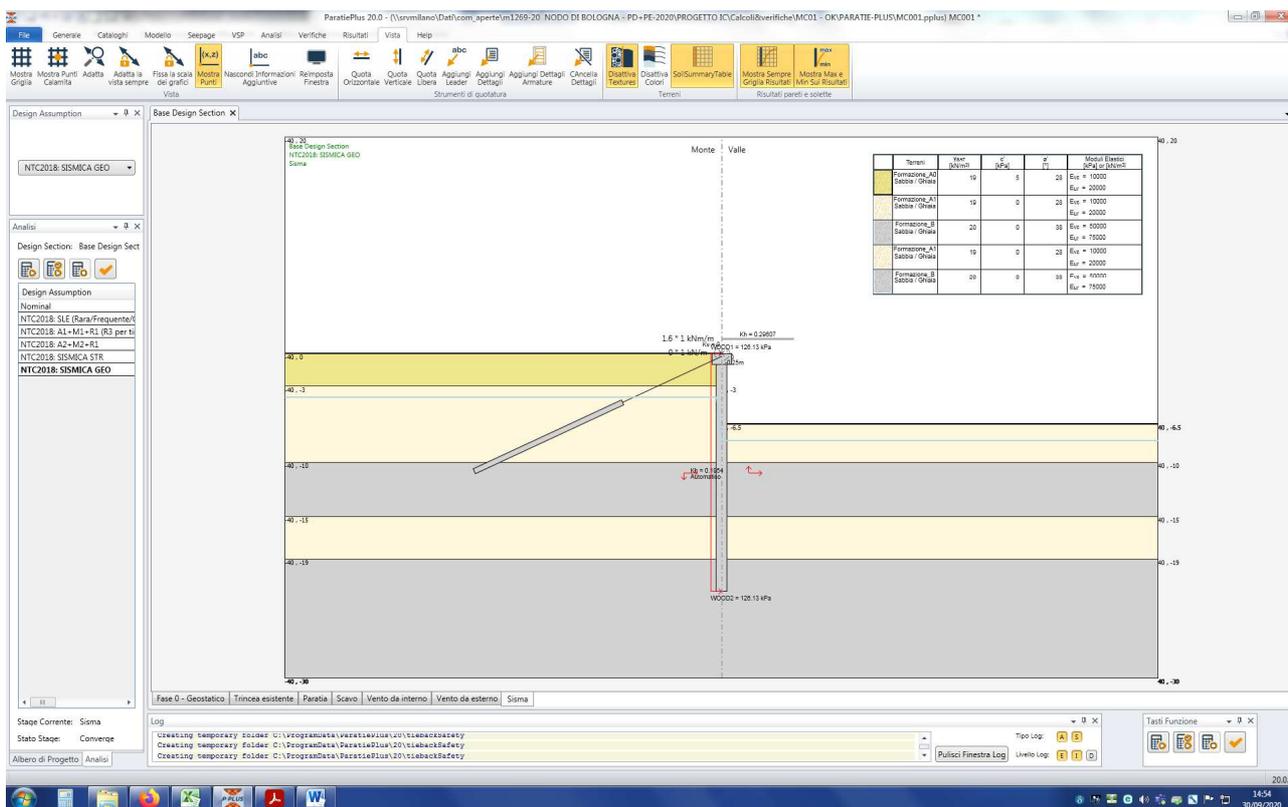


Figura n.8.7 – FASE 6 - C.d.C. 3 – Sisma

8.2 SPOSTAMENTI

Nelle seguenti figure è illustrato l'andamento degli spostamenti nelle combinazioni di carico più gravosa in esercizio (FASE 4) e a fine costruzione (FASE 3).

Si osserva che (vedere anche §5.8):

- lo spostamento in esercizio (calcolato come differenza tra lo spostamento massimo e lo spostamento a fine costruzione) risulta pari a $33\text{mm} - 29\text{mm} = 4\text{mm}$ inferiore a **0.5%** dell'altezza del muro.
- lo spostamento totale massimo compresa la deformazione in fase di costruzione ($s_{\text{max}} = 33\text{mm}$ - FASE 4) risulta **inferiore all'1.5%** dell'altezza del muro.

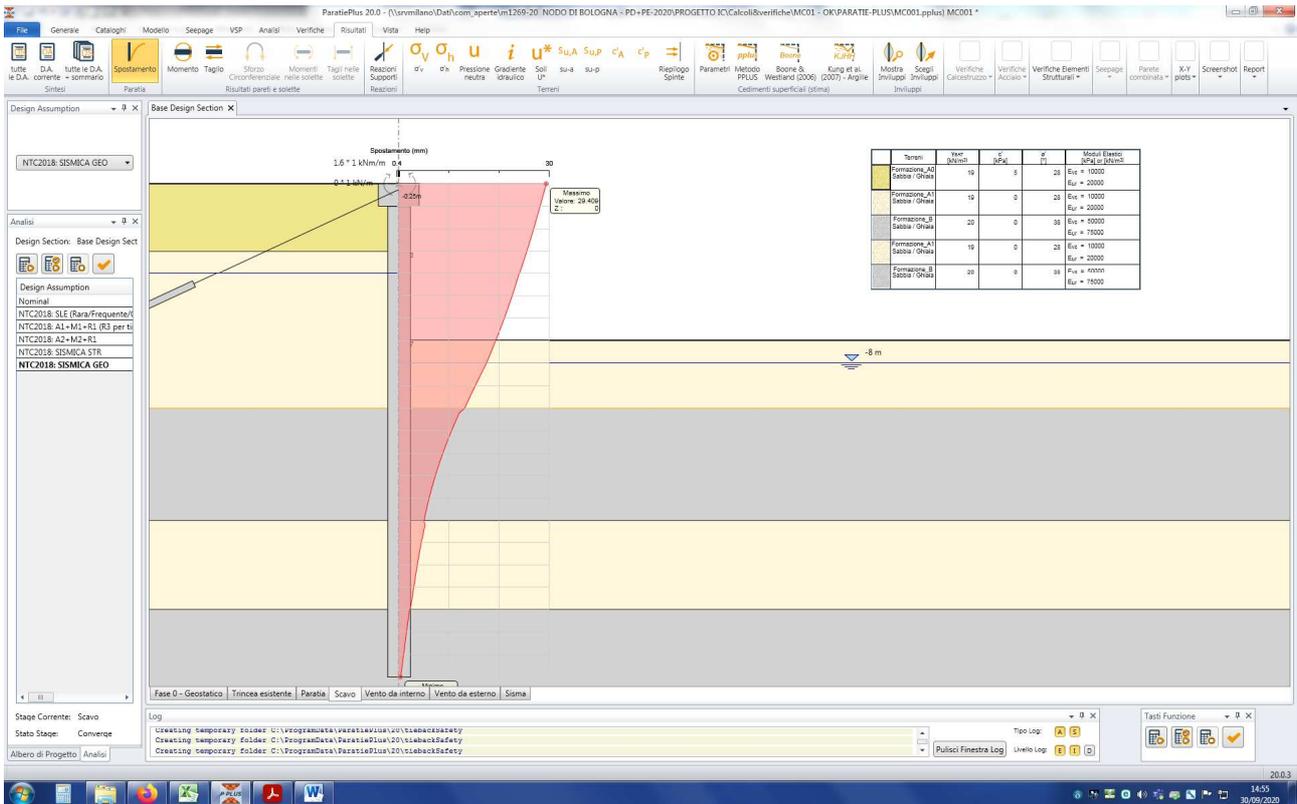


Figura n.8.8 – Spostamenti fase 3 (fine costruzione)

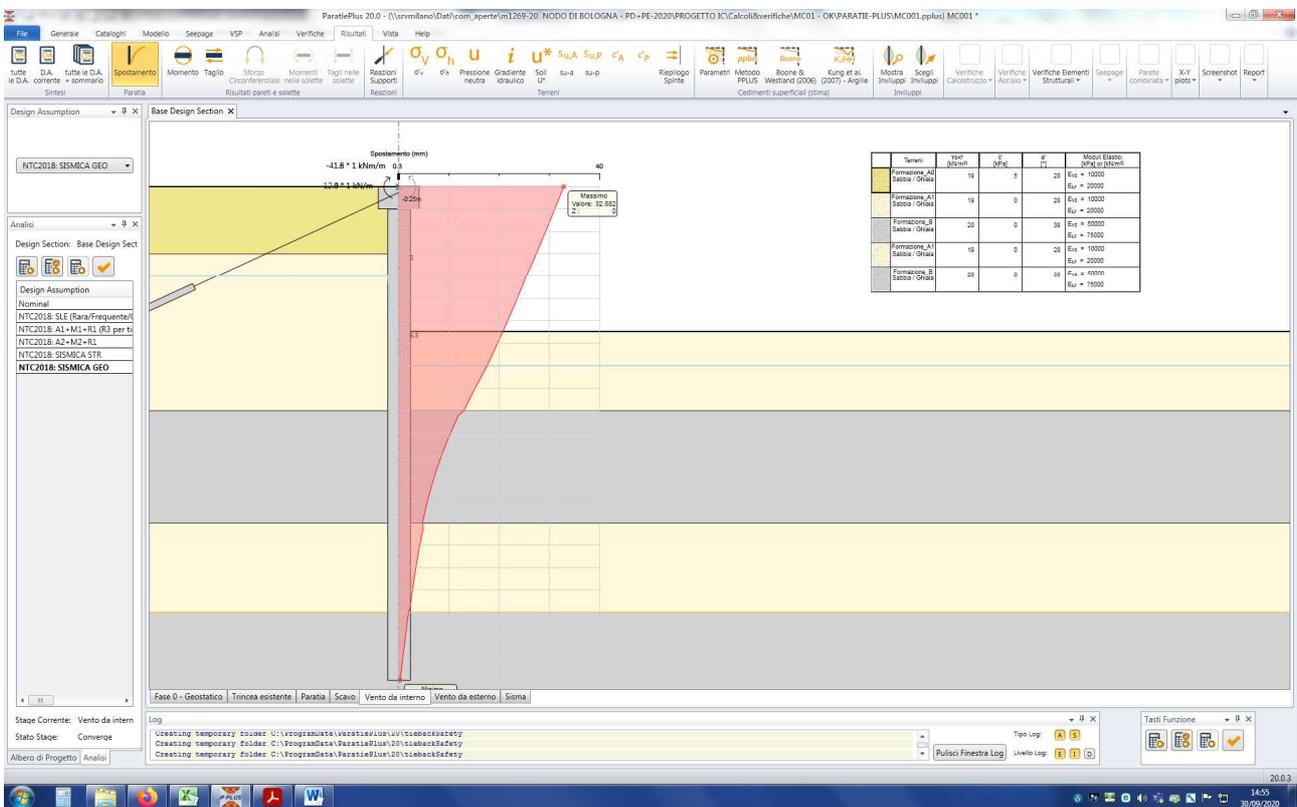


Figura n.8.9 – Spostamenti fase 4 (vento da interno)

8.3 AZIONI INTERNE PALI DI FONDAZIONE

Nelle successive figure sono illustrati i grafici di involucro delle azioni interne (momento flettente e taglio) calcolate nei pali di fondazione per differenti verifiche (SLE, SLU e SLV). Si rammenta che le azioni sono **esprese per metro lineare di paratia**.

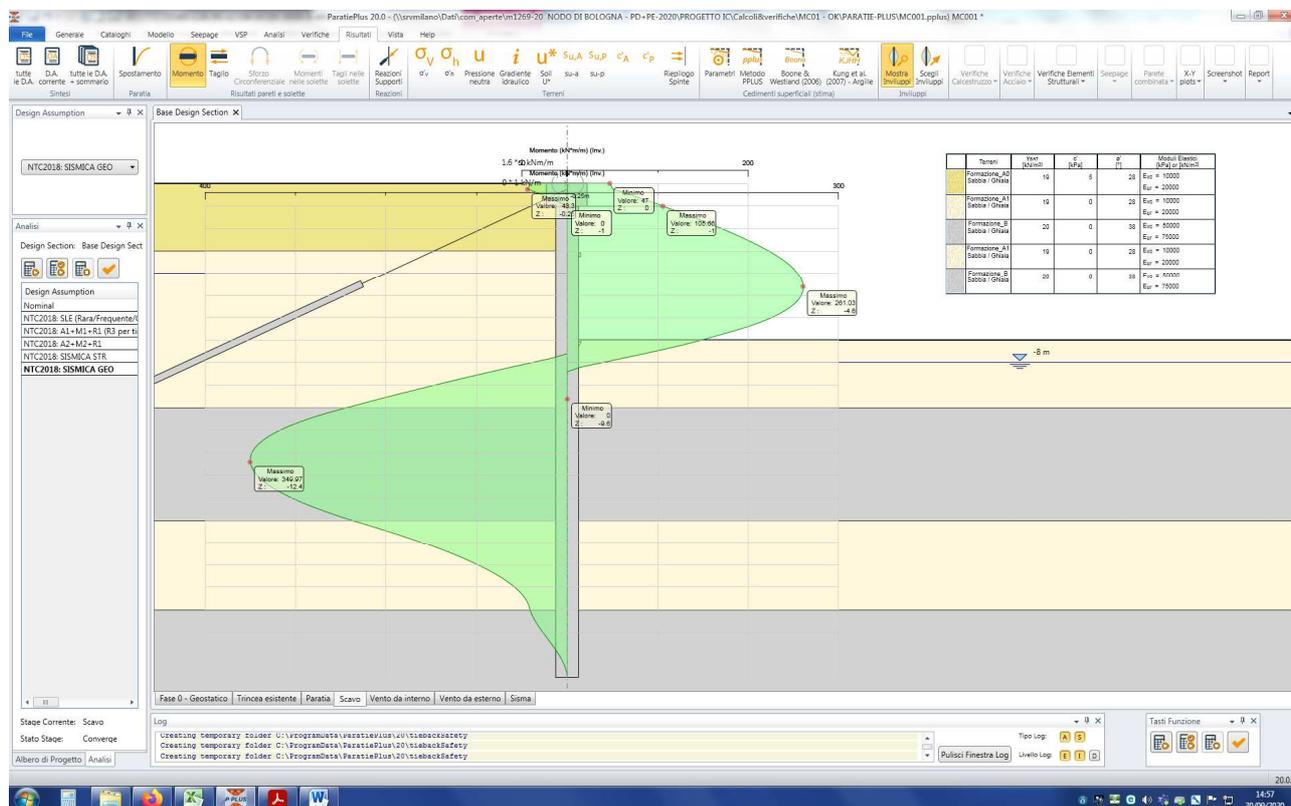


Figura n.8.10 – Momento flettente - Involuppo SLE-QP

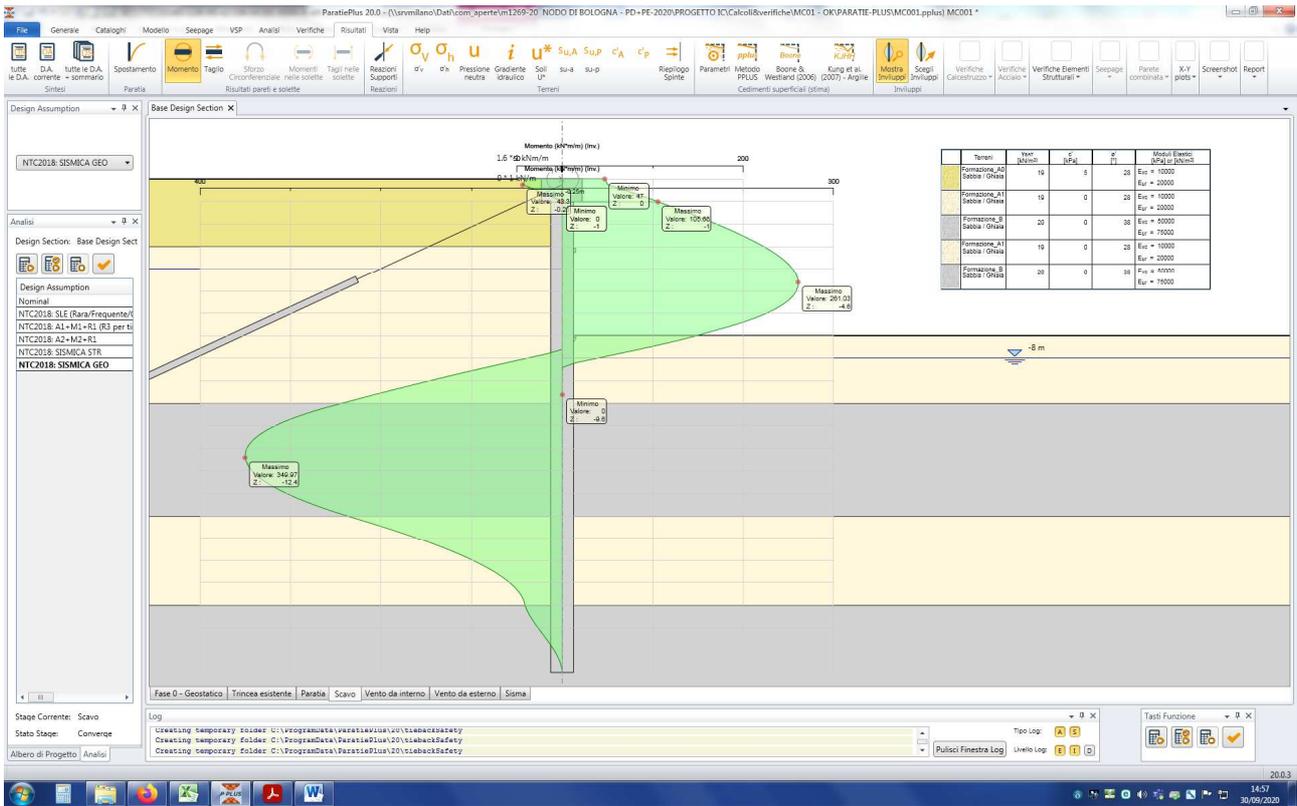


Figura n.8.11 – Momento flettente - Involuppo SLU

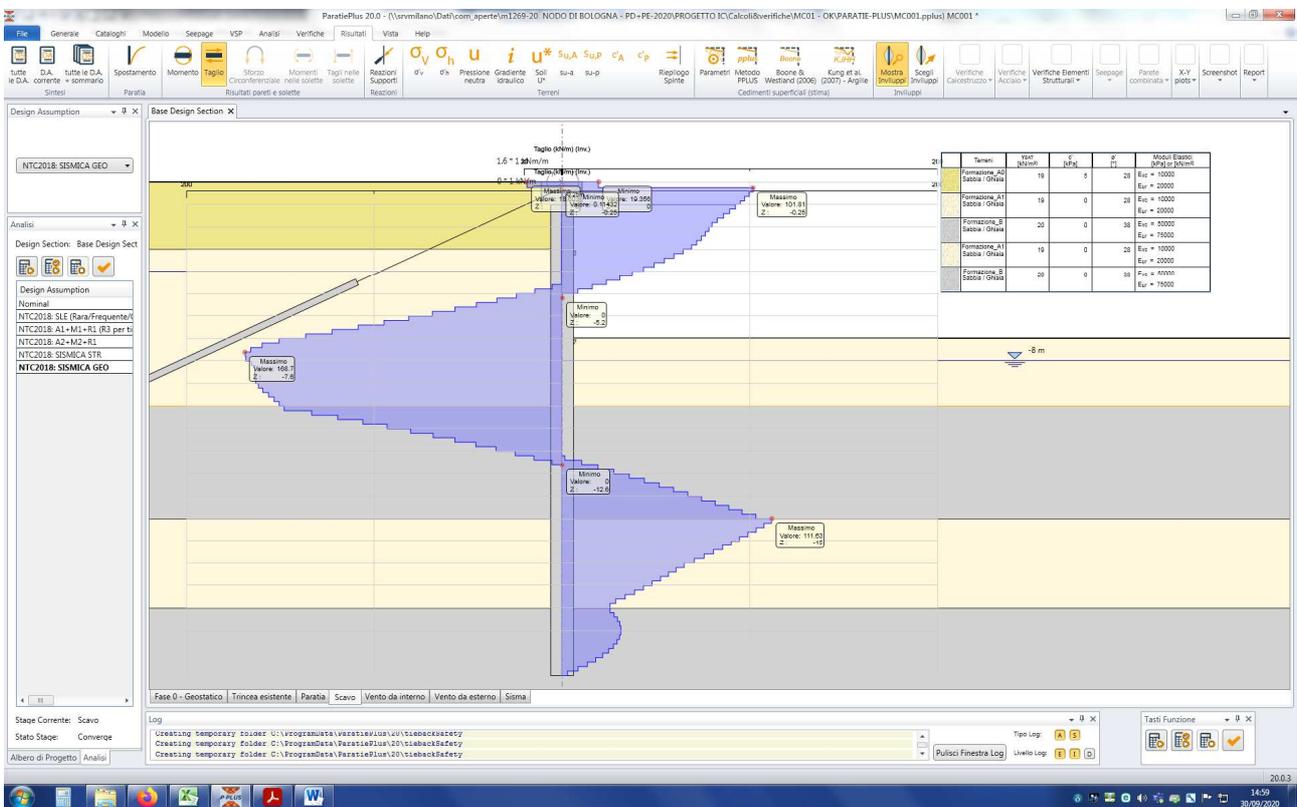


Figura n.8.12 – Azione di taglio - Involuppo SLU

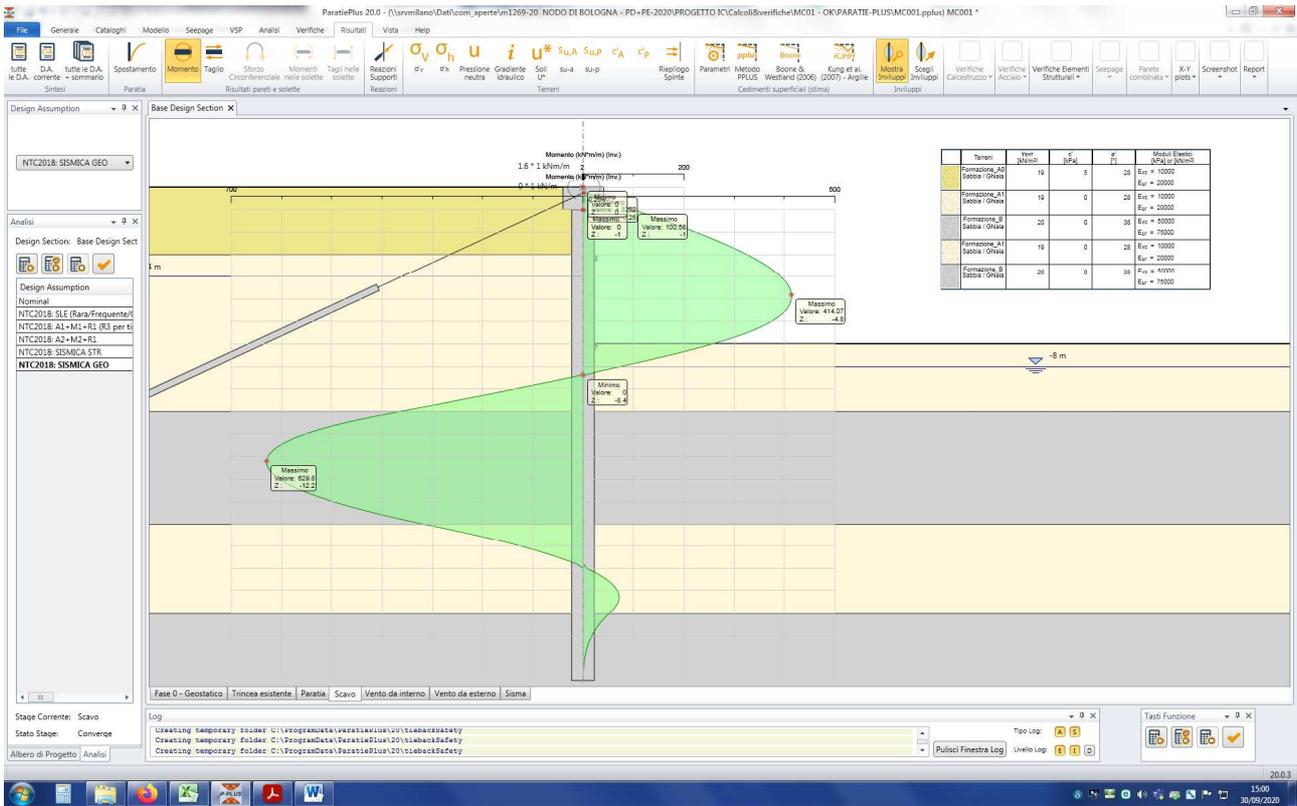


Figura n.8.13 – Momento flettente - Involuppo SLV

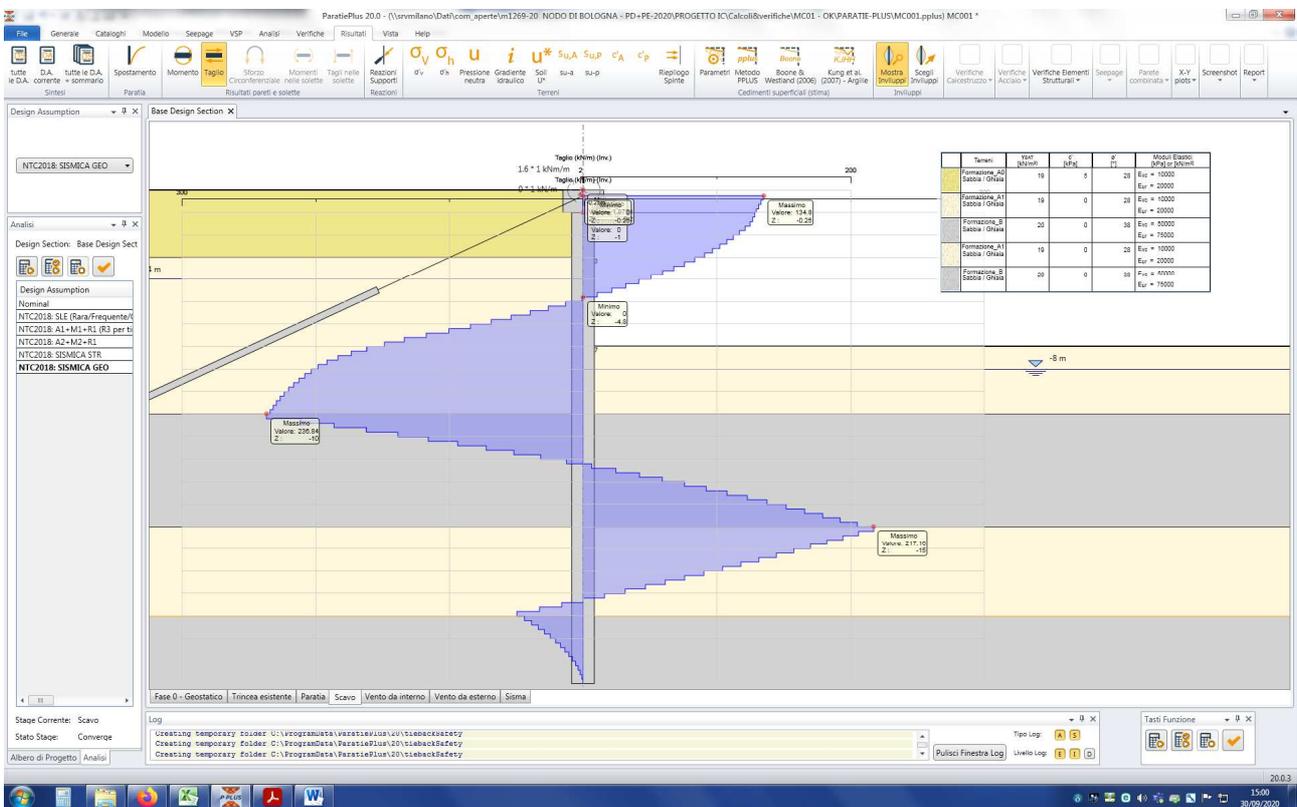


Figura n.8.14 – Azione di taglio - Involuppo SLV

8.4 SINTESI AZIONI INTERNE

Nella tabella n.8.1 di cui al seguito sono, infine, riassunti i valori di "design" (calcolati tenendo conto dell'interasse dei pali) nella sezione di momento massimo e di taglio massimo per differenti verifiche (SLU-SLV-SLE). Si rammenta che le azioni sono **esprese per metro lineare** di paratia.

MC001

Interasse pali = 1.20 m
Diametro pali = 1.00 m
Altezza soprizzo = 0.00 m
Spessore soprizzo = 0.00 m
Testa palo = -1.00 m da p.c.

ANALISI	SEZIONE	z (m da p.c.)	z (m da t.p.)	AZIONE	PALI		SPICCATO SOPRALZO
					CALCOLO PARATIE (a ml)	VALORI DI DESIGN (a palo)	VALORI DI DESIGN
SLE	SEZIONE DI MOMENTO MASSIMO	12.2	11.2	M (kNm)	350	420	
				V (kN)	0	0	
				N (kN)		240	
SLU	SEZIONE DI MOMENTO MASSIMO	12.2	11.2	M (kNm)	464	557	
				V (kN)	25	30	
				N (kN)		240	
	SEZIONE DI TAGLIO MASSIMO	7.6	6.6	M (kNm)	143	172	
				V (kN)	169	203	
				N (kN)		149	
SLV	SEZIONE DI MOMENTO MASSIMO	12.2	11.2	M (kNm)	630	756	
				V (kN)	0	0	
				N (kN)		240	
	SEZIONE DI TAGLIO MASSIMO	10.0	9.0	M (kNm)	358	430	
				V (kN)	237	284	
				N (kN)		196	

Tabella n.8.1 – Azioni di design

8.5 SINTESI AZIONI NEI TIRANTI

Segue dettaglio dell'azione di trazione nei tiranti per metro lineare di paratia:

Result Title :Wall Left Wall

Tieback :TIRANTE (43488) Z=-0.75 m

STAGE	SUPPORT_FORCE [kN/m] - STR
1	0
2	0
3	0
4	91.9
5	104.468
6	93.744
7	152.129

9 TRATTI A E B - ANALISI DELL'OPERA - VERIFICHE

9.1 VERIFICA DELL'IMMORSAMENTO DEI PALI

Si riportano di seguito i valori della percentuale di mobilitazione della spinta passiva calcolata nelle condizioni più sfavorevoli SLU-GEO e SISMA. Si osserva che sono rispettati i limiti di cui al §5.5.

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva fase statica

Result Title :Wall <Left Wall>

STAGE	THRUST_RATIO [--]
1	0.108
2	0.165
3	0.165
4	0.28
5	0.256
6	0.257

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva fase sismica

Result Title :Wall <Left Wall>

STAGE	THRUST_RATIO [--]
7	0.404

9.2 VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI

Si dispongono **15φ26** (incidenza minima 1%) con spirale φ12 passo 15cm. Si verifica la sezioni imponendo un comportamento non dissipativo.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: Palo-DN1000

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Palo
Forma della sezione:	Circolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16	MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-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	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.000	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	100.0	cm
Barre circonferenza:	15Ø26	(79.6 cm ²)
Coprif.(dal baric. barre):	10.5	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	240.00	557.00	30.00	0.00
2	149.00	172.00	203.00	0.00
3	240.00	756.00	0.00	0.00
4	196.00	430.00	284.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	240.00	420.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	9.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	13.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	8.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
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 in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	240.00	557.00			1.538	17.6	0.36	0.89	47.8 (15.7)
2	S	149.00	172.00			4.835	18.3	0.35	0.88	47.8 (15.7)
3	S	240.00	756.00			1.133	17.6	0.36	0.89	47.8 (15.7)
4	S	196.00	430.00			1.964	17.9	0.36	0.89	47.8 (15.7)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00111	50.0	0.00075	39.5	-0.00196	-39.5
2	0.00107	50.0	0.00072	39.5	-0.00196	-39.5
3	0.00111	50.0	0.00075	39.5	-0.00196	-39.5
4	0.00109	50.0	0.00073	39.5	-0.00196	-39.5

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	15.0	cm	[Passo massimo di normativa = 20.8 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.1	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.7 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	30.00	0.00	1458.79	965.70	89.3 76.0	2.500	1.022	0.5
2	S	203.00	0.00	1453.37	969.47	89.4 76.2	2.500	1.013	3.2
3	S	0.00	0.00	2115.24	386.28	89.3 76.0	1.000	1.022	0.0
4	S	284.00	0.00	1456.18	967.52	89.4 76.1	2.500	1.018	4.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.75	-50.0	0.00	50.0	-170.3	38.6	26.3	3018	37.2	---

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es

N°Comb	Ver	Distanza massima in mm tra le fessure					K2	Kt	e sm		wk	M Fess.
		e1	e2	e3	sm	sm						
1	S	-0.00101	0.00051			0.50	0.60	0.000511 (0.000511)		672	0.343 (990.00)	322.86

9.3 VERIFICA DEI TIRANTI

In accordo a quanto indicato al §8.5 si verifica che la massima azione di trazione risulta pari a:

$$T_{max} = 152\text{kN/m}$$

ovvero (interasse 2.40m):

$$T_d = 152\text{kN} \times 2.4\text{m} = 364\text{kN}$$

Segue verifica strutturale e geotecnica dei tiranti in accordo ai criteri di cui al §5.7.

$$T_k = 660\text{kN} > 364\text{kN} = T_d \quad (\text{verifica strutturale soddisfatta})$$

$$R_d = R_{ak} / \gamma_R = 628\text{kN} / 1.2 = 523\text{kN} > 364\text{kN} = T_d \quad (\text{verifica geotecnica soddisfatta})$$

9.4 VERIFICA STRUTTURALE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE DEI TIRANTI

Si verifica le travi di ripartizione dei tiranti (180x100cm – C25/30) facendo riferimento allo schema statico di una trave continua a 3 campate soggetta all'azione dei tiranti. Si ottiene:

$$p = T_{d-max} / i = (152\text{kN} \times 2.4\text{m}) / 2.4\text{m} = 152\text{kN/m}$$

$$i = \text{interasse tiranti} = 2.4\text{m}$$

da cui:

$$M_{max} = \text{momento flettente massimo} = p \cdot i^2 / 10 = 88\text{kNm}$$

$$V_{max} = \text{azione di taglio massima} = 0.6 \cdot T_{d-max} = 218\text{kN}$$

Si **dispongono 6+6φ24 con staffe φ12 passo 20cm**. Si verifica la sezioni imponendo un comportamento non dissipativo.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: trave_testa

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Trave
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16	MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	180.0	cm
Barre inferiori:	6Ø24	(27.1 cm ²)
Barre superiori:	6Ø24	(27.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	6.4	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	88.00	218.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	15.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
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 in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.
1	S	0.00	88.00			19.763	148.8	0.18	0.70 27.1 (25.7)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00043	180.0	0.00034	173.6	-0.00196	6.4

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 22.6 cm]
N.Bracci staffe:	3		
Area staffe/m :	17.0	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	218.00	470.94	3814.42	2592.90	100.0 173.6	2.500	1.000	1.4

9.5 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

In tabella n.9.1 sono riassunti i risultati delle analisi di stabilità in condizioni statiche e sismiche per la configurazione di progetto. Nelle successive figure n.9.1 e 9.2 sono illustrati i risultati ottenuti.

ANALISI		METODO	FIGURA	FS _{min}	VERIFICA
CONFIGURAZIONE FINALE	STATICA	Moghestern con superficie circolare	9.1	4.63	FS _{min} = 4.63 ≥ 1.1 = γ _R
	SISMICA		9.2	1.68	FS _{min} = 1.68 ≥ 1.2 = γ _R

Tabella n.9.1 – Analisi di stabilità – coefficienti di sicurezza

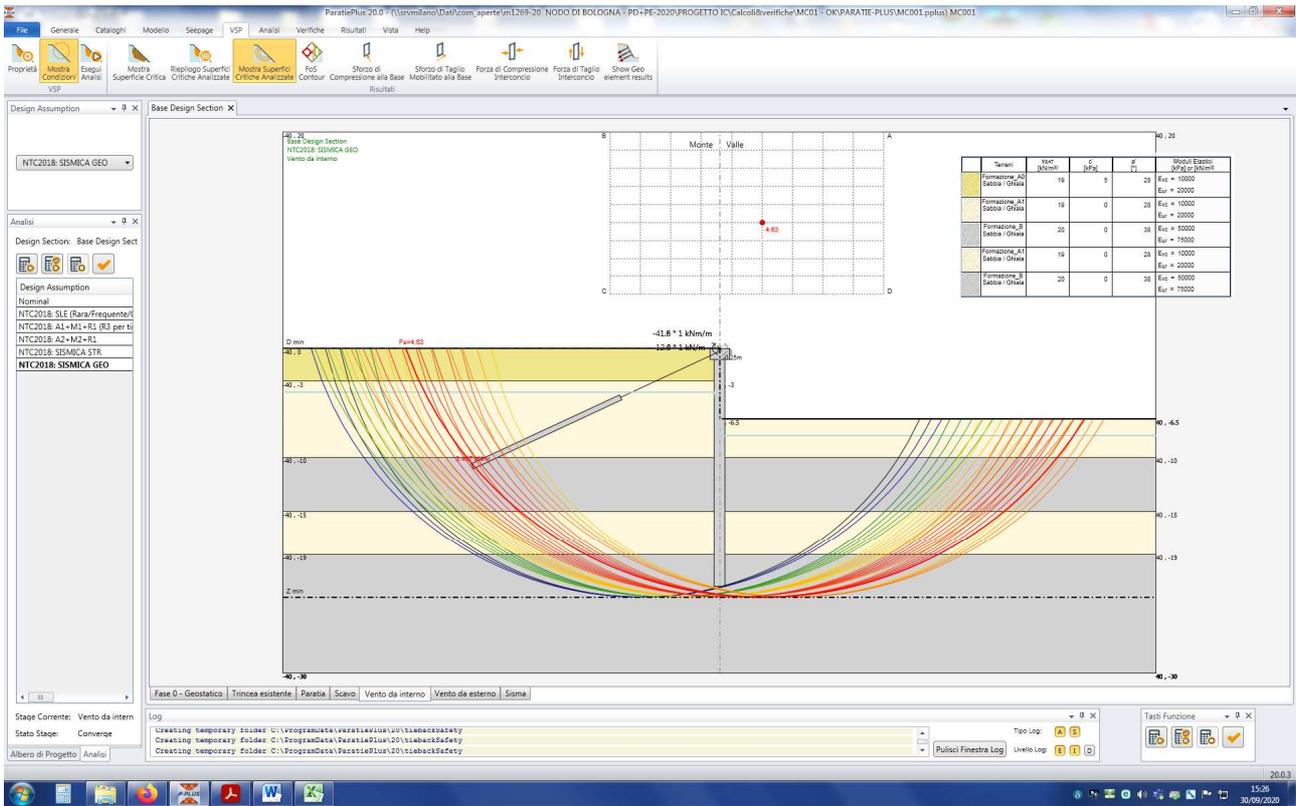


Figura n.9.1 – Analisi di stabilità – Configurazione finale – Verifica statica

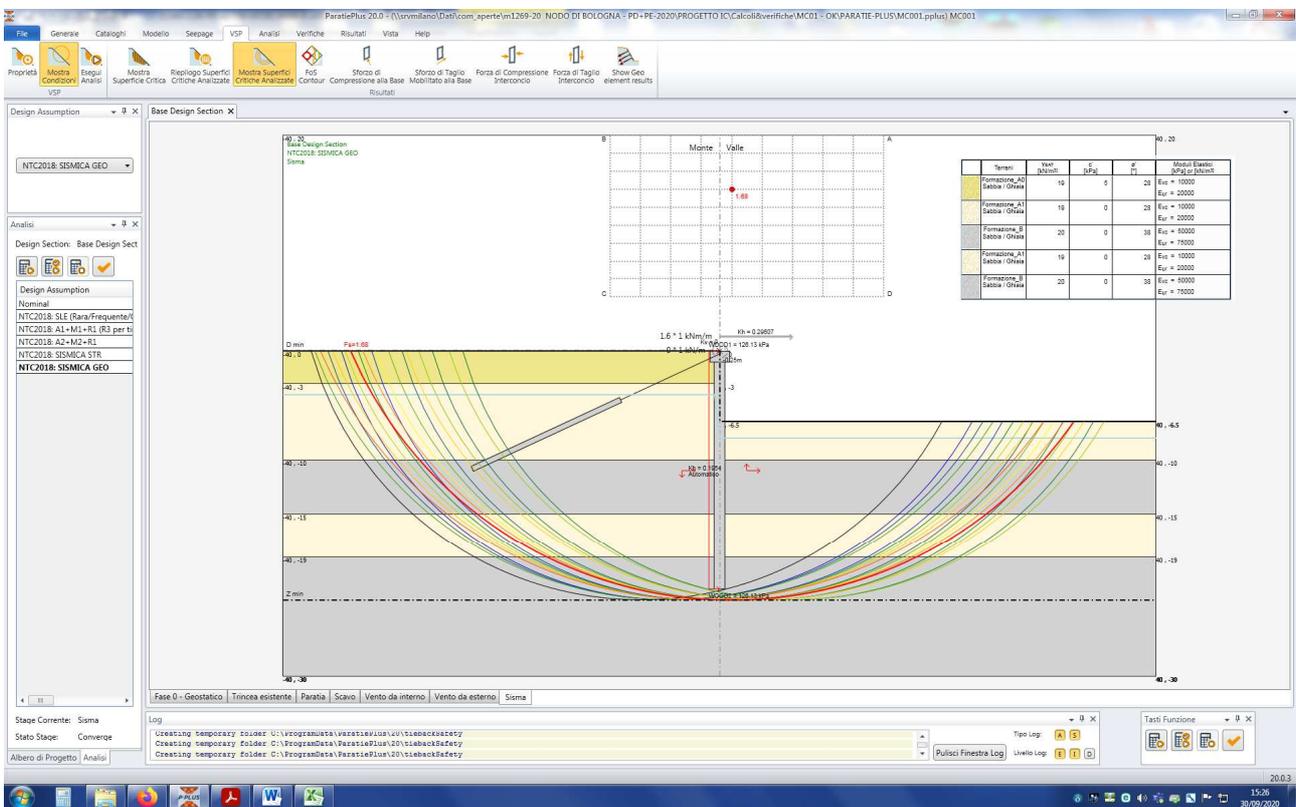


Figura n.9.2 – Analisi di stabilità – Configurazione finale – Verifica sismica

10 TRATTO C

10.1 GENERALITÀ

Il muro in oggetto collega il tratto A e B con la sola funzione di opera di protezione fonica. Il muro è fondato su micropali (colati a gravità) in quanto impostato su terreno dell'unità A (limi argillosi). La falda è assunta (vedere anche § 3.1) a 2m di profondità dal p.c. locale attuale.

10.2 CODICE DI CALCOLO

L'analisi geotecnica e strutturale del muro viene svolta con l'ausilio del codice di calcolo **MAX15** (Geostru) che consente di definire i valori di spinta dovuti alla terra ed alle azioni esterne mediante più generale (*Culmann*) basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite.

Tale metodo, che adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb, consente di analizzare situazioni con profilo del terreno a tergo del muro di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti.

I passi del procedimento risolutivo implementati sono i seguenti:

1. si ipotizza una superficie di rottura piana (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
2. si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
3. dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.
4. I passi da 1 a 3 vengono iterati fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima

In figura n.10.1 è illustrato lo schema concettuale seguito nel calcolo delle spinte e dei relativi equilibri. Si osserva che le verifiche strutturali sono riferite ad una sezione corrispondente con il paramento interno dell'elevazione mentre le verifiche geotecniche sono riferite ad una ideale sezione tracciata in corrispondenza dell'oggetto di monte.

E' da notare che i valori degli angoli δ_1 e δ_2 (funzione degli angoli d'attrito ϕ_1 e ϕ_2) relativi rispettivamente al terreno di riempimento ed al terreno spingente definiscono (di fatto) l'inclinazione rispetto alla normale alla sezione di calcolo delle forze risultanti (spinta della terra, sovraccarichi, ecc.) impiegate nel calcolo per le verifiche strutturali (S_1) e per le verifiche geotecniche (S_2).

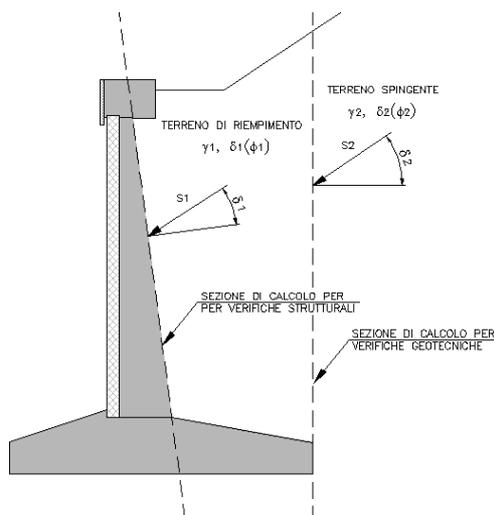


Figura n.10.1 – Schema per il calcolo delle spinte

10.3 ANALISI DEI CARICHI

Il muro in oggetto collega il tratto A e B con la sola funzione di opera di protezione fonica. Le uniche azioni agenti sul muro sono di seguito descritte.

10.3.1 Peso proprio

Per i getti in opera si considera un peso proprio pari a 25kN/m^3

10.3.2 Urto dei veicolo in svio

L'azione dell'urto per lo svio del veicolo è messa in conto in accordo a quanto previsto dalle NTC (paragrafo n.3.6.3.3.1). Nello specifico l'urto viene considerato come carico "eccezionale" e viene messo in conto mediante una forza concentrata pari a 500kN applicata ad un'altezza (h) pari a 1.25m dal piano viario.

Per le sole verifiche strutturali si considera che la forza d'urto venga applicata interamente come azione "eccezionale" sulla larghezza di 1m di muro:

$$F_{\text{urto-STR}} = 500\text{kN} / 1\text{m} = 500\text{kN/m}$$

Per le verifiche geotecniche (ribaltamento, scorrimento e capacità portante fondazione diretta e pali) si considera che la rigidità longitudinale dell'opera consenta di ripartire l'azione dell'urto su 10m di muro:

$$F_{\text{urto-GEO}} = 500\text{kN} / 10\text{m} = 50\text{kN/m}$$

Poiché il codice di calcolo considera l'urto come azione "variabile" e pertanto ne applica un coefficiente parziale pari a 1.50 , per riportarsi ad un carico "eccezionale" i valori caratteristici di cui sopra vengono fittiziamente divisi per 1.50 ottenendo:

$$F^*_{\text{urto-GEO}} = F_{\text{urto-GEO}} / 1.5\text{m} = 33.3\text{kN}$$

10.3.3 Azione del vento

Per l'azione del vento si fa riferimento alla pressione agente sulle barriere tipo 4 (H=6.50m) come da relazione di calcolo. Si ottiene (azioni di bordo):

$$q_k = \text{pressione media vento} = 2.085\text{kPa}$$

10.3.4 Combinazioni di carico

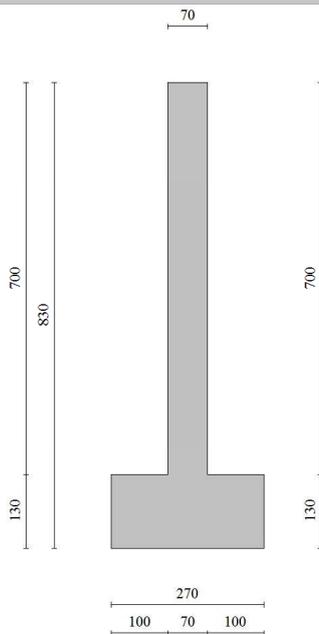
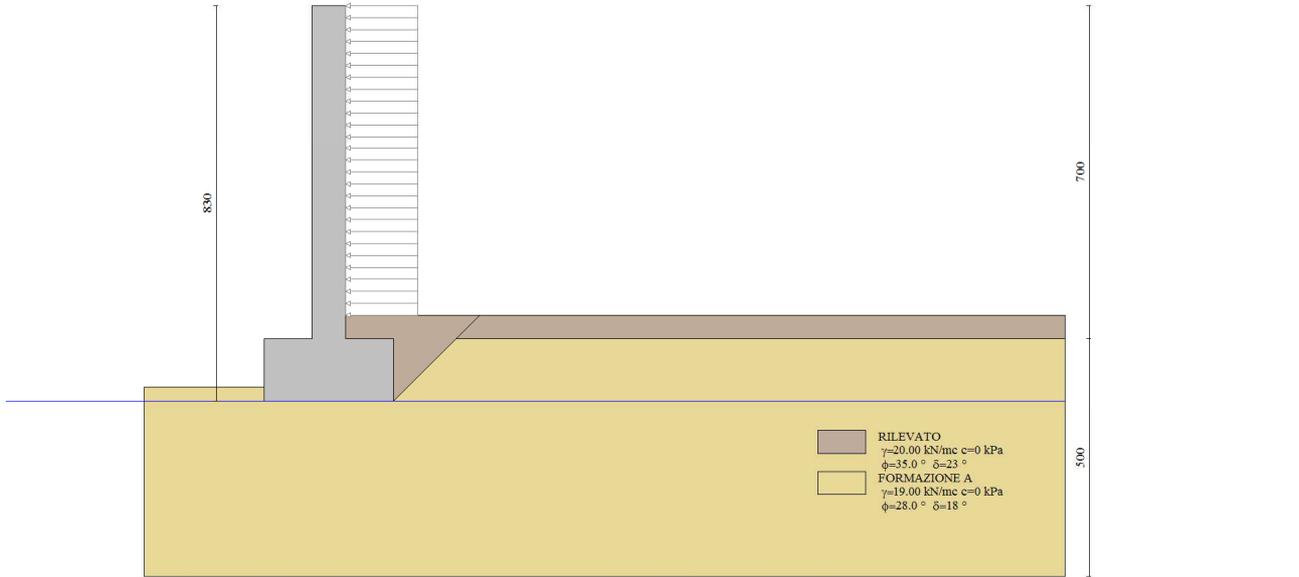
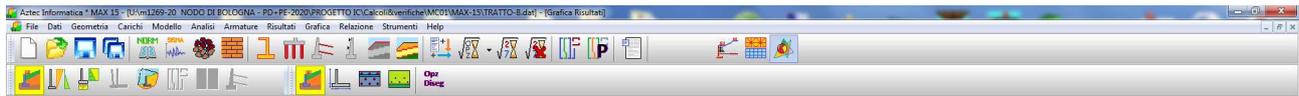
I coefficienti considerati nelle varie combinazioni di carico sono riassunti nella seguente tabella n.10.1.

Combinazione		Coefficienti di combinazione			
		Traffico	Vento	Sisma	Urto
SLE-R	Vento	0.75	1.00	0.00	0.00
	Traffico	1.00	0.60	0.00	0.00
SLE-F	Vento	0.25	0.20	0.00	0.00
	Traffico	0.75	0.00	0.00	0.00
SLE-Q	--	0.25	0.00	0.00	0.00
SLU	Vento	0.75	1.00	0.00	0.00
SLU	Traffico	1.00	0.60	0.00	0.00
SLU	Urto	0.25	0.00	0.00	1.00
SLV	Sisma	0.25	0.00	1.00	0.00

Tabella n. 10.1 – Coefficienti di combinazione

10.4 GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO

Si fa riferimento al modello MAX ed alla sezione tipo di cui al seguito:



Come armatura si dispongono:

Elevazione: 10Φ20 al lembo teso + 10Φ12 al lembo compresso + 5Φ16 a taglio su 3 livelli

Fondazione: 5Φ24 superiori e 5Φ24 inferiori

Per l'elevazione in opera si considera:

- Calcestruzzo: C32/40
- Copriferro: 4cm
- Armatura minima: 0.015% della sezione (min. 5 barre/m)

Per la fondazione si considera:

- Calcestruzzo: C28/35
- Copriferro: 4cm
- Armatura minima: 0.015% della sezione (min. 5 barre/m)

10.5 AZIONI SUI MICROPALI DI FONDAZIONE

Segue tabella n.10.2 di sintesi delle azioni calcolate all'imposta e delle azioni agenti sui singoli micropali di fondazione definite considerando l'effettivo interasse degli stessi; per il calcolo del momento flettente si è fatto ricorso al noto modello di *Matlock&Reese* (1960) considerando:

- $n_h=10'000\text{kPa}$ (costante con la profondità)
- $L=15.40\text{m}$ (lunghezza armatura 16m compresi 60cm di ammarro)
- Plinto impedito di ruotare

Ottenendo i seguenti parametri adimensionali:

$$T = \sqrt[n+4]{\frac{E_p J_p}{n_h}} = 0.79$$

$$Z = 15$$

Da cui il momento massimo in testa ai pali:

$$M_{\max} = 0.707 \cdot V \cdot T$$

$k_{(Matlock)}$	10 000 kPa/m
$n_{(Matlock)}$	0 - (Modulo costante)
Lunghezza palo:	18 m
Diametro palo:	0.24 m
Armatura palo:	168.3/12.5 mm
Interasse long.:	1 m
Interasse trasv.:	2 m

Comb. MAX	BARICENTRO FONDAZIONE				PALI			
	N	V	e	M	N ⁺ _{palo}	N ⁻ _{palo}	V _{palo}	M _{palo}
	(kN/m)	(kN/m)	(m)	(kNm/m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)
26 - SLEF	371	12	0.33	121	246	125	6	3
27 - SLEQ	371	12	0.33	121	246	125	6	3
28 - SLER	371	26	0.51	190	281	91	13	7
29 - SLEF	371	15	0.36	135	253	118	7	4
30 - SLER	371	-1	0.14	53	212	159	-1	0
31 - SLEF	371	10	0.29	108	240	132	5	3
1 - STR (A1-M1-R3)	373	66	0.70	261	317	56	33	18
2 - STR (A1-M1-R3)	373	36	0.60	224	299	74	18	10
3 - STR (A1-M1-R3)	373	-4	0.05	19	196	177	-2	-1
4 - STR (A1-M1-R3)	387	62	0.71	273	330	57	31	17
5 - STR (A1-M1-R3)	362	60	0.76	273	318	44	30	17
6 - STR (A1-M1-R3)	483	66	0.62	298	390	92	33	18
7 - STR (A1-M1-R3)	421	66	0.71	298	359	62	33	18
8 - STR (A1-M1-R3)	435	66	0.60	261	348	87	33	18
9 - STR (A1-M1-R3)	483	36	0.54	260	371	111	18	10
10 - STR (A1-M1-R3)	421	36	0.62	261	341	80	18	10
11 - STR (A1-M1-R3)	435	36	0.52	224	330	105	18	10
12 - STR (A1-M1-R3)	483	-4	0.11	55	269	214	-2	-1
13 - STR (A1-M1-R3)	421	-4	0.13	55	238	183	-2	-1
14 - STR (A1-M1-R3)	435	-4	0.04	19	227	208	-2	-1

Tabella n.10.2 – Azioni nel baricentro della fondazione e sui singoli pali

10.6 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DEI MICROPALI

Si fa riferimento alla curva di portata di cui alla figura n.10.1 nonché alle azioni assiali di cui alla tabella n.10.3 e si verifica che (palo L=18.0m):

$$N_{\max}^+ = 390\text{kN} < 402\text{kN} = N_d^+$$

$$N_{\max}^- = 56\text{kN} > -205\text{kN} = N_d^-$$

STATO TENSIONALE										PORTATA LATERALE						PORTATA DI BASE						PESO PALO				CARICHI LIMITE			A1-M1-R3		
γ (kN/m ³)	z_{sup} (m)	z_{inf} (m)	dz (m)	z_{rit} (m)	σ'_{vo} (kPa)	D (m)	δ (°)	$\tau_{s(comp)}$ (kPa)	$\tau_{s(traz)}$ (kPa)	$Q_{i(comp)}$ (kN)	$Q_{i(traz)}$ (kN)	$Q_{i(toz(comp))}$ (kN)	$Q_{i(toz(traz))}$ (kN)	N_b (kPa)	$q_{b\ cr}$ (kPa)	αE (-)	$q_{b\ cr}$ (kPa)	$q_{b\ cr}$ (kN)	γ'_{cis} (kN)	W'_{cis} (kN)	$W'_{cis-W'_{tr}}$ (kN)	z (m)	$Q_{i\ lim(comp)}$ (kN)	$Q_{i\ lim(traz)}$ (kN)	$Q_{b\ cr}$ (kN)	z (m)	$Q_{d\ traz}$ (kN)	$Q_{d\ comp}$ (kN)			
9.0	0.0	0.5	0.5	0.25	4.5	0.24	28	2	1	1	0	1	0	30	135	1.00	135	8	15	0	0	-0.50	1	0	6	-0.50	0	3			
9.0	0.5	1.0	0.5	0.75	9.0	0.24	28	3	2	1	1	2	1	30	270	1.00	270	12	15	1	0	-1.00	2	1	12	-1.00	1	6			
9.0	1.0	1.5	0.5	1.25	13.5	0.24	28	5	4	2	1	4	3	30	405	1.00	405	18	15	1	0	-1.50	4	3	18	-1.50	2	10			
9.0	1.5	2.0	0.5	1.75	18.0	0.24	28	7	5	3	2	6	5	30	540	1.00	540	24	15	1	1	-2.00	6	5	24	-2.00	3	14			
9.0	2.0	2.5	0.5	2.25	22.5	0.24	28	8	6	3	2	9	7	30	675	1.00	675	31	15	2	1	-2.50	9	7	31	-2.50	4	18			
9.0	2.5	3.0	0.5	2.75	27.0	0.24	28	10	7	4	3	13	9	30	810	1.00	810	37	15	2	1	-3.00	13	9	37	-3.00	5	22			
9.0	3.0	3.5	0.5	3.25	31.5	0.24	28	12	8	4	3	18	13	30	945	1.00	945	43	15	2	1	-3.50	18	13	43	-3.50	7	27			
9.0	3.5	4.0	0.5	3.75	36.0	0.24	28	13	10	5	4	23	16	30	1080	1.00	1080	49	15	3	1	-4.00	23	16	49	-4.00	9	33			
10.0	4.0	4.5	0.5	4.25	41.0	0.24	38	22	16	8	6	31	22	80	3280	0.74	2424	110	15	3	1	-4.50	31	22	110	-4.50	12	64			
10.0	4.5	5.0	0.5	4.75	46.0	0.24	38	25	18	9	7	41	29	80	3680	0.82	3007	136	15	3	1	-5.00	41	29	136	-5.00	15	81			
10.0	5.0	5.5	0.5	5.25	51.0	0.24	38	28	20	11	8	51	37	80	4080	0.90	3653	165	15	4	1	-5.50	51	37	165	-5.50	19	99			
10.0	5.5	6.0	0.5	5.75	56.0	0.24	38	31	22	12	8	63	45	80	4480	0.97	4361	197	15	4	2	-6.00	63	45	197	-6.00	23	120			
10.0	6.0	6.5	0.5	6.25	61.0	0.24	38	33	24	13	9	75	54	80	5000	1.00	5000	226	15	4	2	-6.50	75	54	226	-6.50	28	139			
10.0	6.5	7.0	0.5	6.75	66.0	0.24	38	36	26	14	10	89	64	80	5000	1.00	5000	226	15	5	2	-7.00	89	64	226	-7.00	33	146			
10.0	7.0	7.5	0.5	7.25	71.0	0.24	38	39	28	15	10	104	74	80	5000	0.97	4867	220	15	4	2	-7.50	104	74	220	-7.50	38	151			
10.0	7.5	8.0	0.5	7.75	76.0	0.24	38	42	30	16	11	119	85	80	5000	0.90	4477	203	15	5	2	-8.00	119	85	203	-8.00	43	151			
10.0	8.0	8.5	0.5	8.25	81.0	0.24	38	44	32	17	12	136	97	80	5000	0.82	4086	185	15	5	2	-8.50	136	97	185	-8.50	49	152			
10.0	8.5	9.0	0.5	8.75	86.0	0.24	38	47	34	18	13	154	110	80	5000	0.74	3695	167	15	5	2	-9.00	154	110	167	-9.00	55	153			
9.0	9.0	9.5	0.5	9.25	90.5	0.24	28	34	24	13	9	166	119	30	2715	1.00	2715	123	15	6	2	-9.50	166	119	123	-9.50	60	140			
9.0	9.5	10.0	0.5	9.75	95.0	0.24	28	35	25	13	10	180	128	30	2850	1.00	2850	129	15	6	2	-10.00	180	128	129	-10.00	64	150			
9.0	10.0	10.5	0.5	10.25	99.5	0.24	28	37	26	14	10	194	138	30	2985	1.00	2985	135	15	6	2	-10.50	194	138	135	-10.50	69	160			
9.0	10.5	11.0	0.5	10.75	104.0	0.24	28	39	28	15	10	208	149	30	3120	1.00	3120	141	15	7	3	-11.00	208	149	141	-11.00	75	170			
9.0	11.0	11.5	0.5	11.25	108.5	0.24	28	40	29	15	11	223	160	30	3255	1.00	3255	147	15	7	3	-11.50	223	160	147	-11.50	80	180			
9.0	11.5	12.0	0.5	11.75	113.0	0.24	28	42	30	16	11	239	171	30	3390	1.00	3390	153	15	7	3	-12.00	239	171	153	-12.00	86	191			
9.0	12.0	12.5	0.5	12.25	117.5	0.24	28	44	31	16	12	256	183	30	3525	1.00	3525	159	15	8	3	-12.50	256	183	159	-12.50	92	203			
9.0	12.5	13.0	0.5	12.75	122.0	0.24	28	45	32	17	12	273	195	30	3660	1.00	3660	166	15	8	3	-13.00	273	195	166	-13.00	98	214			
10.0	13.0	13.5	0.5	13.25	127.0	0.24	38	69	50	26	19	299	214	80	5000	0.74	3695	167	15	8	3	-13.50	299	214	167	-13.50	107	229			
10.0	13.5	14.0	0.5	13.75	132.0	0.24	38	72	52	27	19	326	233	80	5000	0.82	4086	185	15	9	3	-14.00	326	233	185	-14.00	116	251			
10.0	14.0	14.5	0.5	14.25	137.0	0.24	38	75	54	28	20	355	253	80	5000	0.90	4477	203	15	9	3	-14.50	355	253	203	-14.50	126	273			
10.0	14.5	15.0	0.5	14.75	142.0	0.24	38	78	55	29	21	384	274	80	5000	0.97	4867	220	15	10	4	-15.00	384	274	220	-15.00	136	297			
10.0	15.0	15.5	0.5	15.25	147.0	0.24	38	80	57	30	22	414	296	80	5000	1.00	5000	226	15	10	4	-15.50	414	296	226	-15.50	147	315			
10.0	15.5	16.0	0.5	15.75	152.0	0.24	38	83	59	31	22	445	318	80	5000	1.00	5000	226	15	10	4	-16.00	445	318	226	-16.00	158	331			
10.0	16.0	16.5	0.5	16.25	157.0	0.24	38	86	61	32	23	478	341	80	5000	1.00	5000	226	15	11	4	-16.50	478	341	226	-16.50	169	348			
10.0	16.5	17.0	0.5	16.75	162.0	0.24	38	89	63	33	24	511	365	80	5000	1.00	5000	226	15	11	4	-17.00	511	365	226	-17.00	181	366			
10.0	17.0	17.5	0.5	17.25	167.0	0.24	38	91	65	34	25	546	390	80	5000	1.00	5000	226	15	11	4	-17.50	546	390	226	-17.50	193	384			
10.0	17.5	18.0	0.5	17.75	172.0	0.24	38	94	67	35	25	581	415	80	5000	1.00	5000	226	15	12	4	-18.00	581	415	226	-18.00	205	402			

Figura n.10.1 – Curva di portata dei micropali

Per il calcolo della portata assiale limite (Q_{lim}) dei micropali si è fatto ricorso al metodo analitico come segue:

$$Q_{lim} = Q_{lim-s} + Q_{lim-b} - \Delta W$$

dove:

Q_{lim} = carico limite del palo

Q_{lim-b} = carico limite di base = $\pi \cdot (D^2/4) \cdot q_b$

D = diametro del palo

q_b = carico limite unitario di base

Q_{lim-s} = carico laterale limite = $\pi \cdot D \cdot \sum_i (q_{s-i} \cdot h_i)$

q_{s-i} = attrito laterale limite

h_i = altezza del concio i^{esimo} in cui viene suddiviso il palo

L = lunghezza del palo = $\sum_i (h_i)$

ΔW = differenza tra il peso del palo ed il peso del terreno

La stima dell'attrito laterale limite (q_{s-i}) si è fatto riferimento alla nota correlazione:

$$q_{s-i} = K \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'_{vo-i} \leq \tau_{lim} = 150 \text{ kPa}$$

dove K può essere assunto pari a 0.7 in compressione e 0.5 in trazione

Per la portata di base si considera:

$$q_{cr} = N_q \cdot \sigma'_{vo} \leq q_{im} = 5.000 \text{ kPa}$$

dove N_q (funzione dell'angolo di attrito) può essere assunto pari a 30 nei materiali argillosi della *formazione A* (limo e argilla) pari a 80 nella *formazione B* (granulare).

La verifica di capacità portante è svolta in accordo a §6.4.3.1 e 7.11.5.3.2 delle NTC-2018 (A1-M1-R3) considerando i seguenti coefficienti parziali (con ovvio significato dei simboli):

$$\xi_3 = 1.65 \text{ (almeno 2 verticali significative)}$$

$$\gamma_b = 1.35$$

$$\gamma_s = 1.15$$

$$\gamma_t = 1.25$$

10.7 VERIFICA STRUTTURALE DEI MICROPALI DI FONDAZIONE

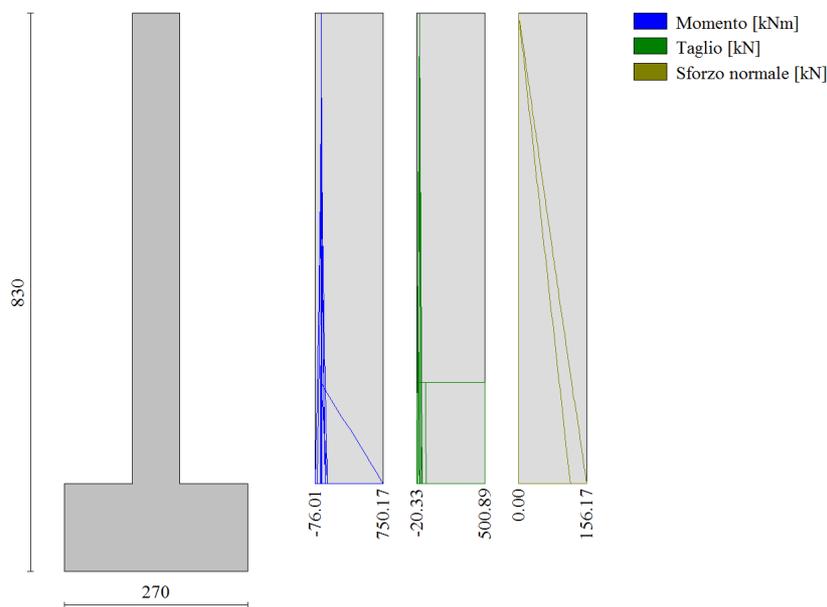
Si verifica l'armatura considerando le azioni massime calcolate nella sezione di testa e riportate in tabella n.10.2; le verifiche sono rispettate:

$$M_{V,N,Rd} = 101 \text{ kNm} \gg 14 \text{ kNm} = M_d$$

COEFFICIENTE PARZIALE SU ACCIAIO (γ_{mo}):	1.05 --		
MODULO ELASTICO (E):	2.1E+8 kPa		
SNERVAMENTO (f_y):	355 MPa		
DIAMETRO ESTERNO (D_e):	168.30 mm		
SPESSORE (s):	12.5 mm		
COEFFICIENTE ϵ :	0.81 CLASSE 1		
PESO (q):	48.0 kg/m		
RAGGIO D'INERZIA (i):	5.53 cm		
AREA (A):	61.18 cm ²		
MOMENTO D'INERZIA (J):	1868.35 cm ⁴		
MODULO RESISTENTE (W):	222.03 cm ³		
MODULO PLASTICO (Wpl):	304.07 cm ³		
AZIONE ASSIALE DI CALCOLO (N_{Ed}) =	260 kN		
AZIONE DI TAGLIO DI CALCOLO (V_{Ed}) =	33 kN		
MOMENTO DI CALCOLO (M_{Ed}) =	18 kNm		
$N_{pl,Rd}$ [kN] =	2069		
$V_{pl,Rd}$ [kN] =	760		
A_v [m ²] =	0.0038950		
$1-p$ [-] =	0.1661		
η [-] =	0.9991		
$M_{pl,Rd}$ [kNm] =	103	FLESSIONE PURA	A
$M_{V,Rd}$ [kNm] =	103	FLESSIONE + TAGLIO	B
$N_{V,Rd}$ [kN] =	2069	AZIONE ASSIALE + TAGLIO	C
$M_{N,Rd}$ [kNm] =	101	PRESSOFLESSIONE	D
$M_{V,N,Rd}$ [kNm] =	101	PRESSOFLESSIONE + TAGLIO	E

10.8 VERIFICA STRUTTURALE DELL'ELEVAZIONE

Segue involuppo della zioni interne calcolate nell'elevazione per le combinazioni considerate.



Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	70	11.31	31.42	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	70	11.31	31.42	0.02	2.23	85.56	12207.34	5471.571
3	100	70	11.31	31.42	0.06	4.46	171.12	12207.34	2735.786
4	100	70	11.31	31.42	0.14	6.69	256.69	12207.34	1823.857
5	100	70	11.31	31.42	0.25	8.92	342.25	12207.34	1367.893
6	100	70	11.31	31.42	0.39	11.16	427.81	12207.34	1094.314
7	100	70	11.31	31.42	0.56	13.39	508.36	12088.18	903.027
8	100	70	11.31	31.42	0.77	15.62	579.13	11803.70	755.808
9	100	70	11.31	31.42	1.00	17.85	646.37	11527.46	645.855
10	100	70	11.31	31.42	1.27	20.08	710.46	11262.64	560.904
11	100	70	11.31	31.42	1.56	22.31	771.67	11009.70	493.477
12	100	70	11.31	31.42	1.89	24.54	829.09	10753.54	438.177
13	100	70	11.31	31.42	2.25	26.77	883.37	10502.79	392.296
14	100	70	11.31	31.42	2.64	29.00	935.18	10263.47	353.868
15	100	70	11.31	31.42	3.06	31.23	984.40	10031.95	321.180
16	100	70	11.31	31.42	3.52	33.47	1029.49	9792.07	292.600
17	100	70	11.31	31.42	4.00	35.70	1072.48	9563.39	267.906
18	100	70	11.31	31.42	4.52	37.93	1113.51	9345.14	246.393
19	100	70	11.31	31.42	5.07	40.16	1152.33	9133.72	227.440
20	100	70	11.31	31.42	5.65	42.39	1187.47	8916.84	210.353
21	100	70	11.31	31.42	6.25	44.62	1220.98	8710.03	195.200
22	100	70	11.31	31.42	6.90	46.85	1252.97	8512.59	181.691
23	100	70	11.31	31.42	7.57	49.08	1283.54	8323.91	169.588
24	100	70	11.31	31.42	8.27	51.31	1311.57	8135.87	158.550
25	100	70	11.31	31.42	9.01	53.55	1337.39	7950.41	148.481

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
26	100	70	11.31	31.42	9.77	55.78	1362.07	7773.23	139.365
27	100	70	11.31	31.42	10.57	58.01	1385.67	7603.76	131.083
28	100	70	11.31	31.42	11.40	60.24	1408.26	7441.53	123.535
29	100	70	11.31	31.42	12.26	62.47	1429.91	7286.08	116.634
30	100	70	11.31	31.42	13.15	64.70	1449.05	7128.97	110.184
31	100	70	11.31	31.42	14.07	66.93	1467.26	6977.95	104.255
32	100	70	11.31	31.42	15.03	69.16	1484.72	6833.21	98.799
33	100	70	11.31	31.42	16.01	71.39	1501.47	6694.34	93.767
34	100	70	11.31	31.42	-17.03	56.63	-1477.43	4913.52	86.759
35	100	70	11.31	31.42	-18.08	58.35	-1448.60	4675.92	80.135
36	100	70	11.31	31.42	-19.16	60.07	-1410.21	4421.94	73.617
37	100	70	11.31	31.42	-20.27	61.78	-1371.75	4181.86	67.686
38	100	70	11.31	31.42	-21.41	63.50	-1337.25	3966.51	62.466
39	100	70	11.31	31.42	-22.58	65.22	-1292.84	3733.88	57.255
40	100	70	11.31	31.42	-23.78	66.93	-1248.20	3512.52	52.479
41	100	70	11.31	31.42	-25.02	68.65	-1208.56	3315.95	48.304
42	100	70	11.31	31.42	-26.29	70.36	-1171.97	3137.12	44.584
43	100	70	11.31	31.42	-27.58	72.08	-1105.52	2888.79	40.078
44	100	70	11.31	31.42	-28.91	73.80	-1048.82	2676.89	36.274
45	100	70	11.31	31.42	-30.27	75.51	-999.87	2493.95	33.027
46	100	70	11.31	31.42	-31.67	77.23	-957.18	2334.42	30.227
47	100	70	11.31	31.42	-33.09	78.94	-919.62	2194.07	27.792
48	100	70	11.31	31.42	-34.54	80.66	-886.33	2069.63	25.658
49	100	70	11.31	31.42	-36.03	82.38	-856.60	1958.56	23.776
50	100	70	11.31	31.42	-37.55	84.09	-829.91	1858.80	22.104
51	100	70	11.31	31.42	-39.09	85.81	-805.80	1768.71	20.612
52	100	70	11.31	31.42	-40.67	87.53	-781.34	1681.40	19.210
53	100	70	11.31	31.42	-42.28	89.24	-755.50	1594.52	17.867
54	100	70	11.31	31.42	-43.93	90.96	-732.20	1516.18	16.669
55	100	70	11.31	31.42	-45.60	92.67	-711.08	1445.17	15.594
56	100	70	11.31	31.42	-47.30	94.39	-691.84	1380.52	14.626
57	100	70	11.31	31.42	-47.30	94.39	-691.84	1380.52	14.626
58	100	70	11.31	31.42	-49.04	96.11	-674.26	1321.41	13.749
59	100	70	11.31	31.42	100.00	97.82	1206.08	1179.82	12.061
60	100	70	11.31	31.42	150.00	99.54	1078.99	716.01	7.193
61	100	70	11.31	31.42	200.00	101.26	1024.99	518.93	5.125
62	100	70	11.31	31.42	250.00	102.97	995.11	409.87	3.980
63	100	70	11.31	31.42	300.00	104.69	975.66	340.47	3.252
64	100	70	11.31	31.42	350.00	106.40	961.30	292.25	2.747
65	100	70	11.31	31.42	400.00	108.12	950.80	257.00	2.377
66	100	70	11.31	31.42	450.00	109.84	942.80	230.12	2.095
67	100	70	11.31	31.42	500.00	111.55	936.49	208.93	1.873
68	100	70	11.31	31.42	541.67	112.98	932.17	194.43	1.721
69	100	70	11.31	31.42	583.35	114.41	928.50	182.11	1.592
70	100	70	11.31	31.42	625.03	115.84	925.34	171.50	1.480
71	100	70	11.31	31.42	666.73	117.27	922.59	162.28	1.384
72	100	70	11.31	31.42	708.44	118.70	920.18	154.18	1.299
73	100	70	11.31	31.42	750.17	120.13	918.05	147.02	1.224

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espresso in [cmq]
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V _{Rd}	resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A _{sw} >0.0) V _{Rd} =min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotgθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	70	0.00	--	0.00	0.00	343.88	0.00	100.000
2	100	70	0.00	--	0.00	0.00	344.13	0.31	1100.325
3	100	70	0.00	--	0.00	0.00	344.37	0.63	550.550
4	100	70	0.00	--	0.00	0.00	344.61	0.94	367.292
5	100	70	0.00	--	0.00	0.00	344.85	1.25	275.663
6	100	70	0.00	--	0.00	0.00	345.10	1.56	220.686
7	100	70	0.00	--	0.00	0.00	345.34	1.88	184.034
8	100	70	0.00	--	0.00	0.00	345.58	2.19	157.854
9	100	70	0.00	--	0.00	0.00	345.83	2.50	138.220
10	100	70	0.00	--	0.00	0.00	346.07	2.81	122.948
11	100	70	0.00	--	0.00	0.00	346.31	3.13	110.731
12	100	70	0.00	--	0.00	0.00	346.55	3.44	100.735
13	100	70	0.00	--	0.00	0.00	346.80	3.75	92.405
14	100	70	0.00	--	0.00	0.00	347.04	4.07	85.357
15	100	70	0.00	--	0.00	0.00	347.28	4.38	79.315

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
16	100	70	0.00	--	0.00	0.00	347.52	4.69	74.079
17	100	70	0.00	--	0.00	0.00	347.77	5.00	69.498
18	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.01	5.32	65.455
19	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.25	5.63	61.862
20	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.50	5.94	58.647
21	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.74	6.25	55.754
22	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.98	6.57	53.136
23	100	70	0.00	--	0.00	0.00	349.22	6.88	50.756
24	100	70	0.00	--	0.00	0.00	349.47	7.19	48.583
25	100	70	0.00	--	0.00	0.00	349.71	7.51	46.591
26	100	70	0.00	--	0.00	0.00	349.95	7.82	44.758
27	100	70	0.00	--	0.00	0.00	350.19	8.13	43.066
28	100	70	0.00	--	0.00	0.00	350.44	8.44	41.500
29	100	70	0.00	--	0.00	0.00	350.68	8.76	40.046
30	100	70	0.00	--	0.00	0.00	350.92	9.07	38.692
31	100	70	0.00	--	0.00	0.00	351.17	9.38	37.428
32	100	70	0.00	--	0.00	0.00	351.41	9.70	36.245
33	100	70	0.00	--	0.00	0.00	351.65	10.01	35.137
34	100	70	0.00	--	0.00	0.00	351.89	10.32	34.096
35	100	70	0.00	--	0.00	0.00	352.14	10.63	33.116
36	100	70	0.00	--	0.00	0.00	352.38	10.95	32.192
37	100	70	0.00	--	0.00	0.00	352.62	11.26	31.319
38	100	70	0.00	--	0.00	0.00	352.86	11.57	30.494
39	100	70	0.00	--	0.00	0.00	353.11	11.88	29.712
40	100	70	0.00	--	0.00	0.00	353.35	12.20	28.970
41	100	70	0.00	--	0.00	0.00	353.59	12.51	28.265
42	100	70	0.00	--	0.00	0.00	353.84	12.82	27.594
43	100	70	0.00	--	0.00	0.00	354.08	13.14	26.956
44	100	70	0.00	--	0.00	0.00	354.32	13.45	26.347
45	100	70	0.00	--	0.00	0.00	354.56	13.76	25.766
46	100	70	0.00	--	0.00	0.00	354.81	14.07	25.210
47	100	70	0.00	--	0.00	0.00	355.05	14.39	24.679
48	100	70	0.00	--	0.00	0.00	355.29	14.70	24.171
49	100	70	0.00	--	0.00	0.00	355.53	15.01	23.683
50	100	70	0.00	--	0.00	0.00	355.78	15.32	23.216
51	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.02	15.64	22.767
52	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.26	15.95	22.336
53	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.51	-16.26	21.921
54	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.75	-16.58	21.522
55	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.99	-16.89	21.138
56	100	70	0.00	--	0.00	0.00	357.23	-17.20	20.768
57	100	70	8.04	2.50	1940.70	541.62	541.62	500.00	1.083
58	100	70	8.04	2.50	1940.96	541.62	541.62	500.00	1.083
59	100	70	8.04	2.50	1941.21	541.62	541.62	500.00	1.083
60	100	70	8.04	2.50	1941.46	541.62	541.62	500.00	1.083
61	100	70	8.04	2.50	1941.71	541.62	541.62	500.00	1.083
62	100	70	8.04	2.50	1941.96	541.62	541.62	500.00	1.083
63	100	70	8.04	2.50	1942.21	541.62	541.62	500.00	1.083
64	100	70	8.04	2.50	1942.46	541.62	541.62	500.00	1.083
65	100	70	8.04	2.50	1942.71	541.62	541.62	500.00	1.083
66	100	70	8.04	2.50	1942.96	541.62	541.62	500.00	1.083
67	100	70	8.04	2.50	1943.21	541.62	541.62	500.00	1.083
68	100	70	8.04	2.50	1943.42	541.62	541.62	500.07	1.083
69	100	70	8.04	2.50	1943.63	541.62	541.62	500.17	1.083
70	100	70	8.04	2.50	1943.84	541.62	541.62	500.30	1.083
71	100	70	8.04	2.50	1944.05	541.62	541.62	500.47	1.082
72	100	70	8.04	2.50	1944.26	541.62	541.62	500.66	1.082
73	100	70	8.04	2.50	1944.47	541.62	541.62	500.89	1.081

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _f	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
A _{eff}	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
M _{pf}	momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
ε	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
2	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
3	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
4	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
5	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
6	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
7	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
8	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
9	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
10	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
11	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
12	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
13	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
14	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
15	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
16	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
17	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
18	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
19	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
20	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
21	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
22	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
23	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
24	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
25	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
26	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
27	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
28	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
29	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
30	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
31	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
32	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
33	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
34	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
35	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
36	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
37	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
38	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
39	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
40	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
41	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
42	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
43	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
44	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
45	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
46	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
47	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
48	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
49	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
50	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
51	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
52	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
53	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
54	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
55	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
56	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
57	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
58	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
59	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
60	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
61	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (26)
62	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
63	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
64	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
65	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
66	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
67	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (26)
68	100	70	31.42	1250.00	0.00	327.78	0.000000	0.00	0.000 (26)
69	100	70	31.42	1250.00	0.01	327.97	0.000000	0.00	0.000 (26)
70	100	70	31.42	1250.00	0.03	328.14	0.000000	0.00	0.000 (26)
71	100	70	31.42	1250.00	0.06	328.30	0.000000	0.00	0.000 (26)
72	100	70	31.42	1250.00	0.11	328.49	0.000000	0.00	0.000 (26)
73	100	70	31.42	1250.00	0.17	328.65	0.000000	0.00	0.000 (26)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
2	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
3	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
4	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
5	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
6	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
7	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
8	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
9	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
10	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
11	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
12	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
13	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
14	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
15	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
16	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
17	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
18	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
19	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
20	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
21	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
22	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
23	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
24	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
25	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
26	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
27	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
28	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
29	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
30	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
31	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
32	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
33	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
34	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
35	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
36	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
37	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
38	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
39	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
40	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
41	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
42	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
43	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
44	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
45	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
46	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
47	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
48	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
49	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
50	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
51	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
52	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
53	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
54	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
55	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
56	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
57	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
58	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
59	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
60	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
61	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
62	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
63	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
64	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
65	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
66	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
67	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
68	100	70	31.42	1250.00	0.00	327.78	0.000000	0.00	0.000 (27)
69	100	70	31.42	1250.00	0.01	327.97	0.000000	0.00	0.000 (27)
70	100	70	31.42	1250.00	0.03	328.14	0.000000	0.00	0.000 (27)
71	100	70	31.42	1250.00	0.06	328.30	0.000000	0.00	0.000 (27)
72	100	70	31.42	1250.00	0.11	328.49	0.000000	0.00	0.000 (27)
73	100	70	31.42	1250.00	0.17	328.65	0.000000	0.00	0.000 (27)

10.9 VERIFICA STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE

Con riferimento alle azioni assiali di cui alla tabella n.10.2 ed alle geometrie di cui alla carpenteria del muro si verifica una sezione collaborante di larghezza (L) pari a (si considera l'incastro a ¼ dello spessore dell'elevazione):

$$b = 0.6\text{m} + (0.7\text{m}/4) = 0.775\text{m}$$

$$L = 2 \times b = 1.55\text{m} > 1.00\text{m} \text{ (interasse long.)} \rightarrow 100\text{m}$$

da cui (si considera l'azione sul palo più caricato):

$$L = \text{larghezza sezione} = 1.00\text{m}$$

$$H = \text{altezza sezione} = 1.30\text{m}$$

$$M_d = 390\text{kN} \times 0.775\text{m} = 302\text{kNm}$$

$$V_d = 390\text{kN}$$

Si dispongono **Ø24/20 inferiori e superiori**. Segue tabulato di verifica a pressoflessione e taglio della sezione.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: Fondazione

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a 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:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	130.0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Barre superiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	302.00	390.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	17.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
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 in travi continue [formula (4.1.1)NTC]									
N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	302.00			3.414	107.8	0.18	0.70	22.6 (20.7)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione						
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)						
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 compressione)						
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max	
1	0.00043	130.0	0.00031	123.8	-0.00196	6.2	

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata						
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)						
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]						
d	Altezza utile sezione [cm]						
bw	Larghezza minima sezione [cm]						
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]						
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]						
N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	390.00	393.95	123.8	100.0	0.0018	0.00

11 ALLEGATO 1 – TABULATO TRATTO C

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R_{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24.5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk} [kPa]	f_{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	-6.50	0.000
2	15.00	-6.50	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-10.00	-8.30	0.000
2	15.00	-8.30	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	1.00	[m]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	7.00	[m]
Altezza paramento libero	8.00	[m]
Spessore in sommità	0.70	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.70	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]
<u>Fondazione</u>		
Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	1.00	[m]
Lunghezza mensola di monte	1.00	[m]
Lunghezza totale	2.70	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	1.30	[m]
Spessore magrone	0.00	[m]

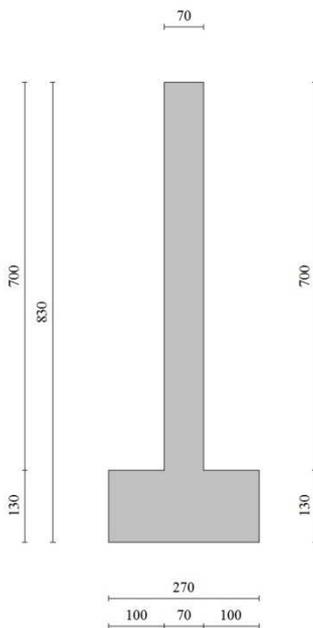


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]
1	RILEVATO	20.0000	20.0000	35.0000	23.0000	0
2	FORMAZIONE A	19.0000	19.0000	28.0000	18.0000	0

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato

n°	H [m]	α [°]	Terreno
1	7.00	0.000	RILEVATO
2	5.00	0.000	FORMAZIONE A

Terreno di riempimento: RILEVATO
Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 45.00 [°]

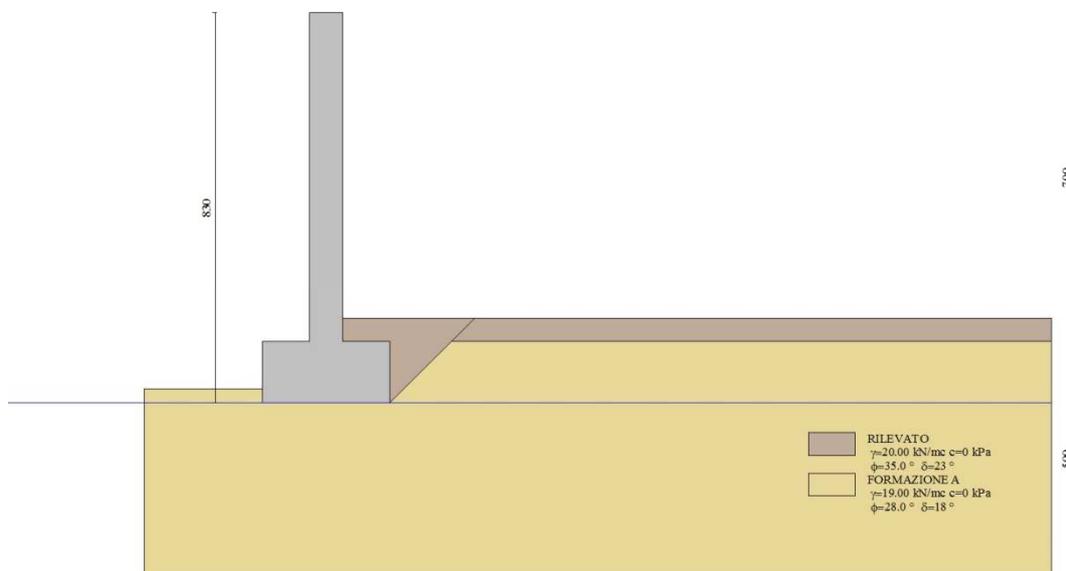


Fig. 2 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Urto - STR) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	0.00; -5.50	500.0000	0.0000	0.0000				

Condizione n° 2 (Urto - Geotecnica) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.00 - \Psi_1=0.00 - \Psi_2=0.00$

Indice di raggruppamento 1

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	0.00; -5.50	33.3300	0.0000	0.0000				

Condizione n° 3 (Vento da interno) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Indice di raggruppamento 2

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito	Paramento					-6.50	0.00	2.0850	2.0850

Condizione n° 4 (Vento da esterno) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

Indice di raggruppamento 3

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito	Paramento					-6.50	0.00	-2.0850	-2.0850

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche			
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{O, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{O, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{OT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{OT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali Ad:

$$G_1 + G_2 + A_d + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili, per i valori dei coeff. γ_G e γ_{Qr} sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Urto - Geotecnica	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da interno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da esterno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Urto - Geotecnica	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Urto - Geotecnica	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Urto - Geotecnica	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da interno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da interno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da interno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da esterno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da esterno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da esterno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Urto - Geotecnica	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Vento da interno	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Vento da esterno	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 20 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Urto - Geotecnica	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 21 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da interno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 22 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Vento da esterno	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 23 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 24 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 25 - ECC

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Urto - STR	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 26 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 27 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 28 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Vento da interno	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 29 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Vento da interno	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 30 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Vento da esterno	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 31 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Vento da esterno	1.00	0.20	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	
Provincia	
Regione	
Latitudine	44.532638
Longitudine	11.334918
Indice punti di interpolazione	16730 - 16731 - 16509 - 16508
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_0	[m/s ²]	2.087	0.846
Accelerazione al suolo	a_d/g	[%]	0.213	0.086
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.436	2.479
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.305	0.285
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.389
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	11.229	5.614
Ultimo - Ribaltamento	0.570	16.843	8.421
Esercizio	0.470	6.078	3.039

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00

Condizioni ambientali	Aggressive
Armatura ad aderenza migliorata	SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.30$$

$$w_3=0.40$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 f_{ck}	0.80 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.45 f_{ck}	1.00 f_{yk}

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C _x , C _y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P _x , P _y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
4	Spinta statica	13.27	23.00	12.21	5.18	1.00	-7.67
	Incremento di spinta sismica		9.47	8.71	3.70	1.00	-7.40
	Peso/Inerzia muro			23.15	206.19/11.58	-0.35	-5.23
	Peso/Inerzia terrapieno			1.12	10.00/0.56	0.50	-6.75
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			16.84	150.00	-1.21	-3.76
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00

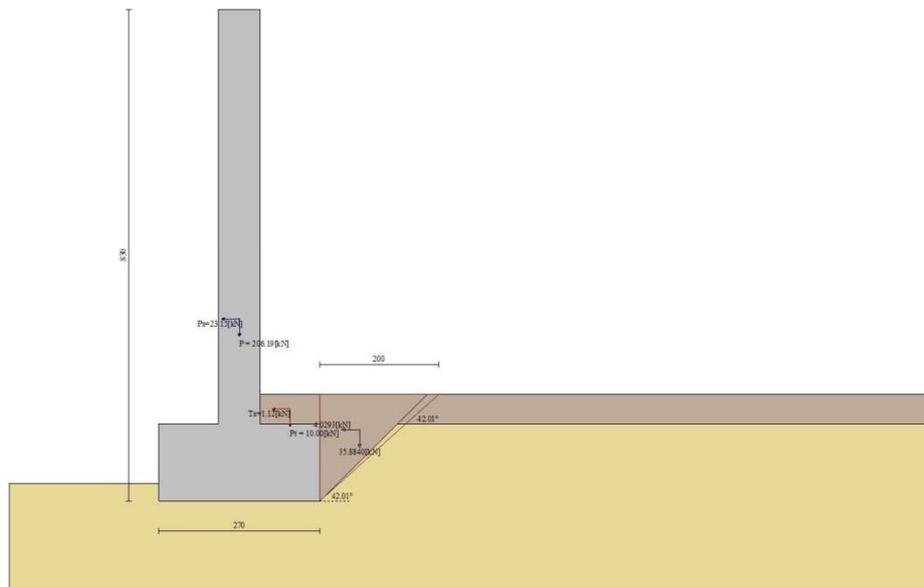


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 4)

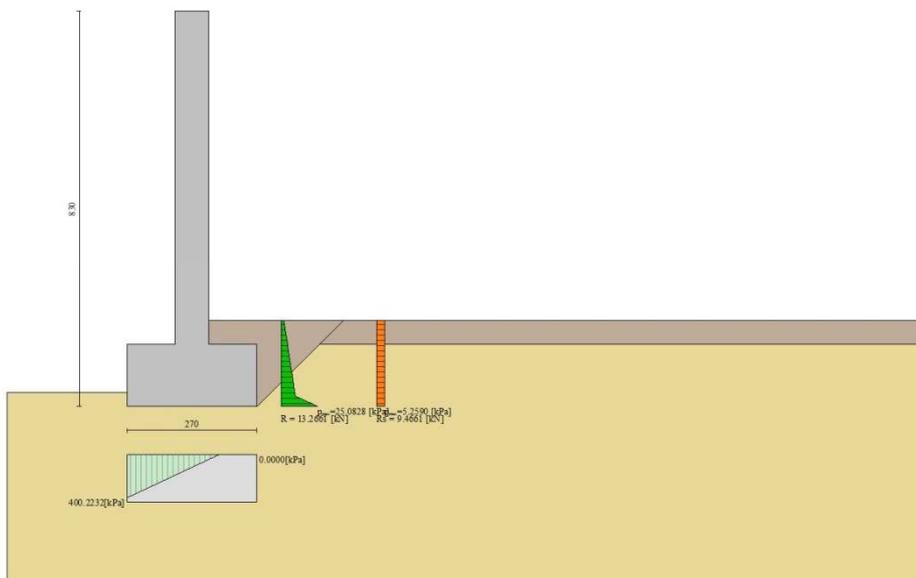


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 4)

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M _r	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M _r [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	372.93	65.87	149.91	391.88	0.701
2 - STR (A1-M1-R3)	372.93	36.20	112.59	391.88	0.601
3 - STR (A1-M1-R3)	372.93	-4.45	9.93	494.54	0.051
4 - STR (A1-M1-R3)	387.21	62.04	164.79	414.53	0.705
5 - STR (A1-M1-R3)	362.16	60.23	180.02	395.59	0.755
6 - STR (A1-M1-R3)	482.78	65.87	149.91	503.99	0.617
7 - STR (A1-M1-R3)	420.93	65.87	149.91	420.48	0.707
8 - STR (A1-M1-R3)	434.78	65.87	149.91	475.39	0.601
9 - STR (A1-M1-R3)	482.78	36.20	112.59	503.99	0.539
10 - STR (A1-M1-R3)	420.93	36.20	112.59	420.48	0.619
11 - STR (A1-M1-R3)	434.78	36.20	112.59	475.39	0.516
12 - STR (A1-M1-R3)	482.78	-4.45	9.93	606.65	0.114
13 - STR (A1-M1-R3)	420.93	-4.45	9.93	523.14	0.131
14 - STR (A1-M1-R3)	434.78	-4.45	9.93	578.05	0.043
15 - GEO (A2-M2-R2)	372.93	63.19	130.87	391.90	0.650
16 - GEO (A2-M2-R2)	372.93	37.48	98.52	391.90	0.563
17 - GEO (A2-M2-R2)	372.93	2.25	9.54	480.87	0.086
18 - GEO (A2-M2-R2)	387.21	62.04	164.79	414.53	0.705
19 - GEO (A2-M2-R2)	362.16	60.23	180.02	395.59	0.755
20 - EQU (A1-M1-R3)	372.93	65.87	149.91	391.88	0.701
21 - EQU (A1-M1-R3)	372.93	36.20	112.59	391.88	0.601
22 - EQU (A1-M1-R3)	372.93	-4.45	9.93	494.54	0.051
23 - EQU (A1-M1-R3)	394.27	84.95	241.55	425.65	0.883
24 - EQU (A1-M1-R3)	356.69	82.20	264.37	397.21	0.978
25 - ECC	371.37	512.21	1407.64	387.68	4.096
26 - SLEF	371.37	12.21	7.64	387.68	0.327
27 - SLEQ	371.37	12.21	7.64	387.68	0.327
28 - SLER	371.37	25.76	76.08	387.68	0.511
29 - SLEF	371.37	14.92	21.32	387.68	0.363
30 - SLER	371.37	-1.34	7.64	456.12	0.142
31 - SLEF	371.37	9.50	7.64	401.37	0.290

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.72	2.23	-0.31	0.31	-0.02	0.02
3	-0.20	3.43	4.46	-0.63	0.63	-0.06	0.06
4	-0.30	5.15	6.69	-0.94	0.94	-0.14	0.14
5	-0.40	6.86	8.92	-1.25	1.25	-0.25	0.25
6	-0.50	8.58	11.16	-1.56	1.56	-0.39	0.39
7	-0.60	10.30	13.39	-1.88	1.88	-0.56	0.56
8	-0.70	12.01	15.62	-2.19	2.19	-0.77	0.77
9	-0.80	13.73	17.85	-2.50	2.50	-1.00	1.00
10	-0.90	15.45	20.08	-2.81	2.81	-1.27	1.27
11	-1.00	17.16	22.31	-3.13	3.13	-1.56	1.56
12	-1.10	18.88	24.54	-3.44	3.44	-1.89	1.89
13	-1.20	20.59	26.77	-3.75	3.75	-2.25	2.25
14	-1.30	22.31	29.00	-4.07	4.07	-2.64	2.64
15	-1.40	24.03	31.23	-4.38	4.38	-3.06	3.06
16	-1.50	25.74	33.47	-4.69	4.69	-3.52	3.52
17	-1.60	27.46	35.70	-5.00	5.00	-4.00	4.00
18	-1.70	29.18	37.93	-5.32	5.32	-4.52	4.52
19	-1.80	30.89	40.16	-5.63	5.63	-5.07	5.07
20	-1.90	32.61	42.39	-5.94	5.94	-5.65	5.65
21	-2.00	34.32	44.62	-6.25	6.25	-6.25	6.25
22	-2.10	36.04	46.85	-6.57	6.57	-6.90	6.90
23	-2.20	37.76	49.08	-6.88	6.88	-7.57	7.57
24	-2.30	39.47	51.31	-7.19	7.19	-8.27	8.27
25	-2.40	41.19	53.55	-7.51	7.51	-9.01	9.01
26	-2.50	42.90	55.78	-7.82	7.82	-9.77	9.77
27	-2.60	44.62	58.01	-8.13	8.13	-10.57	10.57
28	-2.70	46.34	60.24	-8.44	8.44	-11.40	11.40
29	-2.80	48.05	62.47	-8.76	8.76	-12.26	12.26
30	-2.90	49.77	64.70	-9.07	9.07	-13.15	13.15
31	-3.00	51.49	66.93	-9.38	9.38	-14.07	14.07
32	-3.10	53.20	69.16	-9.70	9.70	-15.03	15.03
33	-3.20	54.92	71.39	-10.01	10.01	-16.01	16.01
34	-3.30	56.63	73.62	-10.32	10.32	-17.03	17.03
35	-3.40	58.35	75.86	-10.63	10.63	-18.08	18.08
36	-3.50	60.07	78.09	-10.95	10.95	-19.16	19.16
37	-3.60	61.78	80.32	-11.26	11.26	-20.27	20.27
38	-3.70	63.50	82.55	-11.57	11.57	-21.41	21.41
39	-3.80	65.22	84.78	-11.88	11.88	-22.58	22.58
40	-3.90	66.93	87.01	-12.20	12.20	-23.78	23.78
41	-4.00	68.65	89.24	-12.51	12.51	-25.02	25.02
42	-4.10	70.36	91.47	-12.82	12.82	-26.29	26.29
43	-4.20	72.08	93.70	-13.14	13.14	-27.58	27.58
44	-4.30	73.80	95.94	-13.45	13.45	-28.91	28.91
45	-4.40	75.51	98.17	-13.76	13.76	-30.27	30.27
46	-4.50	77.23	100.40	-14.07	14.07	-31.67	31.67
47	-4.60	78.94	102.63	-14.39	14.39	-33.09	33.09
48	-4.70	80.66	104.86	-14.70	14.70	-34.54	34.54
49	-4.80	82.38	107.09	-15.01	15.01	-36.03	36.03
50	-4.90	84.09	109.32	-15.32	15.32	-37.55	37.55
51	-5.00	85.81	111.55	-15.64	15.64	-39.09	39.09
52	-5.10	87.53	113.78	-15.95	15.95	-40.67	40.67
53	-5.20	89.24	116.01	-16.26	16.26	-42.28	42.28
54	-5.30	90.96	118.25	-16.58	16.58	-43.93	43.93
55	-5.40	92.67	120.48	-16.89	16.89	-45.60	45.60
56	-5.50	94.39	122.71	-17.20	17.20	-47.30	47.30
57	-5.50	94.39	122.71	-17.20	500.00	-47.30	47.30
58	-5.60	96.11	124.94	-17.51	500.00	-49.04	50.00
59	-5.70	97.82	127.17	-17.83	500.00	-50.81	100.00
60	-5.80	99.54	129.40	-18.14	500.00	-52.60	150.00
61	-5.90	101.26	131.63	-18.45	500.00	-54.43	200.00
62	-6.00	102.97	133.86	-18.77	500.00	-56.30	250.00
63	-6.10	104.69	136.09	-19.08	500.00	-58.19	300.00
64	-6.20	106.40	138.32	-19.39	500.00	-60.11	350.00
65	-6.30	108.12	140.56	-19.70	500.00	-62.07	400.00
66	-6.40	109.84	142.79	-20.02	500.00	-64.05	450.00
67	-6.50	111.55	145.02	-20.33	500.00	-66.07	500.00
68	-6.58	112.98	146.88	-20.24	500.07	-67.76	541.67
69	-6.67	114.41	148.74	-20.11	500.17	-69.44	583.35
70	-6.75	115.84	150.60	-19.93	500.30	-71.11	625.03
71	-6.83	117.27	152.45	-19.72	500.47	-72.76	666.73
72	-6.92	118.70	154.31	-19.47	500.66	-74.39	708.44
73	-7.00	120.13	156.17	-19.18	500.89	-76.01	750.17

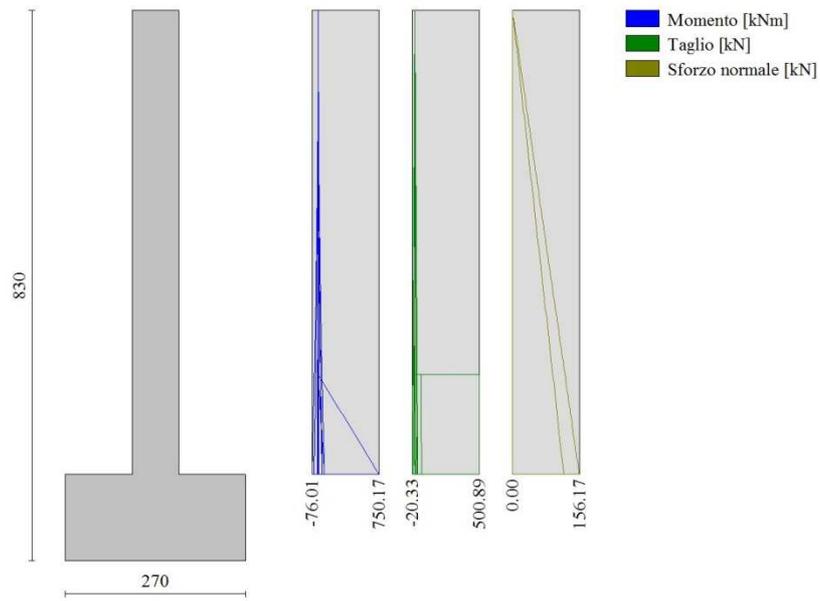


Fig. 6 - Paramento

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzio normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espresso in [kNm]
Nu	sforzio normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	70	11.31	31.42	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	70	11.31	31.42	0.02	2.23	85.56	12207.34	5471.571
3	100	70	11.31	31.42	0.06	4.46	171.12	12207.34	2735.786
4	100	70	11.31	31.42	0.14	6.69	256.69	12207.34	1823.857
5	100	70	11.31	31.42	0.25	8.92	342.25	12207.34	1367.893
6	100	70	11.31	31.42	0.39	11.16	427.81	12207.34	1094.314
7	100	70	11.31	31.42	0.56	13.39	508.36	12088.18	903.027
8	100	70	11.31	31.42	0.77	15.62	579.13	11803.70	755.808
9	100	70	11.31	31.42	1.00	17.85	646.37	11527.46	645.855
10	100	70	11.31	31.42	1.27	20.08	710.46	11262.64	560.904
11	100	70	11.31	31.42	1.56	22.31	771.67	11009.70	493.477
12	100	70	11.31	31.42	1.89	24.54	829.09	10753.54	438.177
13	100	70	11.31	31.42	2.25	26.77	883.37	10502.79	392.296
14	100	70	11.31	31.42	2.64	29.00	935.18	10263.47	353.868
15	100	70	11.31	31.42	3.06	31.23	984.40	10031.95	321.180
16	100	70	11.31	31.42	3.52	33.47	1029.49	9792.07	292.600
17	100	70	11.31	31.42	4.00	35.70	1072.48	9563.39	267.906
18	100	70	11.31	31.42	4.52	37.93	1113.51	9345.14	246.393
19	100	70	11.31	31.42	5.07	40.16	1152.33	9133.72	227.440
20	100	70	11.31	31.42	5.65	42.39	1187.47	8916.84	210.353
21	100	70	11.31	31.42	6.25	44.62	1220.98	8710.03	195.200
22	100	70	11.31	31.42	6.90	46.85	1252.97	8512.59	181.691
23	100	70	11.31	31.42	7.57	49.08	1283.54	8323.91	169.588
24	100	70	11.31	31.42	8.27	51.31	1311.57	8135.87	158.550
25	100	70	11.31	31.42	9.01	53.55	1337.39	7950.41	148.481
26	100	70	11.31	31.42	9.77	55.78	1362.07	7773.23	139.365
27	100	70	11.31	31.42	10.57	58.01	1385.67	7603.76	131.083
28	100	70	11.31	31.42	11.40	60.24	1408.26	7441.53	123.535
29	100	70	11.31	31.42	12.26	62.47	1429.91	7286.08	116.634
30	100	70	11.31	31.42	13.15	64.70	1449.05	7128.97	110.184
31	100	70	11.31	31.42	14.07	66.93	1467.26	6977.95	104.255
32	100	70	11.31	31.42	15.03	69.16	1484.72	6833.21	98.799
33	100	70	11.31	31.42	16.01	71.39	1501.47	6694.34	93.767
34	100	70	11.31	31.42	-17.03	56.63	-1477.43	4913.52	86.759
35	100	70	11.31	31.42	-18.08	58.35	-1448.60	4675.92	80.135
36	100	70	11.31	31.42	-19.16	60.07	-1410.21	4421.94	73.617
37	100	70	11.31	31.42	-20.27	61.78	-1371.75	4181.86	67.686
38	100	70	11.31	31.42	-21.41	63.50	-1337.25	3966.51	62.466
39	100	70	11.31	31.42	-22.58	65.22	-1292.84	3733.88	57.255
40	100	70	11.31	31.42	-23.78	66.93	-1248.20	3512.52	52.479
41	100	70	11.31	31.42	-25.02	68.65	-1208.56	3315.95	48.304
42	100	70	11.31	31.42	-26.29	70.36	-1171.97	3137.12	44.584
43	100	70	11.31	31.42	-27.58	72.08	-1105.52	2888.79	40.078
44	100	70	11.31	31.42	-28.91	73.80	-1048.82	2676.89	36.274
45	100	70	11.31	31.42	-30.27	75.51	-999.87	2493.95	33.027
46	100	70	11.31	31.42	-31.67	77.23	-957.18	2334.42	30.227
47	100	70	11.31	31.42	-33.09	78.94	-919.62	2194.07	27.792
48	100	70	11.31	31.42	-34.54	80.66	-886.33	2069.63	25.658
49	100	70	11.31	31.42	-36.03	82.38	-856.60	1958.56	23.776
50	100	70	11.31	31.42	-37.55	84.09	-829.91	1858.80	22.104
51	100	70	11.31	31.42	-39.09	85.81	-805.80	1768.71	20.612
52	100	70	11.31	31.42	-40.67	87.53	-781.34	1681.40	19.210
53	100	70	11.31	31.42	-42.28	89.24	-755.50	1594.52	17.867
54	100	70	11.31	31.42	-43.93	90.96	-732.20	1516.18	16.669
55	100	70	11.31	31.42	-45.60	92.67	-711.08	1445.17	15.594
56	100	70	11.31	31.42	-47.30	94.39	-691.84	1380.52	14.626
57	100	70	11.31	31.42	-47.30	94.39	-691.84	1380.52	14.626
58	100	70	11.31	31.42	-49.04	96.11	-674.26	1321.41	13.749
59	100	70	11.31	31.42	100.00	97.82	1206.08	1179.82	12.061
60	100	70	11.31	31.42	150.00	99.54	1078.99	716.01	7.193
61	100	70	11.31	31.42	200.00	101.26	1024.99	518.93	5.125
62	100	70	11.31	31.42	250.00	102.97	995.11	409.87	3.980

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
63	100	70	11.31	31.42	300.00	104.69	975.66	340.47	3.252
64	100	70	11.31	31.42	350.00	106.40	961.30	292.25	2.747
65	100	70	11.31	31.42	400.00	108.12	950.80	257.00	2.377
66	100	70	11.31	31.42	450.00	109.84	942.80	230.12	2.095
67	100	70	11.31	31.42	500.00	111.55	936.49	208.93	1.873
68	100	70	11.31	31.42	541.67	112.98	932.17	194.43	1.721
69	100	70	11.31	31.42	583.35	114.41	928.50	182.11	1.592
70	100	70	11.31	31.42	625.03	115.84	925.34	171.50	1.480
71	100	70	11.31	31.42	666.73	117.27	922.59	162.28	1.384
72	100	70	11.31	31.42	708.44	118.70	920.18	154.18	1.299
73	100	70	11.31	31.42	750.17	120.13	918.05	147.02	1.224

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espresso in [cmq]
cotθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V _{Rd}	resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A _{sw} >0.0) V _{Rd} =min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	70	0.00	--	0.00	0.00	343.88	0.00	100.000
2	100	70	0.00	--	0.00	0.00	344.13	0.31	1100.325
3	100	70	0.00	--	0.00	0.00	344.37	0.63	550.550
4	100	70	0.00	--	0.00	0.00	344.61	0.94	367.292
5	100	70	0.00	--	0.00	0.00	344.85	1.25	275.663
6	100	70	0.00	--	0.00	0.00	345.10	1.56	220.686
7	100	70	0.00	--	0.00	0.00	345.34	1.88	184.034
8	100	70	0.00	--	0.00	0.00	345.58	2.19	157.854
9	100	70	0.00	--	0.00	0.00	345.83	2.50	138.220
10	100	70	0.00	--	0.00	0.00	346.07	2.81	122.948
11	100	70	0.00	--	0.00	0.00	346.31	3.13	110.731
12	100	70	0.00	--	0.00	0.00	346.55	3.44	100.735
13	100	70	0.00	--	0.00	0.00	346.80	3.75	92.405
14	100	70	0.00	--	0.00	0.00	347.04	4.07	85.357
15	100	70	0.00	--	0.00	0.00	347.28	4.38	79.315
16	100	70	0.00	--	0.00	0.00	347.52	4.69	74.079
17	100	70	0.00	--	0.00	0.00	347.77	5.00	69.498
18	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.01	5.32	65.455
19	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.25	5.63	61.862
20	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.50	5.94	58.647
21	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.74	6.25	55.754
22	100	70	0.00	--	0.00	0.00	348.98	6.57	53.136
23	100	70	0.00	--	0.00	0.00	349.22	6.88	50.756
24	100	70	0.00	--	0.00	0.00	349.47	7.19	48.583
25	100	70	0.00	--	0.00	0.00	349.71	7.51	46.591
26	100	70	0.00	--	0.00	0.00	349.95	7.82	44.758
27	100	70	0.00	--	0.00	0.00	350.19	8.13	43.066
28	100	70	0.00	--	0.00	0.00	350.44	8.44	41.500
29	100	70	0.00	--	0.00	0.00	350.68	8.76	40.046
30	100	70	0.00	--	0.00	0.00	350.92	9.07	38.692
31	100	70	0.00	--	0.00	0.00	351.17	9.38	37.428
32	100	70	0.00	--	0.00	0.00	351.41	9.70	36.245
33	100	70	0.00	--	0.00	0.00	351.65	10.01	35.137
34	100	70	0.00	--	0.00	0.00	351.89	10.32	34.096
35	100	70	0.00	--	0.00	0.00	352.14	10.63	33.116
36	100	70	0.00	--	0.00	0.00	352.38	10.95	32.192
37	100	70	0.00	--	0.00	0.00	352.62	11.26	31.319
38	100	70	0.00	--	0.00	0.00	352.86	11.57	30.494
39	100	70	0.00	--	0.00	0.00	353.11	11.88	29.712
40	100	70	0.00	--	0.00	0.00	353.35	12.20	28.970
41	100	70	0.00	--	0.00	0.00	353.59	12.51	28.265
42	100	70	0.00	--	0.00	0.00	353.84	12.82	27.594
43	100	70	0.00	--	0.00	0.00	354.08	13.14	26.956
44	100	70	0.00	--	0.00	0.00	354.32	13.45	26.347
45	100	70	0.00	--	0.00	0.00	354.56	13.76	25.766
46	100	70	0.00	--	0.00	0.00	354.81	14.07	25.210
47	100	70	0.00	--	0.00	0.00	355.05	14.39	24.679
48	100	70	0.00	--	0.00	0.00	355.29	14.70	24.171
49	100	70	0.00	--	0.00	0.00	355.53	15.01	23.683
50	100	70	0.00	--	0.00	0.00	355.78	15.32	23.216
51	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.02	15.64	22.767
52	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.26	15.95	22.336

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
53	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.51	-16.26	21.921
54	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.75	-16.58	21.522
55	100	70	0.00	--	0.00	0.00	356.99	-16.89	21.138
56	100	70	0.00	--	0.00	0.00	357.23	-17.20	20.768
57	100	70	8.04	2.50	1940.70	541.62	541.62	500.00	1.083
58	100	70	8.04	2.50	1940.96	541.62	541.62	500.00	1.083
59	100	70	8.04	2.50	1941.21	541.62	541.62	500.00	1.083
60	100	70	8.04	2.50	1941.46	541.62	541.62	500.00	1.083
61	100	70	8.04	2.50	1941.71	541.62	541.62	500.00	1.083
62	100	70	8.04	2.50	1941.96	541.62	541.62	500.00	1.083
63	100	70	8.04	2.50	1942.21	541.62	541.62	500.00	1.083
64	100	70	8.04	2.50	1942.46	541.62	541.62	500.00	1.083
65	100	70	8.04	2.50	1942.71	541.62	541.62	500.00	1.083
66	100	70	8.04	2.50	1942.96	541.62	541.62	500.00	1.083
67	100	70	8.04	2.50	1943.21	541.62	541.62	500.00	1.083
68	100	70	8.04	2.50	1943.42	541.62	541.62	500.07	1.083
69	100	70	8.04	2.50	1943.63	541.62	541.62	500.17	1.083
70	100	70	8.04	2.50	1943.84	541.62	541.62	500.30	1.083
71	100	70	8.04	2.50	1944.05	541.62	541.62	500.47	1.082
72	100	70	8.04	2.50	1944.26	541.62	541.62	500.66	1.082
73	100	70	8.04	2.50	1944.47	541.62	541.62	500.89	1.081

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _f	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
A _{eff}	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
M _{pf}	momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
ε	deformazione espresso in %
S _m	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure w_{lim}=0.30

n°	B [cm]	H [cm]	A _f [cmq]	A _{eff} [cmq]	M [kNm]	M _{pf} [kNm]	ε [%]	S _m [mm]	w [mm]
1	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
2	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
3	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
4	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
5	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
6	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
7	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
8	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
9	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
10	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
11	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
12	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
13	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
14	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
15	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
16	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
17	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
18	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
19	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
20	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
21	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
22	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
23	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
24	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
25	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
26	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
27	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
28	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
29	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
30	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
31	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
32	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
33	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
34	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
35	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
36	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
37	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
38	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
39	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
40	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
41	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
42	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
43	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
44	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
45	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
46	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
47	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
48	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
49	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
50	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
51	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
52	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
53	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
54	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
55	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
56	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
57	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
58	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
59	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
60	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
61	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (26)
62	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
63	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
64	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
65	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
66	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
67	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (26)
68	100	70	31.42	1250.00	0.00	327.78	0.000000	0.00	0.00 (26)
69	100	70	31.42	1250.00	0.01	327.97	0.000000	0.00	0.00 (26)
70	100	70	31.42	1250.00	0.03	328.14	0.000000	0.00	0.00 (26)
71	100	70	31.42	1250.00	0.06	328.30	0.000000	0.00	0.00 (26)
72	100	70	31.42	1250.00	0.11	328.49	0.000000	0.00	0.00 (26)
73	100	70	31.42	1250.00	0.17	328.65	0.000000	0.00	0.00 (26)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
2	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (27)
3	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
4	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
5	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
6	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
7	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
8	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
9	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (27)
10	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (27)
11	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
12	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (27)
13	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
14	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
15	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
16	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
17	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
18	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
19	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
20	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (27)
21	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
22	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
23	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (27)
24	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
25	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
26	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
27	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
28	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
29	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
30	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (27)
31	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
32	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
33	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
34	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (27)
35	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
36	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)
37	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (27)

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
38	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
39	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
40	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
41	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
42	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
43	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
44	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
45	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
46	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
47	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
48	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
49	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
50	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
51	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
52	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
53	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
54	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
55	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
56	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
57	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
58	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
59	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
60	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
61	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (27)
62	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
63	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
64	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
65	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
66	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
67	100	70	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (27)
68	100	70	31.42	1250.00	0.00	327.78	0.000000	0.00	0.000 (27)
69	100	70	31.42	1250.00	0.01	327.97	0.000000	0.00	0.000 (27)
70	100	70	31.42	1250.00	0.03	328.14	0.000000	0.00	0.000 (27)
71	100	70	31.42	1250.00	0.06	328.30	0.000000	0.00	0.000 (27)
72	100	70	31.42	1250.00	0.11	328.49	0.000000	0.00	0.000 (27)
73	100	70	31.42	1250.00	0.17	328.65	0.000000	0.00	0.000 (27)