

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE

Muro di sostegno lato BD dal km 29+568.74 al km 29+650.00

Relazione di calcolo muro di sostegno

SCALA:

-

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

NR1J 01 D 29 CL RI0005 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Serrau	Ott.2018	M. Monda	Ott.2018	T. Paoletti	Ott.2018	ITALFERR S.p.A. DIREZIONE TECNICA Infrastrutture Centro Dipartimento Calcolo e Analisi Via degli Ingegneri della Provincia di Roma 00185 Roma
B	Revisione	F. Serrau	05-2020	M. Monda	05-2020	T. Paoletti	05-2020	

## INDICE

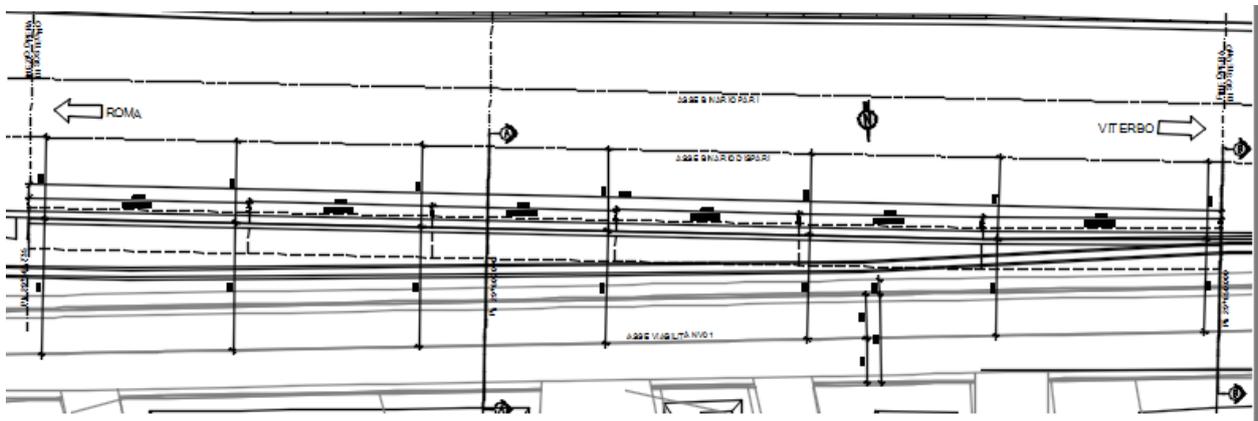
1	PREMESSA .....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
2.2	ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO.....	5
3	UNITÀ DI MISURA .....	6
4	MATERIALI .....	7
4.1	CALCESTRUZZO PER SOTTOFONDAZIONI.....	7
4.2	CALCESTRUZZO PER OPERE INTERRATE O CONTRO TERRA .....	7
4.3	ACCIAIO IN BARRE PER GETTI E RETI ELETTRISALDATE .....	8
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	9
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	10
7	METODO DI CALCOLO .....	16
7.1	CONDIZIONI DI SPINTA SUL MURO IN CONDIZIONI STATICHE .....	16
7.2	CONDIZIONI DI SPINTA SUL MURO IN CONDIZIONI SISMICHE.....	18
7.3	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	20
7.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	20
8	VERIFICHE MURO.....	21
8.1	VERIFICHE CONDIZIONI DRENATE.....	22
8.1.1	<i>Verifiche geotecniche</i> .....	22

8.1.2	<i>Inviluppo delle sollecitazioni</i> .....	23
8.1.3	<i>Verifiche strutturali - Stato Limite Ultimo</i> .....	24
8.1.4	<i>Pressioni e cunei</i> .....	25
8.1.5	<i>Verifica dei cedimenti</i> .....	25
<b>8.2</b>	<b>VERIFICHE CONDIZIONI NON DRENATE</b> .....	<b>26</b>
8.2.1	<i>Verifiche geotecniche</i> .....	26
8.2.2	<i>Inviluppo delle sollecitazioni</i> .....	26
8.2.3	<i>Verifiche strutturali - Stato Limite Ultimo</i> .....	27
8.2.4	<i>Pressioni e cunei</i> .....	28
8.2.5	<i>Verifica dei cedimenti</i> .....	28
<b>8.3</b>	<b>INCIDENZA ARMATURA</b> .....	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>TABULATO DI CALCOLO MURO CONDIZIONI NON DRENATE</b> .....	<b>30</b>
<b>10</b>	<b>TABULATO DI CALCOLO MURO</b> .....	<b>58</b>

## 1 PREMESSA

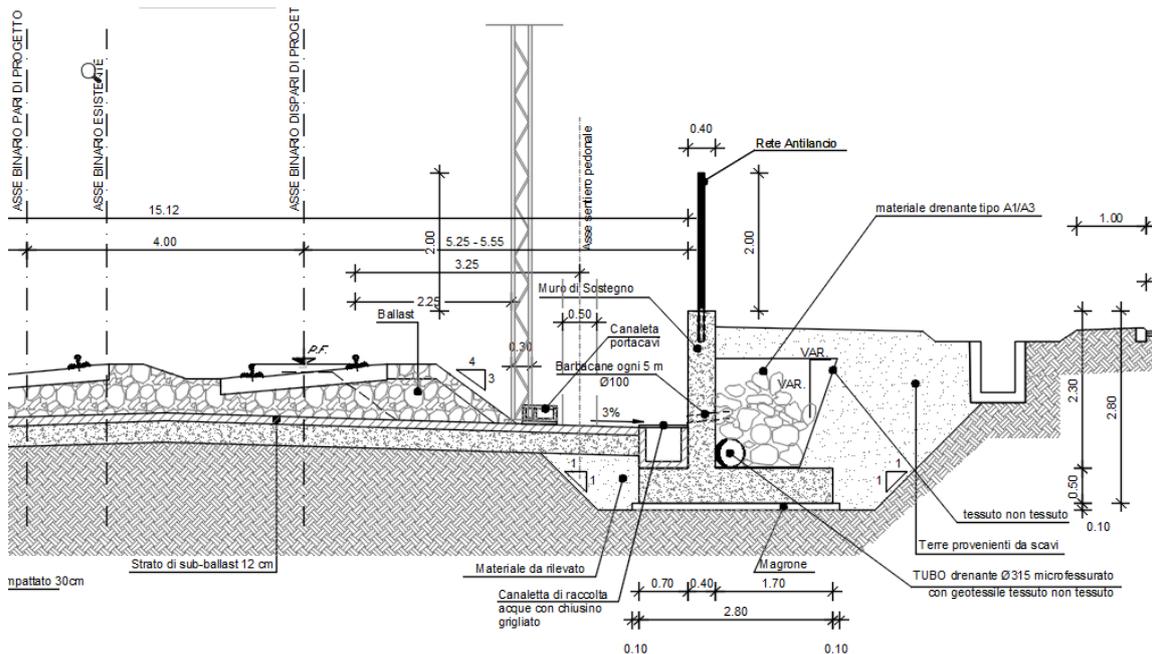
Il progetto di raddoppio della tratta Cesano – Vigna di Valle, sulla linea ferroviaria Roma – Viterbo, costituisce la prima fase funzionale del più esteso intervento di raddoppio tra Cesano e Bracciano, previsto dal recente Accordo Quadro tra Regione Lazio e RFI del 22/02/2018.

La presente relazione riporta il dimensionamento e le verifiche dei muri contro terra previsti dal km 29+568 al km 29+650.



**Figura 1-1: Planimetria di inquadramento**

In particolare, è stato analizzato un tratto di 82 m attraverso sezioni ogni 12.5 m e sono state individuate due tipologie di muro di sostegno a seconda della larghezza della fondazione:



**Figura 1-2: Muro Tipo A – Sezione trasversale tipo**



### 3 UNITÀ DI MISURA

Nei calcoli si farà uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi:  $\text{kN/m}^2$ ,  $\text{kN/m}$ ,  $\text{kN}$
- per i momenti:  $\text{kNm}$
- per i tagli e sforzi normali:  $\text{kN}$
- per le tensioni:  $\text{N/mm}^2$
- per le accelerazioni:  $\text{m/s}^2$

## 4 MATERIALI

### 4.1 Calcestruzzo per sottofondazioni

Per la realizzazione delle opere di sottofondazione impiegato un calcestruzzo con classe di resistenza **C12/15** e classe di esposizione **X0**.

### 4.2 Calcestruzzo per opere interrate o contro terra

Per la realizzazione delle opere interrate o contro terra verrà impiegato un calcestruzzo con classe di resistenza **C30/37** e classe di esposizione **XC3** con le seguenti caratteristiche:

- Classe di resistenza: C30/37
- Classe di esposizione: XC3
- Rapporto massimo acqua/cemento: 0,55
- Copriferro netto minimo: 40 mm
- Peso per unità di volume:  $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza caratteristica cubica:  $R_{ck} = 37,00 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cilindrica:  $f_{ck} = 30,71 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica media:  $f_{cm} = 38,71 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione:  $f_{cd} = 17,40 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a trazione semplice (assiale):  $f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica a trazione semplice (frattile 5%):  $f_{ctk} = 2,03 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice:  $f_{ctd} = 1,35 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico medio:  $E_{cm} = 32836,57 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente parziale di sicurezza:  $\gamma_c = 1,50$
- Deformazione al raggiungimento della massima tensione:  $\epsilon_{c2} = 2,00 \text{ ‰}$
- Deformazione ultima:  $\epsilon_{cu} = 3,50 \text{ ‰}$
- Coefficiente di dilatazione termica:  $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

### 4.3 Acciaio in barre per getti e reti elettrosaldate

Per la realizzazione delle armature lente delle opere in cemento armato verrà fatto uso di acciaio tipo **B450C** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Resistenza nominale di snervamento:  $f_{yk} = 450,00 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza nominale di rottura:  $F_{tk} = 540,00 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico:  $E_s = 210.000,00 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente parziale di sicurezza:  $\gamma_c = 1,15$
- Resistenza di calcolo:  $f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$

## 5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

La stratigrafia e i parametri da utilizzare per la verifica del muro sono i seguenti:

### Modello 2a\_2 – Da pk 29+350 a 29+650

#### MODELLO 2a\_2 Dalla pk 29+350 alla pk 29+650

Unità geotecnica	Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	z media (m da p.c.)	Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Tipo di terreno	Densità relativa (%)	Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ picco (°)	Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ cv (°)	Coesione efficace c' (kPa)
U2a	Limo argilloso sabbioso	0	3,5	3,5	1,75	17	GG	45	26	23	10
U3a	PVI- Depositi vulcanici limoso sabbiosi debolmente argillosi	3,5	5	1,5	0,75	16.5	GG/GF	45	25	22	10
U3b	PVS-Depositi vulcanici: sabbia limosa debolmente addensato con rari inclusi litici eterogenei	5	20	15	7,5	16.5	GG	85	30	22	0
U3c	PVL-Depositi vulcanici litoidi addensato con inclusi litici eterogenei di tufo	20	30	10	5	16	GG	-	36	-	200
U4a	Vulcanite di origine basaltica	30	35	5	2,5	27	R	-	34	-	1500
U3c	PVL-Depositi vulcanici addensato con inclusi litici eterogenei di tufo	35	45	10	5	16	GG	-	36	-	200

Coesione non drenata Cu (kPa)	Modulo elastico Eop,1 (MPa)	Modulo elastico Eop,2 (MPa)	Modulo non drenato Eu (MPa)	Modulo edometrico M (Mpa)	K rilevata (cm/s)	K media (cm/s)	Coefficiente di consolidazione cv (m <sup>2</sup> /s)	RQD (%)	GSI	Resistenza a compressione (Mpa)
60	20	40	54	26	$1,48 \cdot 10^{-3} / 9,88 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-4}$	2,1E-02	-	-	-
45	25	50	40	34	$3,07 \cdot 10^{-3} / 1,38 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	-	-	-
-	35	70	-	47	$5,30 \cdot 10^{-5}$	$5,30 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	9
-	340	-	-	-	-	-	-	-	20	27
-	2500	-	-	-	-	-	-	60	46	28
-	340	-	-	-	-	-	-	-	20	28

Modello geotecnico 2a: pk 29+050-29+650 - falda 2.82m da piano campagna

**Categoria di suolo: E**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione di calcolo opere di sostegno</b>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005002	REV. B

## 6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per la definizione dell'azione sismica sono necessarie delle valutazioni preliminari relative alle seguenti caratteristiche proprie della costruzione :

- Vita Nominale ( $V_N$ );
- Classe d'uso ( $C_u$ );
- Periodo di Riferimento ( $V_R$ ).

Con riferimento invece alla tabella 2.5.1.1.2-1 (RFI DTC SI GE MA IFS 001 A del 22-12-17: "Manuale di Progettazione delle Opere Civili", Parte II - Sezione 2) i muri oggetto di studio rientrano nelle "ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA'  $V < 250$  km/h" e pertanto si considera una vita nominale paria a  $V_N = 75$  anni e una **classe d'uso II**, con associato coefficiente  $C_u = 1.0$ .

Il periodo di riferimento per l'azione sismica si valuta mediante la seguente espressione:

$$V_R = V_N \cdot C_u$$

Pertanto il periodo di riferimento per la struttura in esame risulta di **75 anni**.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissata probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ .

La normativa definisce le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  – Accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_{C^*}$  - Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Nei confronti delle azioni sismiche si definiscono due stati limite di esercizio e due ultimi, che sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso.

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra loro indipendenti.

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

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Agli stati limite ultimi le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, tenendo conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ .

L'accelerazione di picco assunta riferimento è  $PGA = 0.074$ .

L'amplificazione locale è valutata assumendo come sito di riferimento **Anguillara Sabazia**

Ne consegue che lo spettro di riferimento può essere assunto come nel seguito esposto.

Amplificazione stratigrafica:

La categoria di sottosuolo risulta essere la E per l'intero intervento. In base ad NTC per il caso in esame e  $VR = 75$  anni,  $S_s = 1.6$ . Le linee guida regionali non comportano ulteriori amplificazioni. Analoghe considerazioni valgono anche per il coefficiente topografico, che per il sito in esame vale  $St = 1$ .

Di conseguenza si adottano  $S_s$  ed  $St$  ricavati con le formule/tabelle delle NTC.

Lo spettro di risposta elastico allo SLV (VR = 75 anni, TR = 712 anni) sarà caratterizzato dai seguenti valori:

$$a_g/g = 0.074$$

$$F_0 = 2.941$$

$$S = S_s \times S_t = 1.60$$

$$\eta = 1.0$$

$$T_B = 0.205 \text{ s}$$

$$T_C = 0.614 \text{ s}$$

$$T_D = 1.898 \text{ s}$$

In particolare, il valore dello spettro di risposta vale (VR=75 anni):

$$S_e(T=0) = a_g/g \times S = 0.1184$$

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:     LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:     PROVINCIA:     COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta



Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

**Nodi del reticolo intorno al sito**



## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info  
 Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

### Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

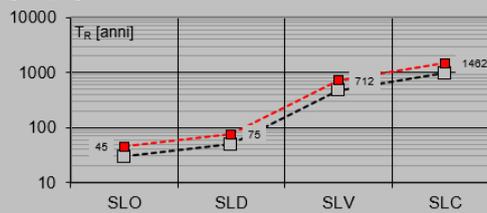
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

### Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

### Strategia di progettazione



### LEGENDA GRAFICO

- - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
- - - - - Strategia scelta

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

### Stato Limite

Stato Limite considerato  info

### Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

$S_S = 1.600$   $C_C = 1.747$  info

Categoria topografica  info

$h/H = 1.000$   $S_T = 1.000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

### Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_0$   Regol. in altezza  info

### Compon. verticale

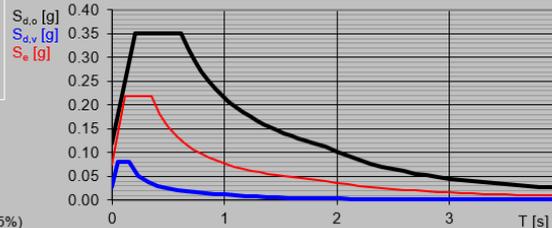
Spettro di progetto

Fattore  $q$    $\eta = 1.000$  info

### Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

### Spettri di risposta



- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.074 g
$F_0$	2.941
$T_C$	0.351 s
$S_S$	1.800
$C_C$	1.747
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.205 s
$T_C$	0.614 s
$T_D$	1.898 s

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.119
$T_B$ ←	0.205	0.350
$T_C$ ←	0.614	0.350
	0.675	0.319
	0.736	0.292
	0.797	0.270
	0.859	0.250
	0.920	0.234
	0.981	0.219
	1.042	0.206
	1.103	0.195
	1.164	0.185
	1.225	0.176
	1.286	0.167
	1.348	0.160
	1.409	0.153
	1.470	0.146
	1.531	0.140
	1.592	0.135
	1.653	0.130
	1.714	0.125
	1.775	0.121
	1.837	0.117
$T_D$ ←	1.898	0.113
	1.998	0.102
	2.098	0.093
	2.198	0.084
	2.298	0.077
	2.398	0.071
	2.498	0.065
	2.599	0.060
	2.699	0.056
	2.799	0.052
	2.899	0.049
	2.999	0.045
	3.099	0.042
	3.199	0.040
	3.299	0.037
	3.399	0.035
	3.499	0.033
	3.600	0.031
	3.700	0.030
	3.800	0.028
	3.900	0.027
	4.000	0.026

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione di calcolo opere di sostegno</b>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005002	REV. B

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

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Essendo:

$$a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

$\beta_m$  : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima (Tab. 7.11.II – NTC 2008)

**Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

$\beta_m$  : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima secondo - Tab. 7.11.6.2.1 – NTC 2018

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$$\beta_m = 0.38 \text{ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)}$$

$$\beta_m = 0.47 \text{ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).}$$

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad [7.11.6]$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad [7.11.7]$$

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g \quad [7.11.8]$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>Relazione di calcolo opere di sostegno</b>	NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	16 di 85

## 7 METODO DI CALCOLO

L'analisi strutturale del muro di sostegno è stata condotta attraverso modelli di calcolo a mensola con incastro nella platea di fondazione (analisi del paramento) e con incastro nel paramento (analisi della fondazione lato valle e lato monte). Vista la geometria dell'opera a prevalente sviluppo longitudinale e le condizioni al contorno, le analisi e verifiche sono state effettuate prendendo in considerazione una porzione di muro corrispondente ad una larghezza unitaria, considerando a favore di sicurezza l'altezza massima del singolo muro (se trattasi di muri ad altezza costante) o l'altezza pari a 2/3 di quella massima (se trattasi di muri ad altezza variabile); cautelativamente si considera inoltre il minimo ricoprimento sul dente.

Si riporta di seguito una breve sintesi della procedura proposta per il calcolo delle spinte orizzontali agenti sulla parete dell'opera di sostegno e delle azioni verticali agenti sulla suola di fondazione.

### 7.1 Condizioni di spinta sul muro in condizioni statiche

Considerato un terrapieno con peso per unità di volume  $\gamma$ , sovraccarico uniforme su terrapieno  $q$ , condizioni drenate ed assenza di falda, si assume in genere la distribuzione di pressioni riportata nella Figura 7-2. Alla generica quota  $z$  dal piano campagna risulta:

$$\sigma_a = \gamma k_a z + q k_a - 2c' \sqrt{k_a}$$

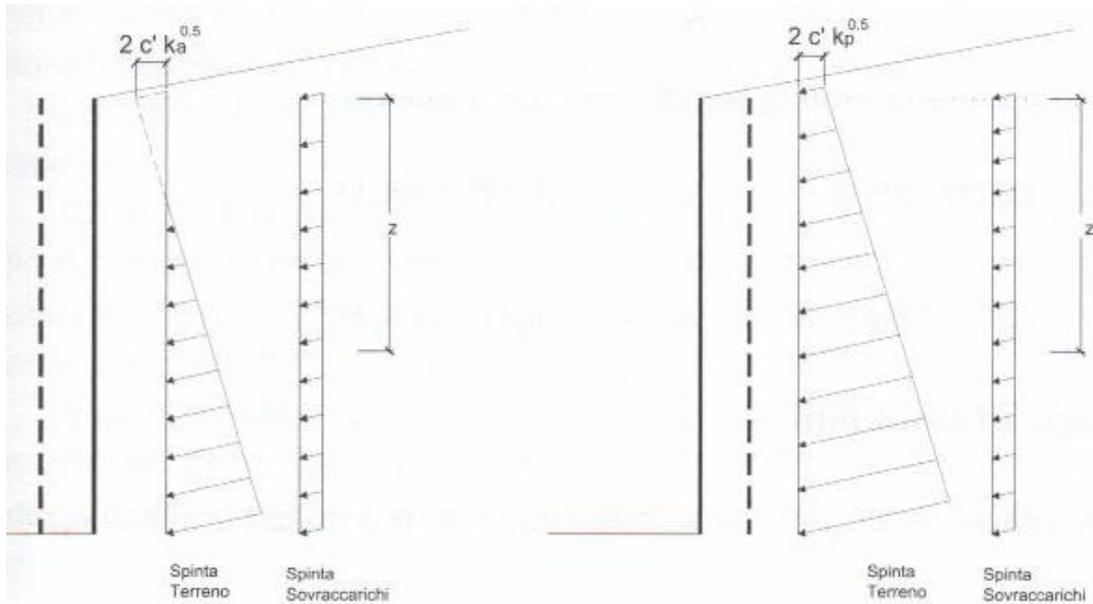
$$\sigma_p = \gamma k_p z + q k_p - 2c' \sqrt{k_p}$$

Il problema si riconduce quindi al calcolo dei coefficienti di spinta attiva  $k_a$  o passiva  $k_p$ .

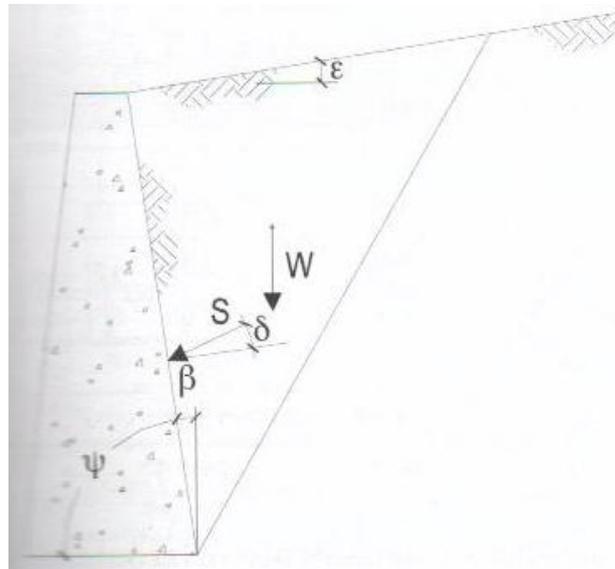
Con riferimento allo schema di Figura 7-1, in condizioni statiche il coefficiente di spinta attiva e quello di spinta passiva sono valutati attraverso le espressioni di Muller-Breslau (1924):

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi)}{\text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi - \varphi)}{\text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi + \delta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi + \varepsilon)}{\text{sen}(\psi + \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$



**Figura 7-1: Spinte orizzontali in condizioni statiche**



**Figura 7-2: Parametri geometrici per la valutazione dei coefficienti di spinta**

Il coefficiente di spinta passiva ove necessario può essere valutato con l'espressione di Caquot-Kerisel (1948) attraverso la quale si tiene in conto l'effetto sulla spinta della creazione in rottura passiva di superfici di scorrimento non piane. Non considerare tale effetto significherebbe sovrastimare considerevolmente la pressione passiva.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>Relazione di calcolo opere di sostegno</b>	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO RI0005002	REV. B

La distribuzione delle pressioni è da prassi considerata triangolare, mentre quella dei sovraccarichi è considerata costante con la profondità (rettangolare), per cui il punto di applicazione della spinta delle terre è posto a 1/3 dell'altezza del muro, mentre quella dei sovraccarichi è da considerarsi a metà dell'altezza del muro.

## 7.2 Condizioni di spinta sul muro in condizioni sismiche

L'analisi delle spinte sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è eseguita attraverso metodi pseudo-statici. Nell'ipotesi di muro libero di muoversi in testa il metodo più appropriato è quello di Mononobe-Okabe il quale rappresenta un'estensione del criterio di Coulomb in cui il cuneo di rottura si muove come un corpo rigido soggetto ad accelerazioni verticali ed orizzontali. Tali accelerazioni sono espresse in funzione di opportuni coefficienti di intensità sismica  $k_v$  e  $k_h$ , menzionati anche dalle norme vigenti. Nel metodo considerato le condizioni di equilibrio limite sono espresse ancora da coefficienti di spinta attiva e passiva definiti a partire dalla geometria del sistema e dalle condizioni sismiche di calcolo.

Con riferimento allo schema di Figura 7-3, considerando un terreno in assenza di falda, si definisce:

$$\theta = \arctan \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

ed i coefficienti di spinta sono definiti da:

per  $\varepsilon \leq \phi' - \theta$

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta - \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \varepsilon - \theta)}{\text{sen}(\psi - \delta - \theta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

per  $\varepsilon \geq \phi' - \theta$

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta - \theta)}$$

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \Theta)}{\cos \Theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi + \Theta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{sen} \varphi \cdot \text{sen}(\varphi + \varepsilon - \Theta)}{\text{sen}(\psi + \Theta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

La spinta del terreno in condizioni sismiche vale perciò:

$$S_a = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) k_a H^2$$

$$S_p = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) k_p H^2$$

con inclinazione del piano di rottura valutabile attraverso l'espressione:

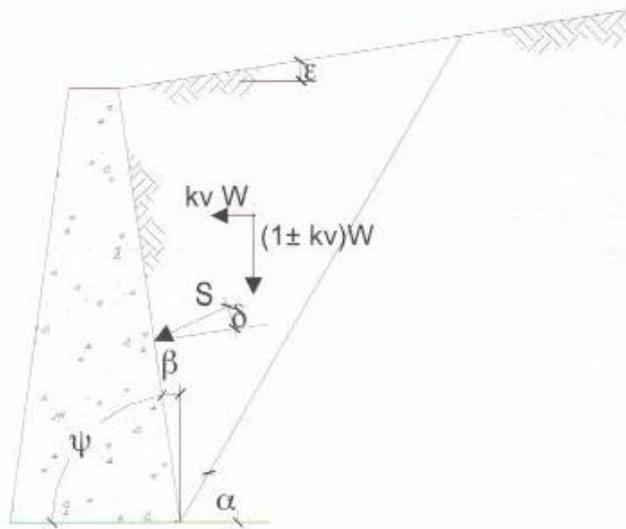
$$\alpha = \phi - \theta + \arctan \left[ \sqrt{\frac{P \cdot (P + Q) \cdot (1 + Q \cdot R) - P}{1 + R \cdot (P + Q)}} \right]$$

essendo:

$$P = \tan(\phi - \theta - \varepsilon)$$

$$Q = \cotan(\phi - \theta - \beta)$$

$$R = \tan(\theta + \beta + \delta)$$



**Figura 7-3: Azioni sismiche pseudo-statiche**

Nel caso di terreno con presenza di falda e permeabilità inferiore a  $5 \times 10^{-4} \text{m/sec}$  si trascurano gli effetti idrodinamici dell'acqua maggiorando l'angolo  $\theta$  secondo l'espressione:

$$\theta = \arctan \left( \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v} \right)$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO CESANO - VIGNA DI VALLE - PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>Relazione di calcolo opere di sostegno</b>	NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	20 di 85

e la spinta agente sulla parete si definisce solo a mezzo di effetti statici:

$$S_a = \frac{1}{2} \gamma' (1 + k_v) k_a H^2 + \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

Nel caso di valori maggiori di permeabilità va considerato anche l'effetto dinamico valutabile con l'espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{2} k_h \gamma_w H^2$$

azione applicata ad un'altezza pari ad 0.4H dalla base del muro.

### 7.3 Verifiche geotecniche

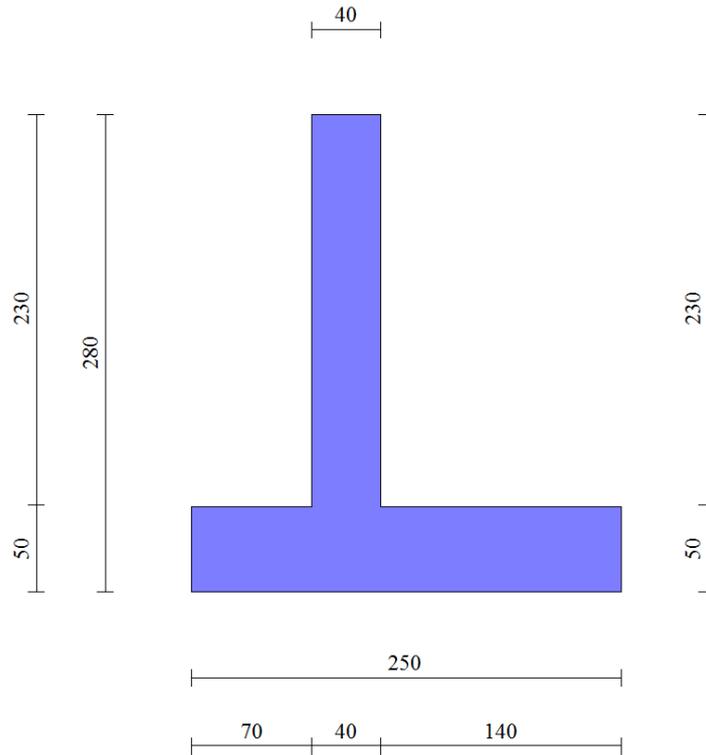
Sono state condotte, in accordo con la normativa vigente, le seguenti verifiche globali di carattere geotecnico:

- verifica al ribaltamento, eseguita con riferimento allo spigolo anteriore della platea di fondazione, confrontando il momento stabilizzante  $M_s$  dovuto alle forze verticali con il momento ribaltante  $M_r$  provocato dalle forze orizzontali;
- verifica allo scorrimento, eseguita controllando che la somma delle forze orizzontali sia sufficientemente minore della forza di attrito che si può esplicitare per effetto dei carichi verticali  $N$  al contatto tra platea di fondazione e terreno. Il coefficiente di attrito  $f$  è assunto pari a:  $f = \operatorname{tg}(\delta) = \operatorname{tg}(\phi)$  e si trascura il contributo stabilizzante dovuto alla spinta passiva del terreno anteriore;
- verifica al carico limite dell'insieme fondazione-terreno utilizzando l'espressione della portanza unitaria limite secondo la teoria di Meyerhoff;
- verifica di stabilità globale usando la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

### 7.4 Verifiche strutturali

Sono state condotte, infine, le verifiche locali degli elementi che costituiscono l'opera di sostegno, valutando in corrispondenza delle sezioni caratteristiche le sollecitazioni esterne e i corrispondenti stati tensionali. Le azioni sul paramento sono valutate considerando quest'ultimo incastrato nella soletta di fondazione. Le azioni sulla soletta di fondo (monte e valle) sono valutate col metodo del trapezio delle tensioni considerando questa incastrata al paramento.

## 8 VERIFICHE MURO



**Figura 7-4: Sezione muro**

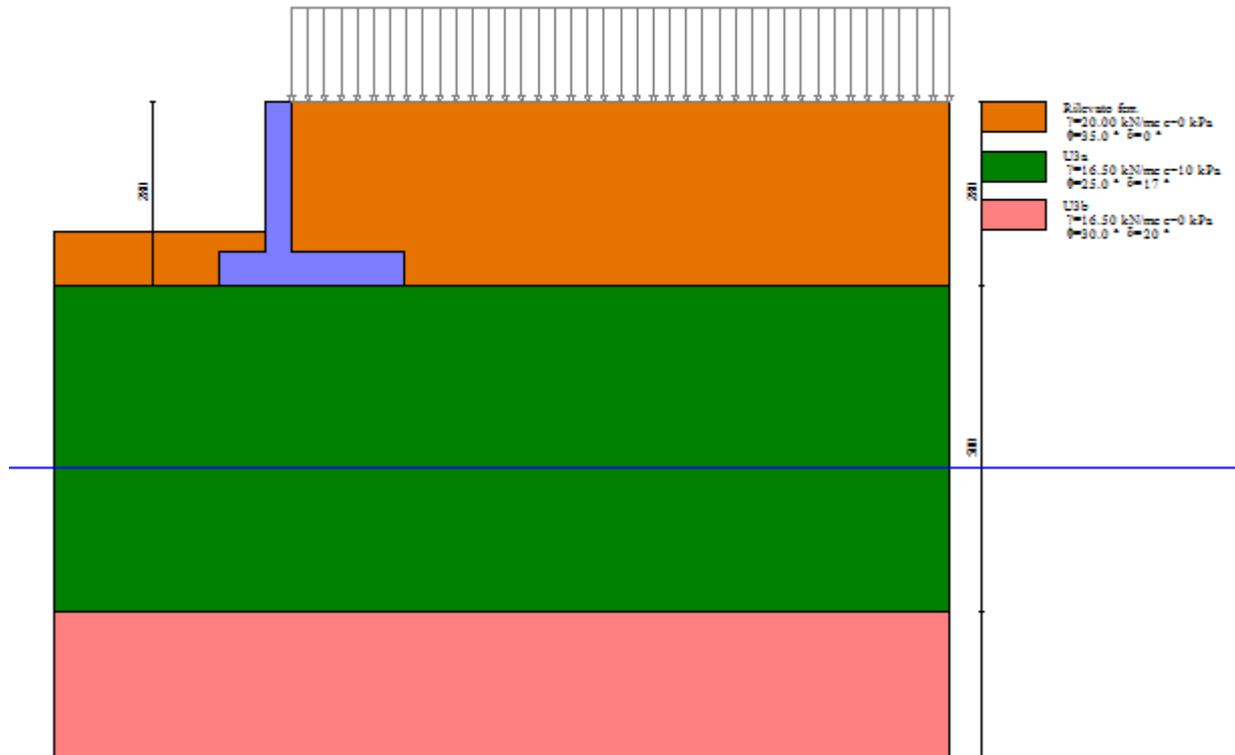


Figura 7-5: Profilo terreno e carico stradale

A favore di sicurezza si è considerato il carico stradale applicato sino al paramento del muro di sostegno e pari a 20kN/m<sup>2</sup> in fase statica e dimezzato in fase sismica.

## 8.1 Verifiche condizioni drenate

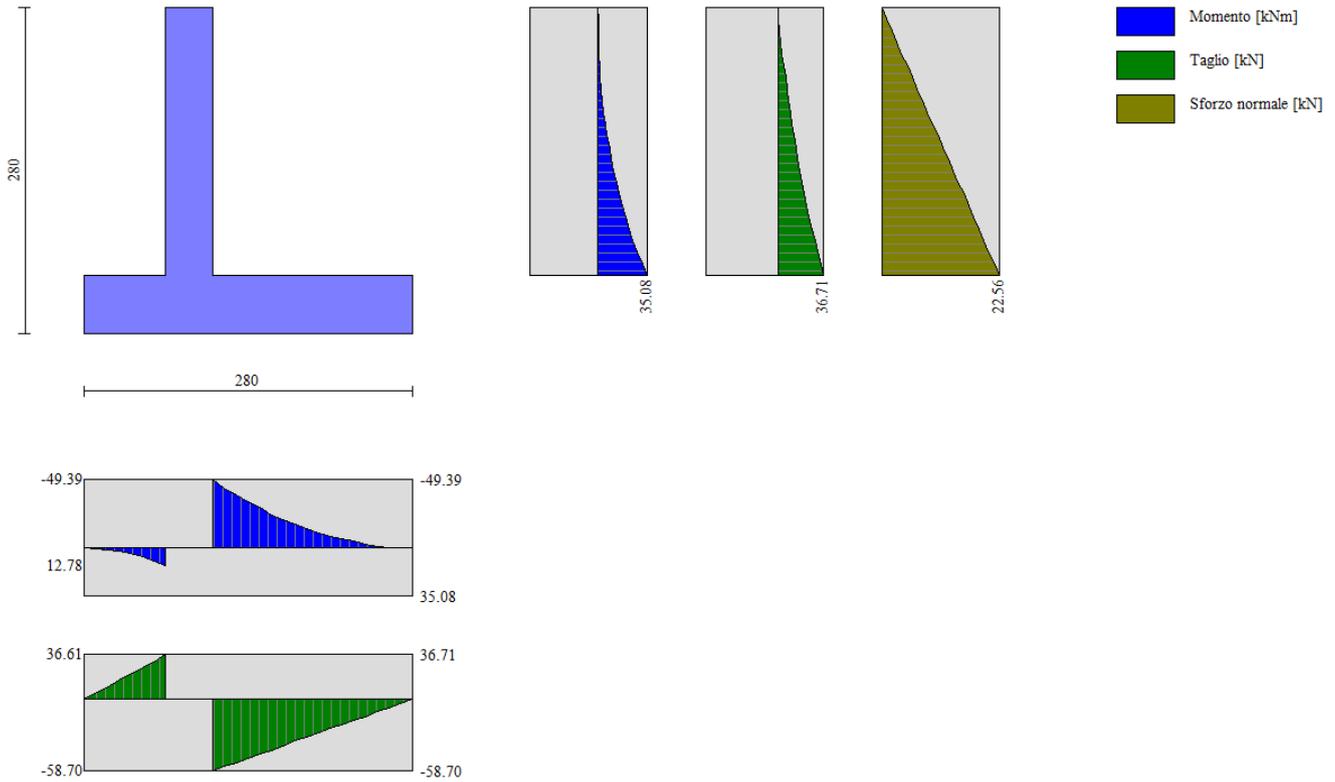
### 8.1.1 Verifiche geotecniche

n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab
1	STR (A1-M1-R3)		1.113	4.262	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	1.412	6.439	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	1.396	6.697	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	1.781
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	2.713
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	2.725
7	EQU (A1-M1-R3)		--	--	5.601	--
8	EQU (A1-M1-R3)	H + V	--	--	6.661	--
9	EQU (A1-M1-R3)	H - V	--	--	5.519	--

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	23 di 85

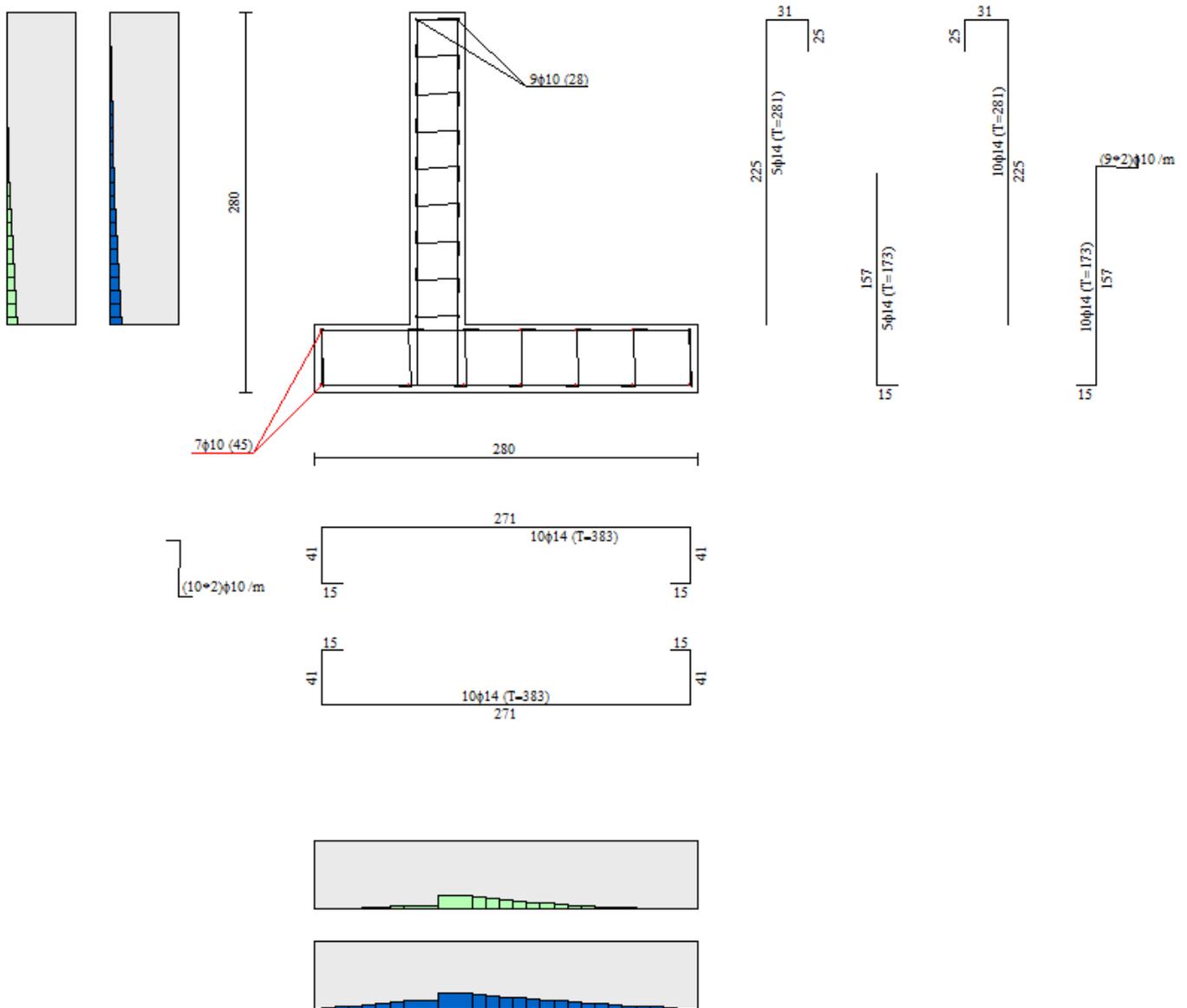
8.1.2 *Inviluppo delle sollecitazioni*



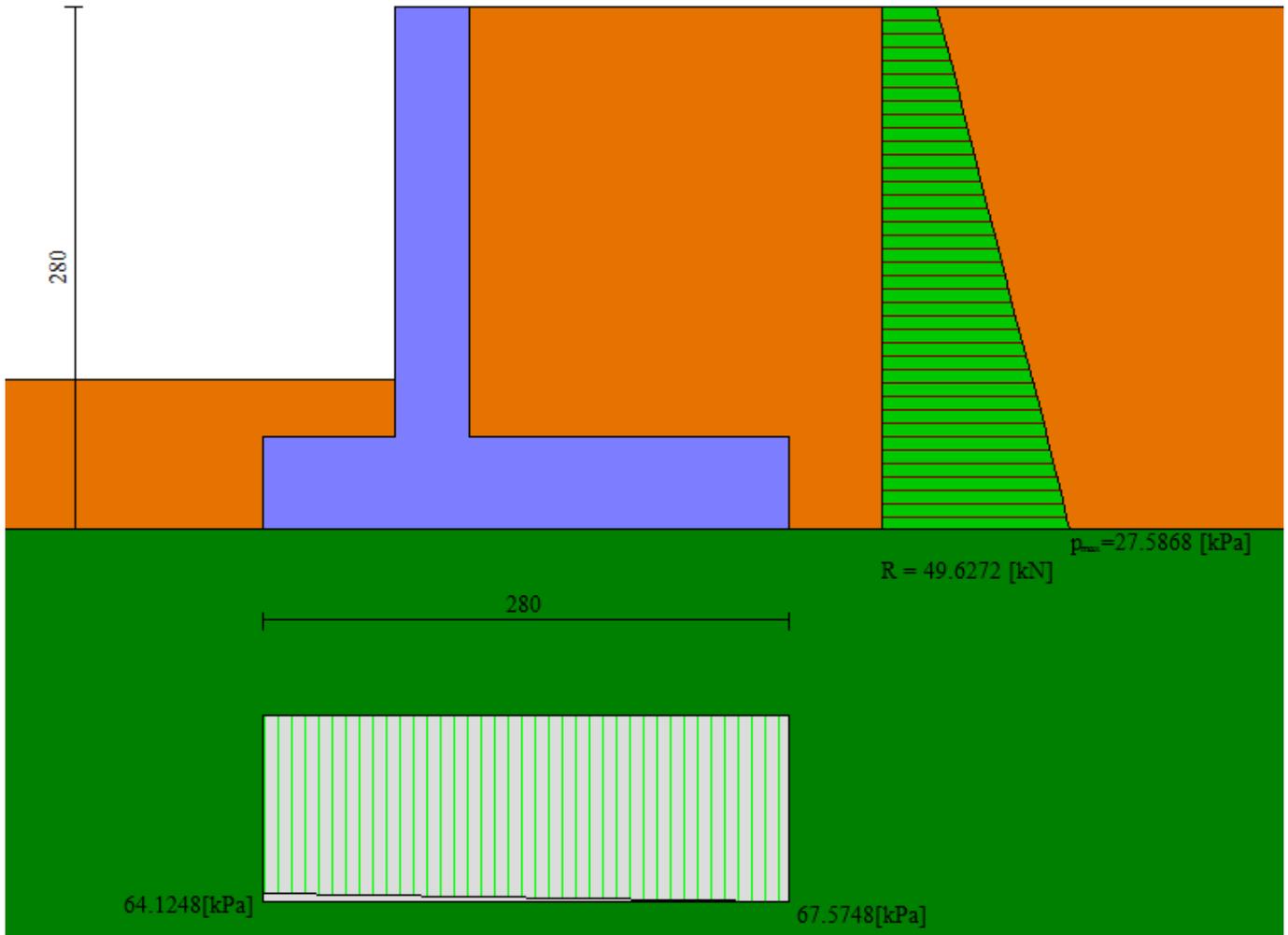
Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	24 di 85

8.1.3 Verifiche strutturali - Stato Limite Ultimo



### 8.1.4 Pressioni e cunei



### 8.1.5 Verifica dei cedimenti

#### Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

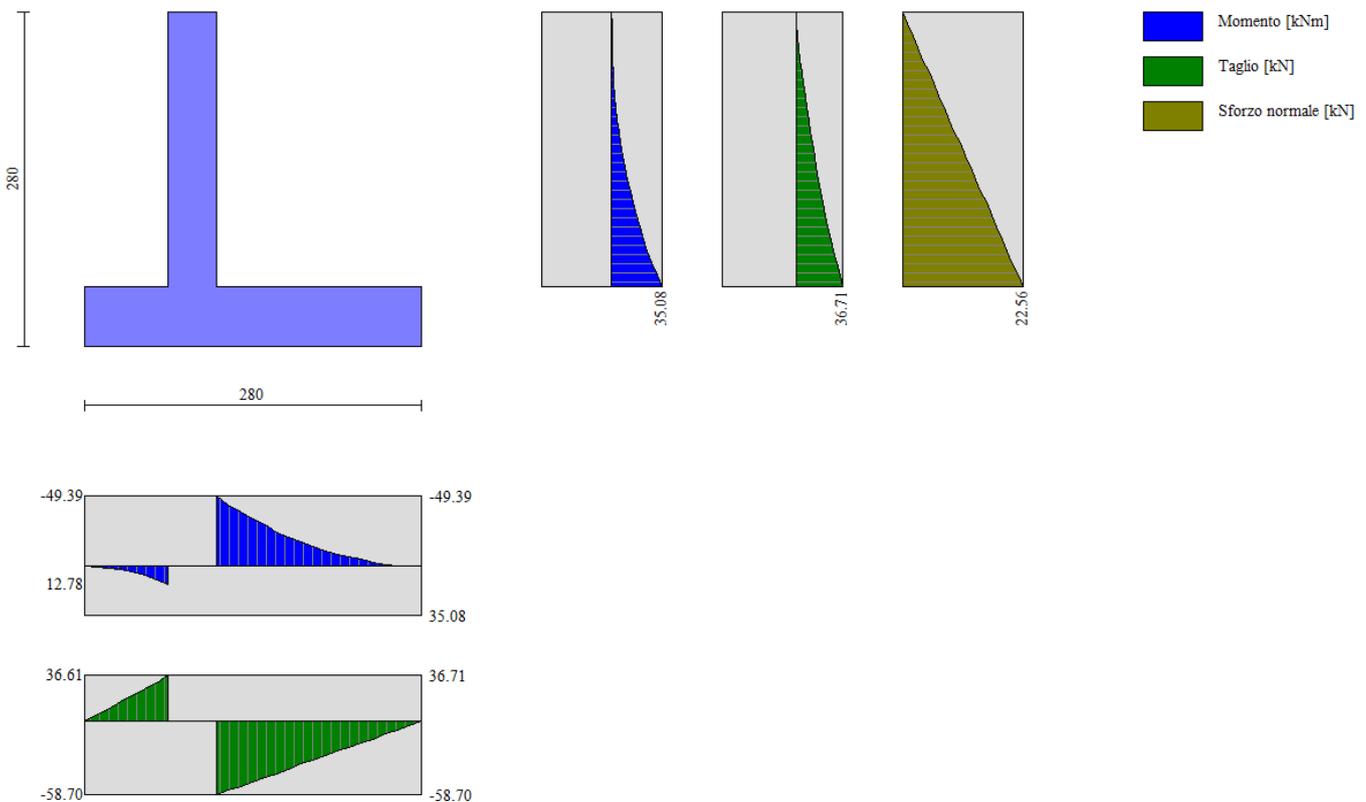
Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
10	-1.10; -2.80	0.341	0.015
10	0.30; -2.80	0.487	0.162
10	1.70; -2.80	0.325	0.000

## 8.2 Verifiche condizioni non drenate

### 8.2.1 Verifiche geotecniche

n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab
1	STR (A1-M1-R3)		3.385	3.540	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	5.741	5.094	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	5.924	5.309	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	2.253
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	4.080
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	4.179
7	EQU (A1-M1-R3)		--	--	5.601	--
8	EQU (A1-M1-R3)	H + V	--	--	6.661	--
9	EQU (A1-M1-R3)	H - V	--	--	5.519	--

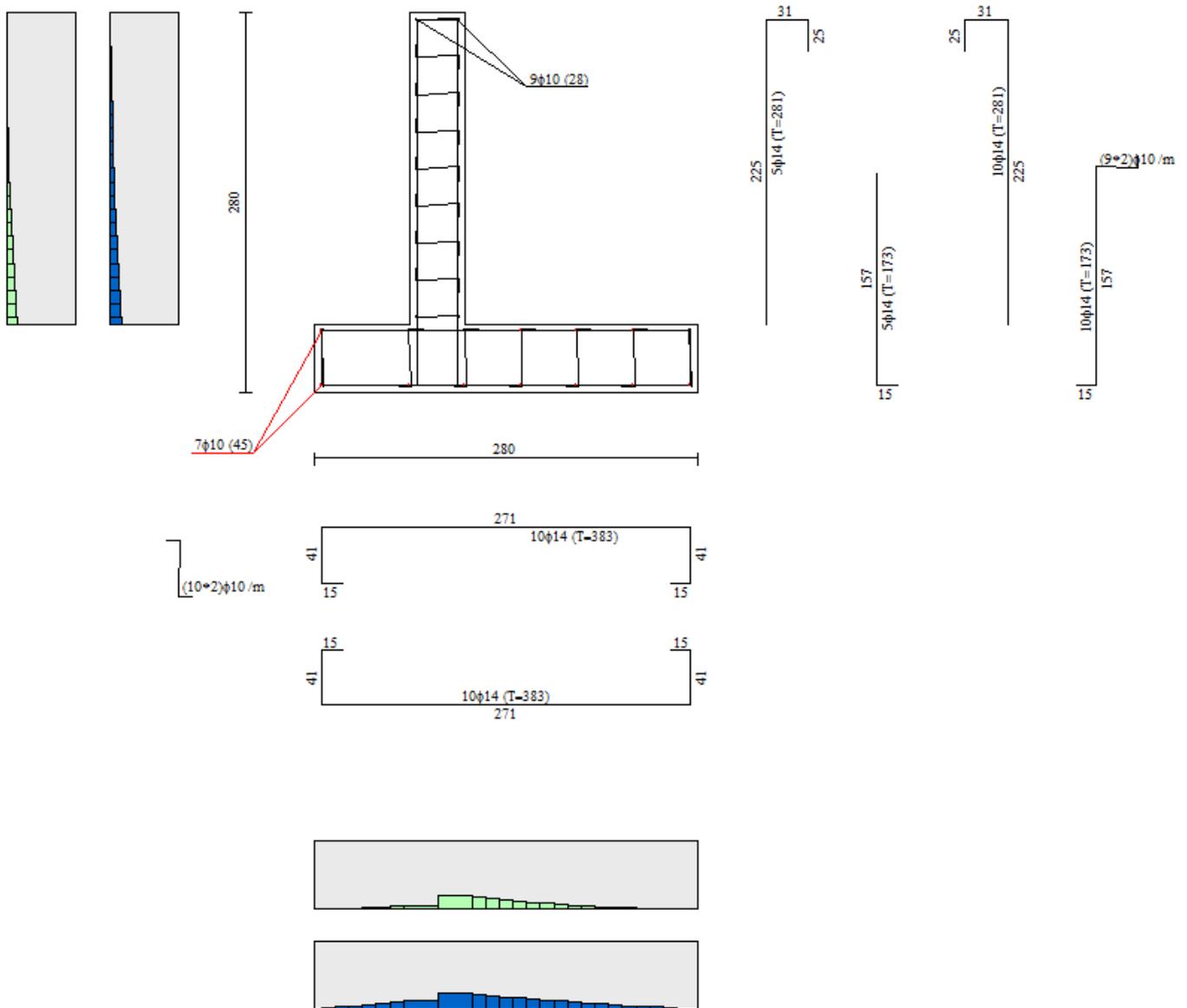
### 8.2.2 Involuppo delle sollecitazioni



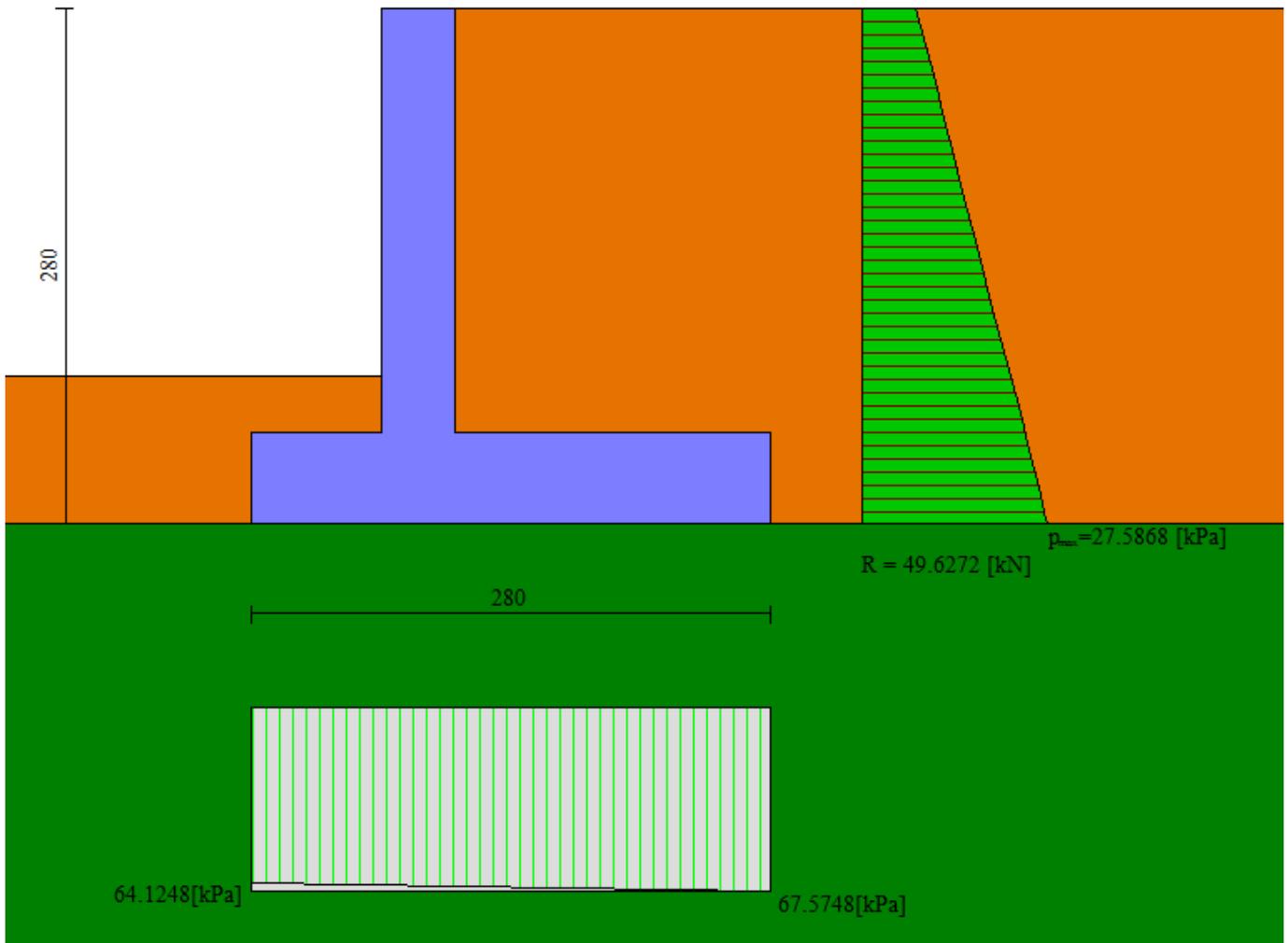
Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	27 di 85

8.2.3 Verifiche strutturali - Stato Limite Ultimo



### 8.2.4 Pressioni e cunei



### 8.2.5 Verifica dei cedimenti

#### Simbologia adottata

$I_c$	Indice combinazione
$X, Y$	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
$w$	Cedimento, espressa in [cm]
$dw$	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

$I_c$	$X; Y$ [m]	$w$ [cm]	$dw$ [cm]
10	-1.10; -2.80	0.341	0.015
10	0.30; -2.80	0.487	0.162
10	1.70; -2.80	0.325	0.000

### 8.3 Incidenza armatura

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

- Fondazione = **100 kg/m<sup>3</sup>**;
- Paramento = **100 kg/m<sup>3</sup>**.

## 9 TABULATO DI CALCOLO MURO CONDIZIONI NON DRENATE

### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$	R <sub>ck</sub>	E	$\nu$	n	ntc
				[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
1	C30/37	C30/37	B450C	24.5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub>	f <sub>uk</sub>
	[kPa]	[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	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0.00	0.00	0.000
2	10.00	0.00	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	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-5.00	-5.60	0.000
2	15.00	-5.60	0.000

## Geometria muro

### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10.00 [m]

#### Paramento

Materiale C30/37  
 Altezza paramento 2.30 [m]  
 Altezza paramento libero 2.00 [m]  
 Spessore in sommità 0.40 [m]  
 Spessore all'attacco con la fondazione 0.40 [m]  
 Inclinazione paramento esterno 0.00 [°]  
 Inclinazione paramento interno 0.00 [°]

#### Fondazione

Materiale C30/37  
 Lunghezza mensola di valle 0.70 [m]  
 Lunghezza mensola di monte 1.70 [m]  
 Lunghezza totale 2.80 [m]  
 Inclinazione piano di posa 0.00 [°]  
 Spessore 0.50 [m]  
 Spessore magrone 0.00 [m]

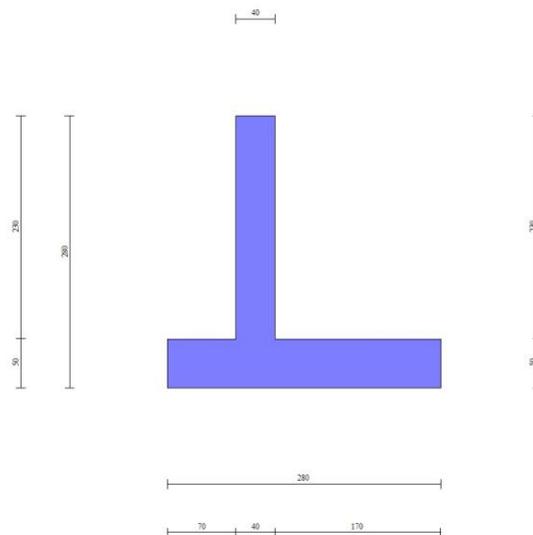


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	32 di 85

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	Rilevato ferr.	20.0000	20.0000	35.000	0.000	0	0	---	---
2	U3a	16.5000	16.5000	0.000	0.000	60	60	---	---
3	U3b	16.5000	16.5000	0.000	0.000	40	40	---	---

Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [kPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricomprensione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [kPa]	$\nu$	Ed [kPa]	CR	RR	OCR
1	Rilevato ferr.	0	0.000	0	0.000	0.000	1.000
2	U3a	25000	0.000	50000	0.000	0.000	1.000
3	U3b	35000	0.000	70000	0.000	0.000	1.000

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)
Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')	
Kststa, Kstsis	Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	2.80	0.000	Rilevato ferr.	---	---	---	---	---
2	5.00	0.000	U3a	---	---	---	---	---
3	15.00	0.000	U3b	---	---	---	---	---

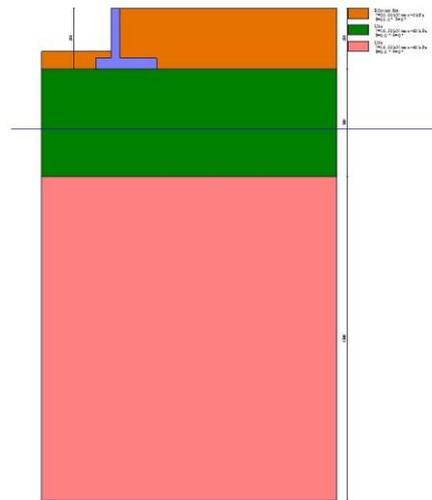


Fig. 2 - Stratigrafia

## 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 <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kN]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN]

### Condizione n° 1 (Veicoli) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.50$

### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	M	X <sub>i</sub>	X <sub>f</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>f</sub>
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0.00	10.00	20.0000	20.0000

## 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

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	34 di 85

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.00	1.50	1.45	1.45	1.25	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	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  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:

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

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

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
------------	----------	--------	---------

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	35 di 85

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Veicoli	1.45	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Veicoli	1.25	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Veicoli	1.45	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	36 di 85

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLEP

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Veicoli	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Veicoli	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Veicoli	1.00	0.50	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	
Provincia	Roma
Regione	Lazio
Latitudine	42.067030
Longitudine	12.292680
Indice punti di interpolazione	27621 - 27843 - 27844 - 27622
Vita nominale	75 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		0.734	0.430
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.075	0.044
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.944	2.669
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.351	0.276
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.500	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv	
Ultimo		0.380	4.262	2.131
Ultimo - Ribaltamento		0.570	6.393	3.197
Esercizio		0.470	3.091	1.546

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	37 di 85

**Opzioni di calcolo**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_{\gamma}$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
$\Delta H$ massimo suddivisione strati	1.00 [m]

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

**Paramento e fondazione muro**

Condizioni ambientali	Ordinarie
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:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.20$$

$$w_3=0.20$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	38 di 85

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.55 $f_{ck}$	0.75 $f_{yk}$
Frequente	0.55 $f_{ck}$	0.75 $f_{yk}$
Quasi permanente	0.40 $f_{ck}$	0.75 $f_{yk}$

## Risultati per involucro

### 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	49.63	0.00	49.63	0.00	1.70	-1.66
	Peso/Inerzia muro			0.00	56.88/0.00	0.10	-1.99
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	127.50/0.00	0.85	-1.15
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00
2	Spinta statica	21.25	0.00	21.25	0.00	1.70	-1.87
	Incremento di spinta sismica		2.26	2.26	0.00	1.70	-1.87
	Peso/Inerzia muro			2.42	56.88/1.21	0.10	-1.99
	Peso/Inerzia terrapieno			3.33	78.20/1.67	0.85	-1.15
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00

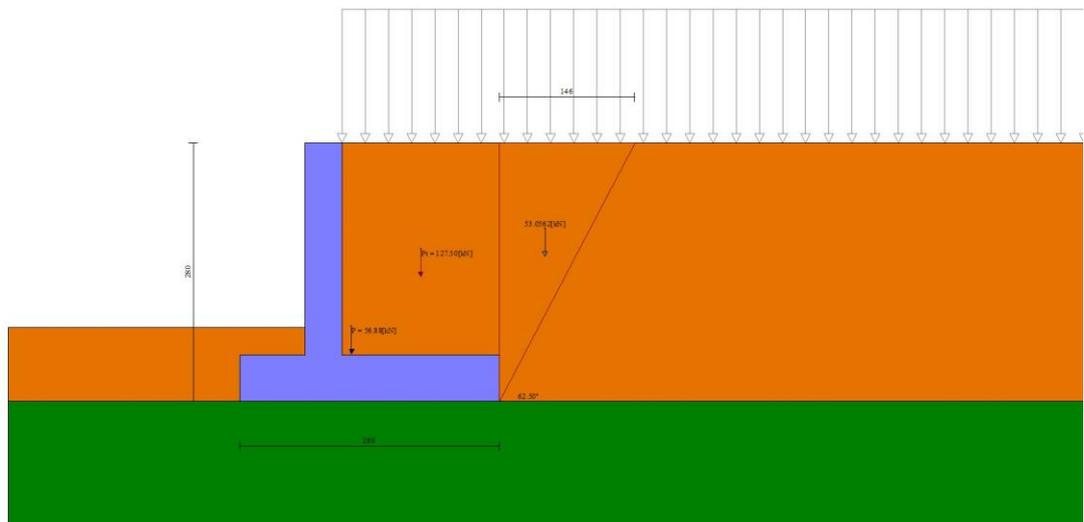


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

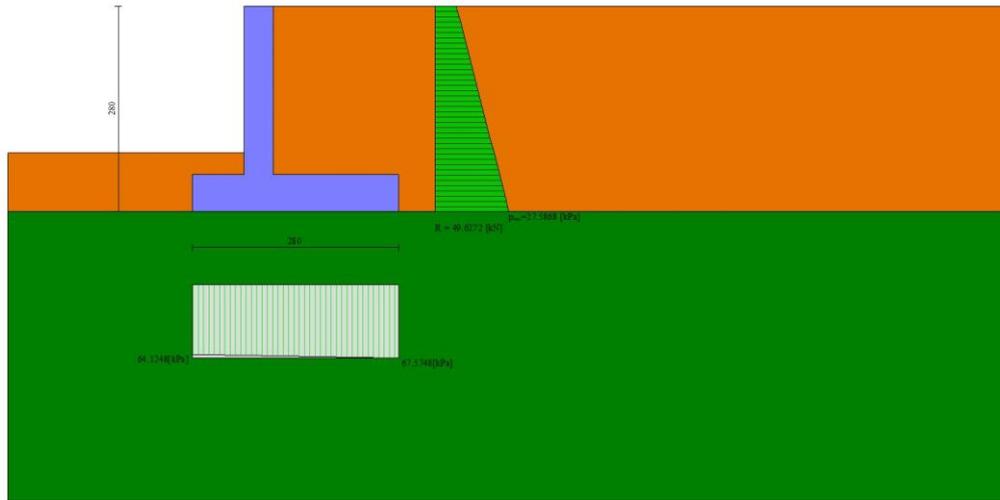


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

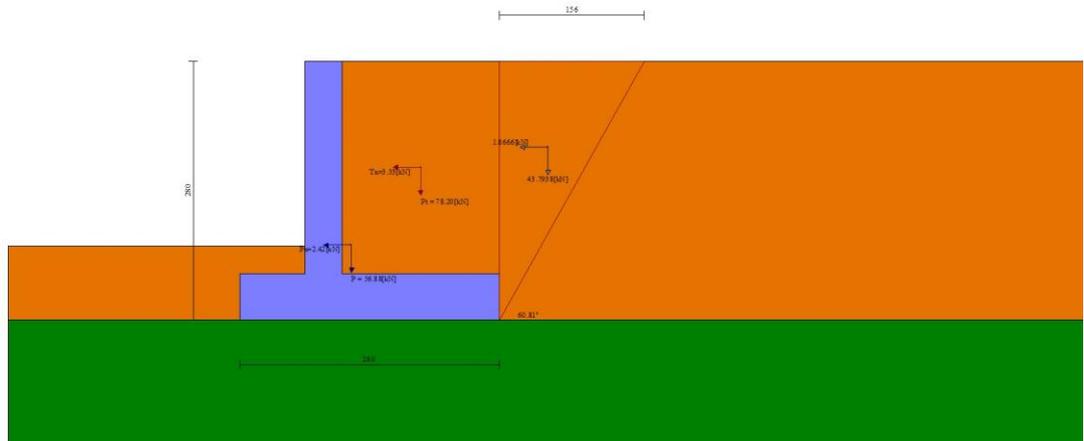


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

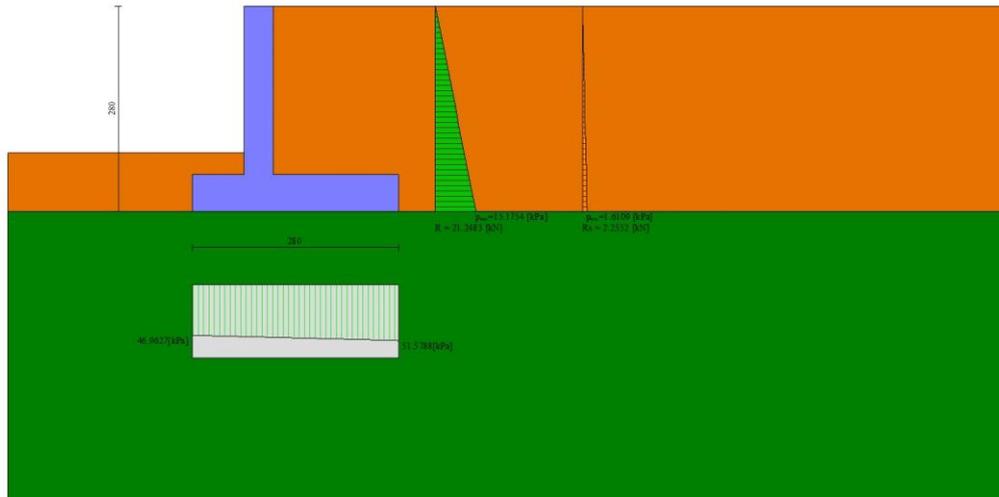


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		3.385		3.540			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	5.741		5.094			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	5.924		5.309			
4 - GEO (A2-M2-R2)					2.253		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.080		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.179		
7 - EQU (A1-M1-R3)			5.601				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		6.661				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		5.519				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
R <sub>sa</sub>	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
R <sub>pt</sub>	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
R <sub>ps</sub>	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R <sub>p</sub>	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
R <sub>t</sub>	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di R <sub>sa</sub> +R <sub>pt</sub> +R <sub>ps</sub> +R <sub>p</sub> ), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	42 di 85

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	168.00	0.00	0.00	--	--	168.00	49.63	3.385
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	168.00	0.00	0.00	--	--	168.00	29.26	5.741

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	184.38	652.71	466.22	3.540
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	137.96	702.74	585.61	5.094

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N$ , viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
$\gamma$	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	ry	D	B' H	$\gamma$	$\phi$	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	5.140	0.693	1.057	--	--	--	--	0.963	0.80	2.78	16.50	0.00	60
	1.000	0.693	1.000	--	--	--	--			1.40			
	-0.000	0.000	1.000	--	--	--	--						
2	5.140	0.752	1.057	--	--	--	--	0.963	0.80	2.76	16.50	0.00	60
	1.000	0.752	1.000	--	--	--	--			1.40			
	-0.000	0.000	1.000	--	--	--	--						

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	316.98	56.59	5.601
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	220.84	40.02	5.519

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	43 di 85

*Verifica stabilità globale muro + terreno*

**Simbologia adottata**

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	0.00; 2.00	5.10	2.253
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	0.00; 2.50	5.58	4.080

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)	
W	peso della striscia espresso in [kN]
Qy	carico sulla striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	1.90	7.89	4.70 - 0.32	62.316	29.256	0	0.0	
2	5.28	7.89	0.32	56.164	29.256	0	0.0	
3	7.96	7.89	0.32	50.212	29.256	0	0.0	
4	10.15	7.89	0.32	44.940	29.256	0	0.0	
5	11.98	7.89	0.32	40.119	29.256	0	0.0	
6	13.53	7.89	0.32	35.623	29.256	0	0.0	
7	14.85	7.89	0.32	31.368	29.256	0	0.0	
8	15.97	7.89	0.32	27.299	29.256	0	0.0	
9	16.91	7.89	0.32	23.376	29.256	0	0.0	
10	15.20	7.89	0.32	19.565	0.000	43	0.0	
11	18.93	7.89	0.32	15.843	0.000	43	0.0	
12	19.34	7.89	0.32	12.189	0.000	43	0.0	
13	19.64	7.89	0.32	8.585	0.000	43	0.0	
14	19.84	7.89	0.32	5.015	0.000	43	0.0	
15	19.22	7.20	0.32	1.464	0.000	43	0.0	
16	23.20	0.00	0.32	-2.081	0.000	43	0.0	
17	8.76	0.00	0.32	-5.634	0.000	43	0.0	
18	6.98	0.00	0.32	-9.209	0.000	43	0.0	
19	6.23	0.00	0.32	-12.820	0.000	43	0.0	
20	5.52	0.00	0.32	-16.485	0.000	43	0.0	
21	4.94	0.00	0.32	-20.221	29.256	0	0.0	
22	4.14	0.00	0.32	-24.049	29.256	0	0.0	
23	3.17	0.00	0.32	-27.995	29.256	0	0.0	
24	2.02	0.00	0.32	-32.093	29.256	0	0.0	
25	0.66	0.00	-3.18 - 0.32	-34.973	29.256	0	0.0	

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	1.85	0.00	5.00 - 0.33	59.201	35.000	0	0.0	
2	5.21	0.00	0.33	53.859	35.000	0	0.0	
3	7.96	0.00	0.33	48.395	35.000	0	0.0	
4	10.25	0.00	0.33	43.473	35.000	0	0.0	
5	12.18	0.00	0.33	38.928	35.000	0	0.0	
6	13.84	0.00	0.33	34.660	35.000	0	0.0	
7	15.25	0.00	0.33	30.603	35.000	0	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
8	16.46	0.00	0.33	26.711	35.000	0	0.0	
9	17.48	0.00	0.33	22.948	35.000	0	0.0	
10	15.22	0.00	0.33	19.287	35.000	0	0.0	
11	19.70	0.00	0.33	15.707	0.000	60	0.0	
12	20.15	0.00	0.33	12.189	0.000	60	0.0	
13	20.49	0.00	0.33	8.717	0.000	60	0.0	
14	20.71	0.00	0.33	5.277	0.000	60	0.0	
15	20.83	0.00	0.33	1.857	0.000	60	0.0	
16	24.13	0.00	0.33	-1.557	0.000	60	0.0	
17	10.00	0.00	0.33	-4.977	0.000	60	0.0	
18	7.23	0.00	0.33	-8.415	0.000	60	0.0	
19	6.42	0.00	0.33	-11.883	0.000	60	0.0	
20	5.71	0.00	0.33	-15.396	0.000	60	0.0	
21	5.11	0.00	0.33	-18.970	35.000	0	0.0	
22	4.28	0.00	0.33	-22.623	35.000	0	0.0	
23	3.27	0.00	0.33	-26.376	35.000	0	0.0	
24	2.08	0.00	0.33	-30.256	35.000	0	0.0	
25	0.69	0.00	-3.31 - 0.33	-33.129	35.000	0	0.0	

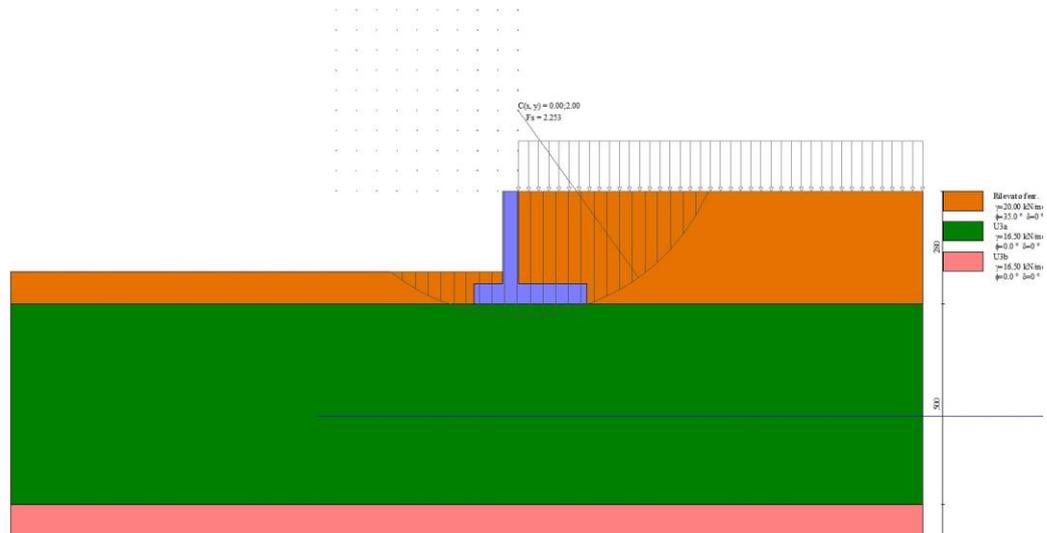


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Cedimenti

### Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
10	-1.10; -2.80	0.341	0.015
10	0.30; -2.80	0.487	0.162
10	1.70; -2.80	0.325	0.000

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	45 di 85

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]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.98	0.98	0.07	0.82	0.00	0.04
3	-0.20	1.96	1.96	0.20	1.71	0.02	0.17
4	-0.30	2.94	2.94	0.39	2.68	0.05	0.39
5	-0.40	3.92	3.92	0.63	3.71	0.10	0.70
6	-0.50	4.90	4.90	0.93	4.81	0.17	1.13
7	-0.60	5.88	5.88	1.29	5.99	0.28	1.67
8	-0.70	6.86	6.86	1.71	7.23	0.43	2.33
9	-0.80	7.85	7.85	2.18	8.55	0.63	3.12
10	-0.90	8.83	8.83	2.71	9.93	0.87	4.04
11	-1.00	9.81	9.81	3.30	11.39	1.17	5.11
12	-1.10	10.79	10.79	3.95	12.91	1.53	6.32
13	-1.20	11.77	11.77	4.66	14.51	1.96	7.69
14	-1.30	12.75	12.75	5.42	16.17	2.47	9.22
15	-1.40	13.73	13.73	6.24	17.91	3.05	10.93
16	-1.50	14.71	14.71	7.12	19.72	3.72	12.81
17	-1.60	15.69	15.69	8.05	21.60	4.47	14.87
18	-1.70	16.67	16.67	9.04	23.54	5.33	17.13
19	-1.80	17.65	17.65	10.09	25.56	6.29	19.59
20	-1.90	18.63	18.63	11.20	27.65	7.35	22.25
21	-2.00	19.61	19.61	12.37	29.81	8.53	25.12
22	-2.10	20.59	20.59	13.59	32.04	9.83	28.21
23	-2.20	21.57	21.57	14.87	34.34	11.25	31.53
24	-2.30	22.56	22.56	16.21	36.71	12.80	35.08

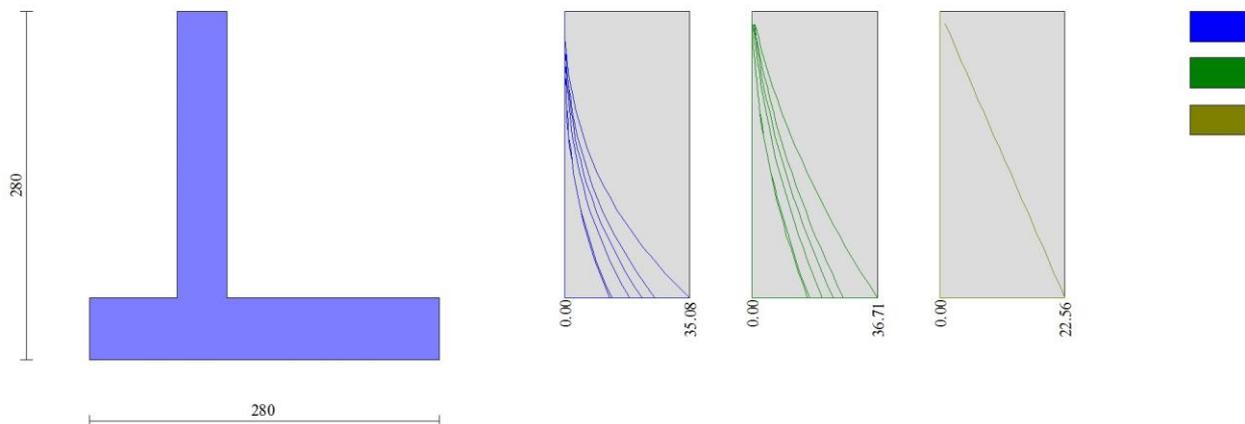


Fig. 8 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	-1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.00	0.00	0.00	3.31	5.19	0.17	0.26
3	-0.90	0.00	0.00	6.64	10.40	0.66	1.04
4	-0.80	0.00	0.00	9.97	15.62	1.49	2.34
5	-0.70	0.00	0.00	13.32	20.85	2.66	4.16
6	-0.60	0.00	0.00	16.69	26.09	4.16	6.51
7	-0.50	0.00	0.00	20.07	31.34	6.00	9.38
8	-0.40	0.00	0.00	23.46	36.61	8.17	12.78
9	0.00	0.00	0.00	-58.70	-13.74	-49.39	-11.00
10	0.10	0.00	0.00	-55.15	-12.80	-43.70	-9.68
11	0.20	0.00	0.00	-51.61	-11.87	-38.36	-8.44
12	0.30	0.00	0.00	-48.08	-10.97	-33.38	-7.30
13	0.40	0.00	0.00	-44.57	-10.08	-28.74	-6.25
14	0.50	0.00	0.00	-41.07	-9.20	-24.46	-5.28
15	0.60	0.00	0.00	-37.58	-8.35	-20.53	-4.41
16	0.70	0.00	0.00	-34.10	-7.50	-16.95	-3.61
17	0.80	0.00	0.00	-30.63	-6.68	-13.71	-2.91
18	0.90	0.00	0.00	-27.18	-5.87	-10.82	-2.28
19	1.00	0.00	0.00	-23.74	-5.08	-8.27	-1.73
20	1.10	0.00	0.00	-20.31	-4.30	-6.07	-1.26
21	1.20	0.00	0.00	-16.90	-3.55	-4.21	-0.85
22	1.30	0.00	0.00	-13.49	-2.79	-2.69	-0.53
23	1.40	0.00	0.00	-10.10	-2.01	-1.51	-0.29
24	1.50	0.00	0.00	-6.72	-1.28	-0.67	-0.12
25	1.60	0.00	0.00	-3.35	-0.61	-0.17	-0.03
26	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

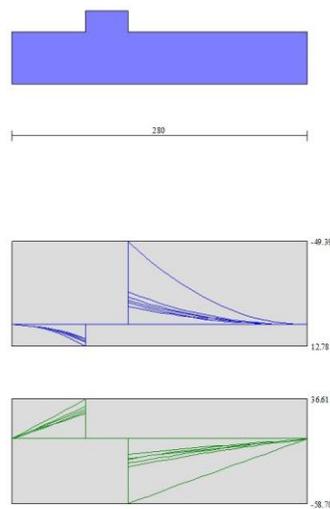


Fig. 9 - Fondazione

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	47 di 85

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	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espressa in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	40	7.70	15.39	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	40	7.70	15.39	0.04	0.98	230.49	5584.01	5694.015
3	100	40	7.70	15.39	0.17	1.96	365.65	4302.81	2193.788
4	100	40	7.70	15.39	0.39	2.94	435.39	3321.09	1128.840
5	100	40	7.70	15.39	0.70	3.92	460.37	2563.24	653.434
6	100	40	7.70	15.39	1.13	4.90	430.60	1868.21	381.003
7	100	40	7.70	15.39	1.67	5.88	392.02	1381.55	234.794
8	100	40	7.70	15.39	2.33	6.86	357.28	1052.67	153.343
9	100	40	7.70	15.39	3.12	7.85	329.14	828.13	105.555
10	100	40	7.70	15.39	4.04	8.83	307.35	671.25	76.052
11	100	40	7.70	15.39	5.11	9.81	290.33	557.57	56.855
12	100	40	7.70	15.39	6.32	10.79	277.24	473.17	43.862
13	100	40	7.70	15.39	7.69	11.77	267.29	408.98	34.753
14	100	40	7.70	15.39	9.22	12.75	259.48	358.62	28.129
15	100	40	7.70	15.39	10.93	13.73	253.20	318.10	23.169
16	100	40	7.70	15.39	12.81	14.71	248.04	284.86	19.365
17	100	40	7.70	15.39	14.87	15.69	243.74	257.12	16.387
18	100	40	7.70	15.39	17.13	16.67	240.10	233.67	14.016
19	100	40	7.70	15.39	19.59	17.65	236.99	213.60	12.100
20	100	40	7.70	15.39	22.25	18.63	234.30	196.25	10.532
21	100	40	7.70	15.39	25.12	19.61	231.95	181.12	9.234
22	100	40	7.70	15.39	28.21	20.59	229.89	167.83	8.149
23	100	40	7.70	15.39	31.53	21.57	228.07	156.06	7.234
24	100	40	7.70	15.39	35.08	22.56	226.44	145.59	6.455

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	50	15.39	15.39	0.26	0.00	262.71	0.00	1012.231
3	100	50	15.39	15.39	1.04	0.00	262.71	0.00	252.858
4	100	50	15.39	15.39	2.34	0.00	262.71	0.00	112.292
5	100	50	15.39	15.39	4.16	0.00	262.71	0.00	63.115
6	100	50	15.39	15.39	6.51	0.00	262.71	0.00	40.362
7	100	50	15.39	15.39	9.38	0.00	262.71	0.00	28.007
8	100	50	15.39	15.39	12.78	0.00	262.71	0.00	20.560
9	100	50	15.39	15.39	-49.39	0.00	-262.71	0.00	5.319
10	100	50	15.39	15.39	-43.70	0.00	-262.71	0.00	6.012
11	100	50	15.39	15.39	-38.36	0.00	-262.71	0.00	6.848
12	100	50	15.39	15.39	-33.38	0.00	-262.71	0.00	7.871

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
13	100	50	15.39	15.39	-28.74	0.00	-262.71	0.00	9.139
14	100	50	15.39	15.39	-24.46	0.00	-262.71	0.00	10.739
15	100	50	15.39	15.39	-20.53	0.00	-262.71	0.00	12.796
16	100	50	15.39	15.39	-16.95	0.00	-262.71	0.00	15.502
17	100	50	15.39	15.39	-13.71	0.00	-262.71	0.00	19.161
18	100	50	15.39	15.39	-10.82	0.00	-262.71	0.00	24.280
19	100	50	15.39	15.39	-8.27	0.00	-262.71	0.00	31.752
20	100	50	15.39	15.39	-6.07	0.00	-262.71	0.00	43.270
21	100	50	15.39	15.39	-4.21	0.00	-262.71	0.00	62.385
22	100	50	15.39	15.39	-2.69	0.00	-262.71	0.00	97.596
23	100	50	15.39	15.39	-1.51	0.00	-262.71	0.00	173.715
24	100	50	15.39	15.39	-0.67	0.00	-262.71	0.00	391.337
25	100	50	15.39	15.39	-0.17	0.00	-262.71	0.00	1567.267
26	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000

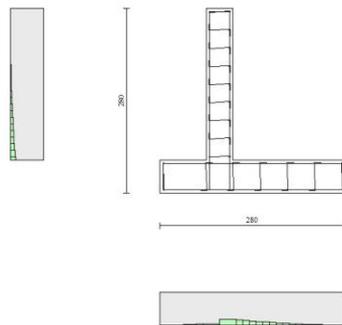


Fig. 10 - Paramento (Inviluppo)

### Verifiche a taglio

#### Simbologia adottata

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

### Paramento

n°	B	H	A <sub>sw</sub>	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
----	---	---	-----------------	------	------------------	------------------	-----------------	---	----

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	49 di 85

	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.34	0.00	100.000
2	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.47	0.82	245.247
3	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.60	1.71	117.599
4	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.73	2.68	75.337
5	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.87	3.71	54.400
6	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.00	4.81	41.963
7	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.13	5.99	33.761
8	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.26	7.23	27.972
9	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.39	8.55	23.685
10	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.53	9.93	20.395
11	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.66	11.39	17.800
12	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.79	12.91	15.707
13	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.92	14.51	13.988
14	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.06	16.17	12.555
15	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.19	17.91	11.345
16	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.32	19.72	10.311
17	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.45	21.60	9.421
18	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.59	23.54	8.647
19	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.72	25.56	7.969
20	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.85	27.65	7.372
21	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.98	29.81	6.842
22	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.12	32.04	6.370
23	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.25	34.34	5.947
24	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.38	36.71	5.567

**Fondazione**

n°	B	H	A <sub>sw</sub>	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	0.00	100.000
2	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-5.19	47.775
3	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-10.40	23.859
4	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-15.62	15.887
5	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-20.85	11.901
6	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-26.09	9.510
7	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-31.34	7.915
8	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-36.61	6.777
9	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-58.70	4.226
10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-55.15	4.498
11	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-51.61	4.807
12	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-48.08	5.159
13	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-44.57	5.566
14	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-41.07	6.041
15	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-37.58	6.602
16	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-34.10	7.275
17	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-30.63	8.098
18	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-27.18	9.127
19	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-23.74	10.450
20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-20.31	12.214
21	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-16.90	14.683
22	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-13.49	18.387
23	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-10.10	24.561
24	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-6.72	36.910
25	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-3.35	73.955
26	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	0.00	100.000

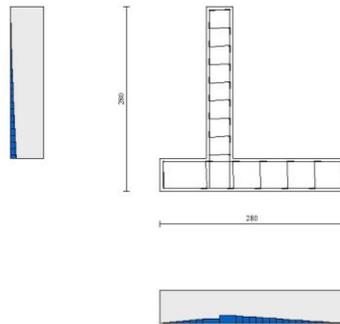


Fig. 11 - Paramento (Inviluppo)

### Verifica delle tensioni

#### 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]
$\sigma_c$	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
$\sigma_{fi}$	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
$\sigma_{fs}$	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

### Combinazioni SLER

#### Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	15978	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337500	[kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	7.70	15.39	0.00	0.00	0 (10)	0 (10)	0 (10)
2	100	40	7.70	15.39	0.03	0.98	3 (10)	22 (10)	47 (10)
3	100	40	7.70	15.39	0.12	1.96	9 (10)	21 (10)	117 (10)
4	100	40	7.70	15.39	0.27	2.94	16 (10)	12 (10)	216 (10)
5	100	40	7.70	15.39	0.49	3.92	28 (10)	129 (10)	358 (10)
6	100	40	7.70	15.39	0.79	4.90	44 (10)	385 (10)	550 (10)
7	100	40	7.70	15.39	1.17	5.88	66 (10)	811 (10)	789 (10)
8	100	40	7.70	15.39	1.64	6.86	92 (10)	1420 (10)	1075 (10)
9	100	40	7.70	15.39	2.20	7.85	124 (10)	2219 (10)	1407 (10)
10	100	40	7.70	15.39	2.86	8.83	161 (10)	3217 (10)	1787 (10)
11	100	40	7.70	15.39	3.62	9.81	203 (10)	4425 (10)	2217 (10)

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	51 di 85

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
12	100	40	7.70	15.39	4.48	10.79	251 (10)	5851 (10)	2700 (10)
13	100	40	7.70	15.39	5.47	11.77	305 (10)	7505 (10)	3237 (10)
14	100	40	7.70	15.39	6.57	12.75	366 (10)	9399 (10)	3833 (10)
15	100	40	7.70	15.39	7.79	13.73	433 (10)	11543 (10)	4488 (10)
16	100	40	7.70	15.39	9.15	14.71	507 (10)	13948 (10)	5207 (10)
17	100	40	7.70	15.39	10.64	15.69	588 (10)	16624 (10)	5990 (10)
18	100	40	7.70	15.39	12.27	16.67	676 (10)	19581 (10)	6842 (10)
19	100	40	7.70	15.39	14.05	17.65	773 (10)	22832 (10)	7765 (10)
20	100	40	7.70	15.39	15.98	18.63	877 (10)	26386 (10)	8760 (10)
21	100	40	7.70	15.39	18.07	19.61	989 (10)	30254 (10)	9832 (10)
22	100	40	7.70	15.39	20.32	20.59	1111 (10)	34447 (10)	10981 (10)
23	100	40	7.70	15.39	22.74	21.57	1241 (10)	38976 (10)	12212 (10)
24	100	40	7.70	15.39	25.33	22.56	1380 (10)	43852 (10)	13527 (10)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 15978 [kPa]  
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (10)	0 (10)	0 (10)
2	100	50	15.39	15.39	0.21	0.00	7 (10)	317 (10)	66 (10)
3	100	50	15.39	15.39	0.83	0.00	27 (10)	1272 (10)	266 (10)
4	100	50	15.39	15.39	1.87	0.00	62 (10)	2874 (10)	601 (10)
5	100	50	15.39	15.39	3.33	0.00	111 (10)	5130 (10)	1073 (10)
6	100	50	15.39	15.39	5.23	0.00	174 (10)	8049 (10)	1683 (10)
7	100	50	15.39	15.39	7.56	0.00	252 (10)	11637 (10)	2434 (10)
8	100	50	15.39	15.39	10.33	0.00	344 (10)	15904 (10)	3326 (10)
9	100	50	15.39	15.39	-19.67	0.00	655 (10)	6333 (10)	30286 (10)
10	100	50	15.39	15.39	-17.21	0.00	573 (10)	5540 (10)	26492 (10)
11	100	50	15.39	15.39	-14.93	0.00	497 (10)	4807 (10)	22989 (10)
12	100	50	15.39	15.39	-12.84	0.00	427 (10)	4134 (10)	19769 (10)
13	100	50	15.39	15.39	-10.93	0.00	364 (10)	3518 (10)	16824 (10)
14	100	50	15.39	15.39	-9.19	0.00	306 (10)	2958 (10)	14146 (10)
15	100	50	15.39	15.39	-7.62	0.00	254 (10)	2452 (10)	11728 (10)
16	100	50	15.39	15.39	-6.21	0.00	207 (10)	1999 (10)	9561 (10)
17	100	50	15.39	15.39	-4.96	0.00	165 (10)	1597 (10)	7639 (10)
18	100	50	15.39	15.39	-3.87	0.00	129 (10)	1245 (10)	5951 (10)
19	100	50	15.39	15.39	-2.92	0.00	97 (10)	939 (10)	4492 (10)
20	100	50	15.39	15.39	-2.11	0.00	70 (10)	680 (10)	3253 (10)
21	100	50	15.39	15.39	-1.45	0.00	48 (10)	466 (10)	2226 (10)
22	100	50	15.39	15.39	-0.91	0.00	30 (10)	294 (10)	1404 (10)
23	100	50	15.39	15.39	-0.51	0.00	17 (10)	163 (10)	778 (10)
24	100	50	15.39	15.39	-0.22	0.00	7 (10)	71 (10)	340 (10)
25	100	50	15.39	15.39	-0.05	0.00	2 (10)	18 (10)	84 (10)
26	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (10)	0 (10)	0 (10)

**Combinazioni SLEF**

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 15978 [kPa]  
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
----	---	---	-----	-----	---	---	----	-----	-----

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	52 di 85

	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	7.70	15.39	0.00	0.00	0 (11)	0 (11)	0 (11)
2	100	40	7.70	15.39	0.02	0.98	3 (11)	24 (11)	44 (11)
3	100	40	7.70	15.39	0.09	1.96	8 (11)	31 (11)	106 (11)
4	100	40	7.70	15.39	0.21	2.94	14 (11)	19 (11)	189 (11)
5	100	40	7.70	15.39	0.38	3.92	23 (11)	33 (11)	300 (11)
6	100	40	7.70	15.39	0.62	4.90	35 (11)	168 (11)	452 (11)
7	100	40	7.70	15.39	0.93	5.88	52 (11)	431 (11)	647 (11)
8	100	40	7.70	15.39	1.31	6.86	74 (11)	847 (11)	886 (11)
9	100	40	7.70	15.39	1.76	7.85	100 (11)	1430 (11)	1168 (11)
10	100	40	7.70	15.39	2.31	8.83	130 (11)	2188 (11)	1492 (11)
11	100	40	7.70	15.39	2.94	9.81	166 (11)	3130 (11)	1861 (11)
12	100	40	7.70	15.39	3.66	10.79	206 (11)	4265 (11)	2275 (11)
13	100	40	7.70	15.39	4.49	11.77	252 (11)	5603 (11)	2739 (11)
14	100	40	7.70	15.39	5.42	12.75	304 (11)	7155 (11)	3254 (11)
15	100	40	7.70	15.39	6.47	13.73	361 (11)	8930 (11)	3822 (11)
16	100	40	7.70	15.39	7.63	14.71	425 (11)	10939 (11)	4446 (11)
17	100	40	7.70	15.39	8.91	15.69	495 (11)	13193 (11)	5130 (11)
18	100	40	7.70	15.39	10.32	16.67	571 (11)	15702 (11)	5874 (11)
19	100	40	7.70	15.39	11.86	17.65	655 (11)	18476 (11)	6683 (11)
20	100	40	7.70	15.39	13.54	18.63	746 (11)	21528 (11)	7558 (11)
21	100	40	7.70	15.39	15.36	19.61	845 (11)	24867 (11)	8503 (11)
22	100	40	7.70	15.39	17.33	20.59	951 (11)	28503 (11)	9520 (11)
23	100	40	7.70	15.39	19.46	21.57	1066 (11)	32449 (11)	10611 (11)
24	100	40	7.70	15.39	21.75	22.56	1189 (11)	36715 (11)	11779 (11)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo  
Tensione massima di trazione dell'acciaio

15978 [kPa]  
337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (11)	0 (11)	0 (11)
2	100	50	15.39	15.39	0.19	0.00	6 (11)	290 (11)	61 (11)
3	100	50	15.39	15.39	0.76	0.00	25 (11)	1164 (11)	243 (11)
4	100	50	15.39	15.39	1.71	0.00	57 (11)	2632 (11)	550 (11)
5	100	50	15.39	15.39	3.05	0.00	102 (11)	4702 (11)	983 (11)
6	100	50	15.39	15.39	4.79	0.00	160 (11)	7382 (11)	1544 (11)
7	100	50	15.39	15.39	6.94	0.00	231 (11)	10680 (11)	2233 (11)
8	100	50	15.39	15.39	9.49	0.00	316 (11)	14606 (11)	3054 (11)
9	100	50	15.39	15.39	-16.41	0.00	546 (11)	5284 (11)	25271 (11)
10	100	50	15.39	15.39	-14.31	0.00	476 (11)	4606 (11)	22027 (11)
11	100	50	15.39	15.39	-12.37	0.00	412 (11)	3982 (11)	19044 (11)
12	100	50	15.39	15.39	-10.60	0.00	353 (11)	3412 (11)	16315 (11)
13	100	50	15.39	15.39	-8.98	0.00	299 (11)	2892 (11)	13831 (11)
14	100	50	15.39	15.39	-7.52	0.00	250 (11)	2422 (11)	11583 (11)
15	100	50	15.39	15.39	-6.21	0.00	207 (11)	2000 (11)	9564 (11)
16	100	50	15.39	15.39	-5.04	0.00	168 (11)	1623 (11)	7764 (11)
17	100	50	15.39	15.39	-4.01	0.00	133 (11)	1291 (11)	6175 (11)
18	100	50	15.39	15.39	-3.11	0.00	104 (11)	1002 (11)	4789 (11)
19	100	50	15.39	15.39	-2.34	0.00	78 (11)	752 (11)	3598 (11)
20	100	50	15.39	15.39	-1.68	0.00	56 (11)	542 (11)	2593 (11)
21	100	50	15.39	15.39	-1.15	0.00	38 (11)	369 (11)	1766 (11)
22	100	50	15.39	15.39	-0.72	0.00	24 (11)	232 (11)	1108 (11)
23	100	50	15.39	15.39	-0.40	0.00	13 (11)	128 (11)	610 (11)
24	100	50	15.39	15.39	-0.17	0.00	6 (11)	56 (11)	266 (11)
25	100	50	15.39	15.39	-0.04	0.00	1 (11)	14 (11)	65 (11)
26	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (11)	0 (11)	0 (11)

**Combinazioni SLEQ**

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	53 di 85

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11620 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	7.70	15.39	0.00	0.00	0 (12)	0 (12)	0 (12)
2	100	40	7.70	15.39	0.01	0.98	3 (12)	27 (12)	41 (12)
3	100	40	7.70	15.39	0.06	1.96	7 (12)	41 (12)	95 (12)
4	100	40	7.70	15.39	0.15	2.94	12 (12)	42 (12)	165 (12)
5	100	40	7.70	15.39	0.28	3.92	19 (12)	26 (12)	251 (12)
6	100	40	7.70	15.39	0.45	4.90	27 (12)	23 (12)	362 (12)
7	100	40	7.70	15.39	0.68	5.88	39 (12)	139 (12)	507 (12)
8	100	40	7.70	15.39	0.98	6.86	55 (12)	359 (12)	692 (12)
9	100	40	7.70	15.39	1.33	7.85	75 (12)	713 (12)	918 (12)
10	100	40	7.70	15.39	1.76	8.83	99 (12)	1217 (12)	1184 (12)
11	100	40	7.70	15.39	2.26	9.81	127 (12)	1883 (12)	1490 (12)
12	100	40	7.70	15.39	2.84	10.79	160 (12)	2720 (12)	1837 (12)
13	100	40	7.70	15.39	3.51	11.77	198 (12)	3735 (12)	2227 (12)
14	100	40	7.70	15.39	4.28	12.75	241 (12)	4939 (12)	2661 (12)
15	100	40	7.70	15.39	5.14	13.73	289 (12)	6342 (12)	3143 (12)
16	100	40	7.70	15.39	6.10	14.71	342 (12)	7952 (12)	3674 (12)
17	100	40	7.70	15.39	7.17	15.69	401 (12)	9781 (12)	4258 (12)
18	100	40	7.70	15.39	8.36	16.67	466 (12)	11839 (12)	4896 (12)
19	100	40	7.70	15.39	9.66	17.65	537 (12)	14136 (12)	5592 (12)
20	100	40	7.70	15.39	11.09	18.63	615 (12)	16684 (12)	6348 (12)
21	100	40	7.70	15.39	12.65	19.61	700 (12)	19492 (12)	7166 (12)
22	100	40	7.70	15.39	14.35	20.59	792 (12)	22571 (12)	8050 (12)
23	100	40	7.70	15.39	16.18	21.57	891 (12)	25933 (12)	9002 (12)
24	100	40	7.70	15.39	18.16	22.56	998 (12)	29587 (12)	10024 (12)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11620 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (12)	0 (12)	0 (12)
2	100	50	15.39	15.39	0.17	0.00	6 (12)	263 (12)	55 (12)
3	100	50	15.39	15.39	0.69	0.00	23 (12)	1057 (12)	221 (12)
4	100	50	15.39	15.39	1.55	0.00	52 (12)	2391 (12)	500 (12)
5	100	50	15.39	15.39	2.78	0.00	92 (12)	4274 (12)	894 (12)
6	100	50	15.39	15.39	4.36	0.00	145 (12)	6715 (12)	1404 (12)
7	100	50	15.39	15.39	6.32	0.00	210 (12)	9723 (12)	2033 (12)
8	100	50	15.39	15.39	8.64	0.00	288 (12)	13308 (12)	2783 (12)
9	100	50	15.39	15.39	-13.16	0.00	438 (12)	4236 (12)	20256 (12)
10	100	50	15.39	15.39	-11.41	0.00	380 (12)	3672 (12)	17562 (12)
11	100	50	15.39	15.39	-9.81	0.00	326 (12)	3158 (12)	15100 (12)
12	100	50	15.39	15.39	-8.35	0.00	278 (12)	2689 (12)	12862 (12)
13	100	50	15.39	15.39	-7.04	0.00	234 (12)	2266 (12)	10838 (12)
14	100	50	15.39	15.39	-5.86	0.00	195 (12)	1886 (12)	9020 (12)
15	100	50	15.39	15.39	-4.81	0.00	160 (12)	1547 (12)	7399 (12)
16	100	50	15.39	15.39	-3.88	0.00	129 (12)	1248 (12)	5966 (12)
17	100	50	15.39	15.39	-3.06	0.00	102 (12)	985 (12)	4712 (12)
18	100	50	15.39	15.39	-2.36	0.00	78 (12)	759 (12)	3627 (12)
19	100	50	15.39	15.39	-1.76	0.00	58 (12)	565 (12)	2704 (12)
20	100	50	15.39	15.39	-1.26	0.00	42 (12)	404 (12)	1933 (12)

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	54 di 85

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
21	100	50	15.39	15.39	-0.85	0.00	28 (12)	273 (12)	1305 (12)
22	100	50	15.39	15.39	-0.53	0.00	18 (12)	170 (12)	812 (12)
23	100	50	15.39	15.39	-0.29	0.00	10 (12)	93 (12)	443 (12)
24	100	50	15.39	15.39	-0.12	0.00	4 (12)	40 (12)	191 (12)
25	100	50	15.39	15.39	-0.03	0.00	1 (12)	10 (12)	46 (12)
26	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (12)	0 (12)	0 (12)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
$\epsilon$	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLER

Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\epsilon$	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (10)
2	100	40	0.00	0.00	0.03	64.53	0.000000	0.00	0.000 (10)
3	100	40	0.00	0.00	0.12	548.18	0.000000	0.00	0.000 (10)
4	100	40	15.39	1000.00	0.27	368.23	0.000000	0.00	0.000 (10)
5	100	40	15.39	1000.00	0.49	201.09	0.000000	0.00	0.000 (10)
6	100	40	15.39	1000.00	0.79	158.27	0.000000	0.00	0.000 (10)
7	100	40	15.39	1000.00	1.17	138.72	0.000000	0.00	0.000 (10)
8	100	40	15.39	1000.00	1.64	127.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
9	100	40	15.39	1000.00	2.20	120.36	0.000000	0.00	0.000 (10)
10	100	40	15.39	1000.00	2.86	115.34	0.000000	0.00	0.000 (10)
11	100	40	15.39	1000.00	3.62	111.65	0.000000	0.00	0.000 (10)
12	100	40	15.39	1000.00	4.48	108.83	0.000000	0.00	0.000 (10)
13	100	40	15.39	1000.00	5.47	106.61	0.000000	0.00	0.000 (10)
14	100	40	15.39	1000.00	6.57	104.81	0.000000	0.00	0.000 (10)
15	100	40	15.39	1000.00	7.79	103.34	0.000000	0.00	0.000 (10)
16	100	40	15.39	1000.00	9.15	102.11	0.000000	0.00	0.000 (10)
17	100	40	15.39	1000.00	10.64	101.07	0.000000	0.00	0.000 (10)
18	100	40	15.39	1000.00	12.27	100.18	0.000000	0.00	0.000 (10)
19	100	40	15.39	1000.00	14.05	99.41	0.000000	0.00	0.000 (10)
20	100	40	15.39	1000.00	15.98	98.74	0.000000	0.00	0.000 (10)
21	100	40	15.39	1000.00	18.07	98.15	0.000000	0.00	0.000 (10)
22	100	40	15.39	1000.00	20.32	97.63	0.000000	0.00	0.000 (10)
23	100	40	15.39	1000.00	22.74	97.16	0.000000	0.00	0.000 (10)
24	100	40	15.39	1000.00	25.33	96.75	0.000000	0.00	0.000 (10)

Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	55 di 85

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (10)
2	100	50	15.39	1000.00	0.21	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
3	100	50	15.39	1000.00	0.83	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
4	100	50	15.39	1000.00	1.87	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
5	100	50	15.39	1000.00	3.33	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
6	100	50	15.39	1000.00	5.23	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
7	100	50	15.39	1000.00	7.56	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
8	100	50	15.39	1000.00	10.33	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
9	100	50	15.39	1000.00	-19.67	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
10	100	50	15.39	1000.00	-17.21	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
11	100	50	15.39	1000.00	-14.93	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
12	100	50	15.39	1000.00	-12.84	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
13	100	50	15.39	1000.00	-10.93	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
14	100	50	15.39	1000.00	-9.19	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
15	100	50	15.39	1000.00	-7.62	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
16	100	50	15.39	1000.00	-6.21	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
17	100	50	15.39	1000.00	-4.96	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
18	100	50	15.39	1000.00	-3.87	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
19	100	50	15.39	1000.00	-2.92	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
20	100	50	15.39	1000.00	-2.11	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
21	100	50	15.39	1000.00	-1.45	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
22	100	50	15.39	1000.00	-0.91	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
23	100	50	15.39	1000.00	-0.51	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
24	100	50	15.39	1000.00	-0.22	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
25	100	50	15.39	1000.00	-0.05	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
26	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (10)

**Combinazioni SLEF**

Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)
2	100	40	0.00	0.00	0.02	41.75	0.000000	0.00	0.000 (11)
3	100	40	0.00	0.00	0.09	173.93	0.000000	0.00	0.000 (11)
4	100	40	0.00	0.00	0.21	3581.49	0.000000	0.00	0.000 (11)
5	100	40	15.39	1000.00	0.38	306.14	0.000000	0.00	0.000 (11)
6	100	40	15.39	1000.00	0.62	198.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
7	100	40	15.39	1000.00	0.93	161.05	0.000000	0.00	0.000 (11)
8	100	40	15.39	1000.00	1.31	142.17	0.000000	0.00	0.000 (11)
9	100	40	15.39	1000.00	1.76	130.81	0.000000	0.00	0.000 (11)
10	100	40	15.39	1000.00	2.31	123.25	0.000000	0.00	0.000 (11)
11	100	40	15.39	1000.00	2.94	117.88	0.000000	0.00	0.000 (11)
12	100	40	15.39	1000.00	3.66	113.88	0.000000	0.00	0.000 (11)
13	100	40	15.39	1000.00	4.49	110.79	0.000000	0.00	0.000 (11)
14	100	40	15.39	1000.00	5.42	108.34	0.000000	0.00	0.000 (11)
15	100	40	15.39	1000.00	6.47	106.35	0.000000	0.00	0.000 (11)
16	100	40	15.39	1000.00	7.63	104.71	0.000000	0.00	0.000 (11)
17	100	40	15.39	1000.00	8.91	103.34	0.000000	0.00	0.000 (11)
18	100	40	15.39	1000.00	10.32	102.18	0.000000	0.00	0.000 (11)
19	100	40	15.39	1000.00	11.86	101.18	0.000000	0.00	0.000 (11)
20	100	40	15.39	1000.00	13.54	100.32	0.000000	0.00	0.000 (11)
21	100	40	15.39	1000.00	15.36	99.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
22	100	40	15.39	1000.00	17.33	98.90	0.000000	0.00	0.000 (11)
23	100	40	15.39	1000.00	19.46	98.32	0.000000	0.00	0.000 (11)
24	100	40	15.39	1000.00	21.75	97.80	0.000000	0.00	0.000 (11)

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	56 di 85

**Fondazione**

 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	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)
2	100	50	15.39	1000.00	0.19	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
3	100	50	15.39	1000.00	0.76	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
4	100	50	15.39	1000.00	1.71	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
5	100	50	15.39	1000.00	3.05	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
6	100	50	15.39	1000.00	4.79	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
7	100	50	15.39	1000.00	6.94	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
8	100	50	15.39	1000.00	9.49	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
9	100	50	15.39	1000.00	-16.41	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
10	100	50	15.39	1000.00	-14.31	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
11	100	50	15.39	1000.00	-12.37	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
12	100	50	15.39	1000.00	-10.60	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
13	100	50	15.39	1000.00	-8.98	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
14	100	50	15.39	1000.00	-7.52	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
15	100	50	15.39	1000.00	-6.21	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
16	100	50	15.39	1000.00	-5.04	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
17	100	50	15.39	1000.00	-4.01	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
18	100	50	15.39	1000.00	-3.11	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
19	100	50	15.39	1000.00	-2.34	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
20	100	50	15.39	1000.00	-1.68	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
21	100	50	15.39	1000.00	-1.15	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
22	100	50	15.39	1000.00	-0.72	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
23	100	50	15.39	1000.00	-0.40	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
24	100	50	15.39	1000.00	-0.17	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
25	100	50	15.39	1000.00	-0.04	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
26	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)

**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	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)
2	100	40	0.00	0.00	0.01	24.79	0.000000	0.00	0.000 (12)
3	100	40	0.00	0.00	0.06	76.14	0.000000	0.00	0.000 (12)
4	100	40	0.00	0.00	0.15	239.00	0.000000	0.00	0.000 (12)
5	100	40	0.00	0.00	0.28	4640.51	0.000000	0.00	0.000 (12)
6	100	40	15.39	1000.00	0.45	356.48	0.000000	0.00	0.000 (12)
7	100	40	15.39	1000.00	0.68	222.37	0.000000	0.00	0.000 (12)
8	100	40	15.39	1000.00	0.98	176.05	0.000000	0.00	0.000 (12)
9	100	40	15.39	1000.00	1.33	152.70	0.000000	0.00	0.000 (12)
10	100	40	15.39	1000.00	1.76	138.71	0.000000	0.00	0.000 (12)
11	100	40	15.39	1000.00	2.26	129.44	0.000000	0.00	0.000 (12)
12	100	40	15.39	1000.00	2.84	122.87	0.000000	0.00	0.000 (12)
13	100	40	15.39	1000.00	3.51	117.99	0.000000	0.00	0.000 (12)
14	100	40	15.39	1000.00	4.28	114.23	0.000000	0.00	0.000 (12)
15	100	40	15.39	1000.00	5.14	111.27	0.000000	0.00	0.000 (12)
16	100	40	15.39	1000.00	6.10	108.87	0.000000	0.00	0.000 (12)
17	100	40	15.39	1000.00	7.17	106.90	0.000000	0.00	0.000 (12)
18	100	40	15.39	1000.00	8.36	105.26	0.000000	0.00	0.000 (12)
19	100	40	15.39	1000.00	9.66	103.87	0.000000	0.00	0.000 (12)
20	100	40	15.39	1000.00	11.09	102.68	0.000000	0.00	0.000 (12)

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	57 di 85

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
21	100	40	15.39	1000.00	12.65	101.66	0.000000	0.00	0.000 (12)
22	100	40	15.39	1000.00	14.35	100.77	0.000000	0.00	0.000 (12)
23	100	40	15.39	1000.00	16.18	99.99	0.000000	0.00	0.000 (12)
24	100	40	15.39	1000.00	18.16	99.30	0.000000	0.00	0.000 (12)

Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)
2	100	50	15.39	1000.00	0.17	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
3	100	50	15.39	1000.00	0.69	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
4	100	50	15.39	1000.00	1.55	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
5	100	50	15.39	1000.00	2.78	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
6	100	50	15.39	1000.00	4.36	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
7	100	50	15.39	1000.00	6.32	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
8	100	50	15.39	1000.00	8.64	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
9	100	50	15.39	1000.00	-13.16	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
10	100	50	15.39	1000.00	-11.41	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
11	100	50	15.39	1000.00	-9.81	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
12	100	50	15.39	1000.00	-8.35	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
13	100	50	15.39	1000.00	-7.04	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
14	100	50	15.39	1000.00	-5.86	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
15	100	50	15.39	1000.00	-4.81	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
16	100	50	15.39	1000.00	-3.88	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
17	100	50	15.39	1000.00	-3.06	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
18	100	50	15.39	1000.00	-2.36	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
19	100	50	15.39	1000.00	-1.76	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
20	100	50	15.39	1000.00	-1.26	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
21	100	50	15.39	1000.00	-0.85	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
22	100	50	15.39	1000.00	-0.53	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
23	100	50	15.39	1000.00	-0.29	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
24	100	50	15.39	1000.00	-0.12	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
25	100	50	15.39	1000.00	-0.03	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
26	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)

## 10 TABULATO DI CALCOLO MURO

### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$	R <sub>ck</sub>	E	$\nu$	n	ntc
				[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
1	C30/37	C30/37	B450C	24.5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub>	f <sub>uk</sub>
	[kPa]	[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	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0.00	0.00	0.000
2	10.00	0.00	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 [°]

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	59 di 85

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-5.00	-5.60	0.000
2	15.00	-5.60	0.000

Geometria muro

*Geometria paramento e fondazione*

Lunghezza muro 10.00 [m]

Paramento

Materiale C30/37  
 Altezza paramento 2.30 [m]  
 Altezza paramento libero 2.00 [m]  
 Spessore in sommità 0.40 [m]  
 Spessore all'attacco con la fondazione 0.40 [m]  
 Inclinazione paramento esterno 0.00 [°]  
 Inclinazione paramento interno 0.00 [°]

Fondazione

Materiale C30/37  
 Lunghezza mensola di valle 0.70 [m]  
 Lunghezza mensola di monte 1.70 [m]  
 Lunghezza totale 2.80 [m]  
 Inclinazione piano di posa 0.00 [°]  
 Spessore 0.50 [m]  
 Spessore magrone 0.00 [m]

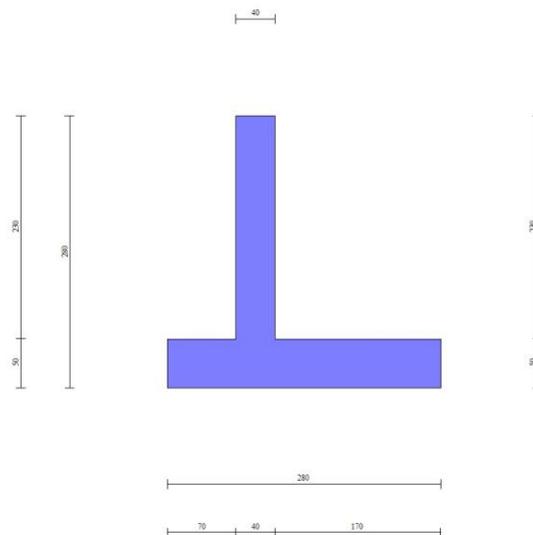


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	60 di 85

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	Rilevato ferr.	20.0000	20.0000	35.000	0.000	0	0	---	---
2	U3a	16.5000	16.5000	25.000	16.670	10	0	---	---
3	U3b	16.5000	16.5000	30.000	20.000	0	0	---	---

Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [kPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricomprensione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [kPa]	$\nu$	Ed [kPa]	CR	RR	OCR
1	Rilevato ferr.	0	0.000	0	0.000	0.000	1.000
2	U3a	25000	0.000	50000	0.000	0.000	1.000
3	U3b	35000	0.000	70000	0.000	0.000	1.000

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)
Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')	
Kststa, Kstsis	Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	2.80	0.000	Rilevato ferr.	---	---	---	---	---
2	5.00	0.000	U3a	---	---	---	---	---
3	15.00	0.000	U3b	---	---	---	---	---

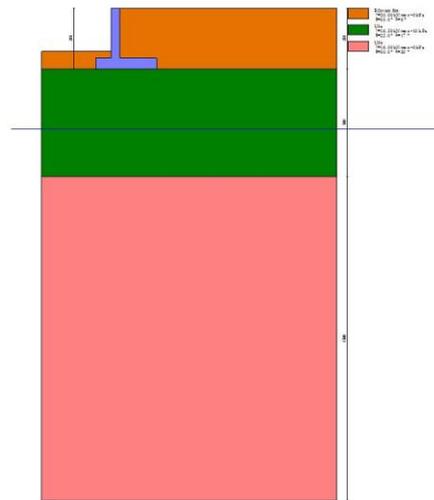


Fig. 2 - Stratigrafia

### 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 <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kN]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN]

#### Condizione n° 1 (Veicoli) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.50$

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	M	X <sub>i</sub>	X <sub>f</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>f</sub>
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0.00	10.00	20.0000	20.0000

### 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

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	62 di 85

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.00	1.50	1.45	1.45	1.25	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	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  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:

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

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

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
------------	----------	--------	---------

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	63 di 85

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Veicoli	1.45	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Veicoli	1.25	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Veicoli	1.45	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	64 di 85

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Veicoli	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Veicoli	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Veicoli	1.00	0.50	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	
Provincia	Roma
Regione	Lazio
Latitudine	42.067030
Longitudine	12.292680
Indice punti di interpolazione	27621 - 27843 - 27844 - 27622
Vita nominale	75 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.734	0.430
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.075	0.044
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.944	2.669
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.351	0.276
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo		0.380	4.262
Ultimo - Ribaltamento		0.570	6.393
Esercizio		0.470	3.091

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	65 di 85

**Opzioni di calcolo**

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_{\gamma}$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione

Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
$\Delta H$ massimo suddivisione strati	1.00 [m]

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

**Paramento e fondazione muro**

Condizioni ambientali	Ordinarie
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:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.20$$

$$w_3=0.20$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	66 di 85

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.55 $f_{ck}$	0.75 $f_{yk}$
Frequente	0.55 $f_{ck}$	0.75 $f_{yk}$
Quasi permanente	0.40 $f_{ck}$	0.75 $f_{yk}$

## Risultati per involucro

### 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]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	49.63	0.00	49.63	0.00	1.70	-1.66
	Peso/Inerzia muro			0.00	56.88/0.00	0.10	-1.99
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	127.50/0.00	0.85	-1.15
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00
2	Spinta statica	21.25	0.00	21.25	0.00	1.70	-1.87
	Incremento di spinta sismica		2.26	2.26	0.00	1.70	-1.87
	Peso/Inerzia muro			2.42	56.88/1.21	0.10	-1.99
	Peso/Inerzia terrapieno			3.33	78.20/1.67	0.85	-1.15
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00

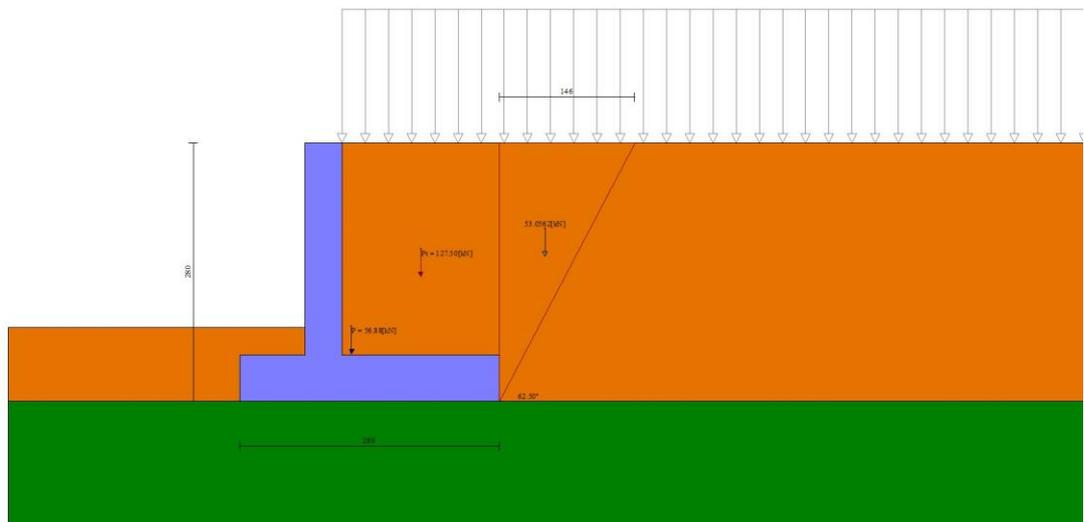


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

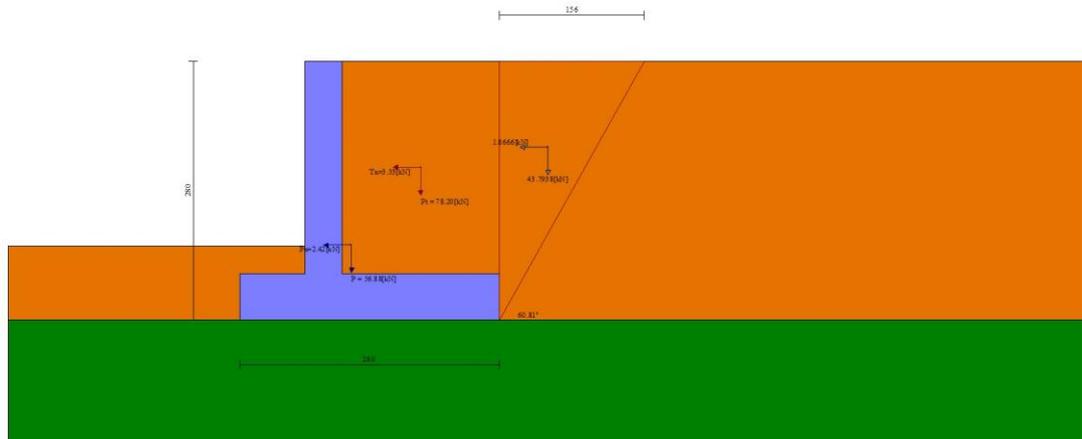


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

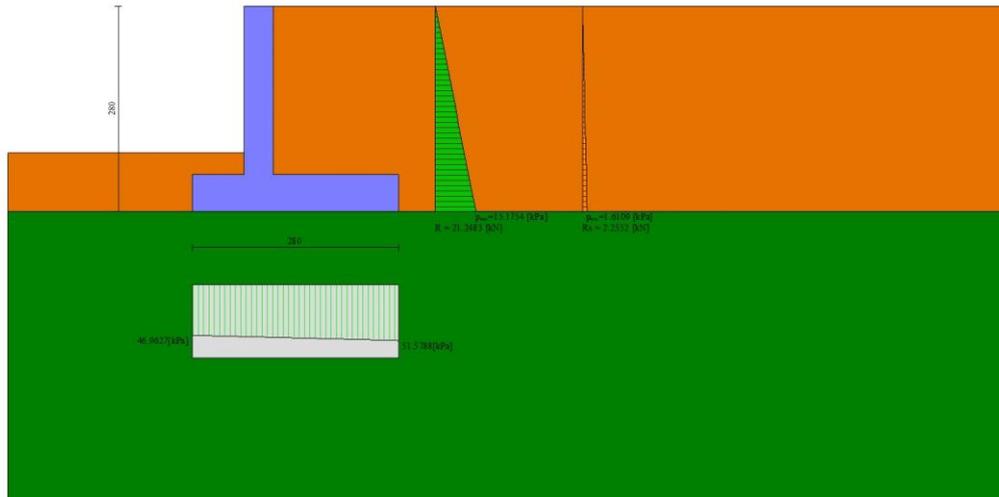


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.113		4.262			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.412		6.439			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.396		6.697			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.781		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.713		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				2.725		
7 - EQU (A1-M1-R3)			5.601				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		6.661				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		5.519				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
R <sub>sa</sub>	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
R <sub>pt</sub>	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
R <sub>ps</sub>	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R <sub>p</sub>	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
R <sub>t</sub>	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di R <sub>sa</sub> +R <sub>pt</sub> +R <sub>ps</sub> +R <sub>p</sub> ), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	70 di 85

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	55.21	0.00	0.00	--	--	55.21	49.63	1.113
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	39.59	0.00	0.00	--	--	39.59	28.36	1.396

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	184.38	785.77	561.26	4.262
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	137.96	888.25	740.21	6.439

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_c$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
$\gamma$	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	ry	D	B' H	$\gamma$	$\phi$	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	20.721	0.693	1.090	--	--	--	--	0.963	0.80	2.78 2.20	16.50	25.00	10
	10.662	0.693	1.045	--	--	--	--						
	6.766	0.158	1.045	--	--	--	--						
2	20.721	0.752	1.090	--	--	--	--	0.963	0.80	2.76 2.20	16.50	25.00	10
	10.662	0.752	1.045	--	--	--	--						
	6.766	0.271	1.045	--	--	--	--						

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	316.98	56.59	5.601
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	220.84	40.02	5.519

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	71 di 85

*Verifica stabilità globale muro + terreno*

**Simbologia adottata**

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0.50; 1.50	4.84	1.781
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0.50; 1.50	4.84	2.713

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)	
W	peso della striscia espresso in [kN]
Qy	carico sulla striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	2.34	7.97	4.11 - 0.32	66.534	29.256	0	0.0	
2	6.36	7.97	0.32	58.860	29.256	0	0.0	
3	9.35	7.97	0.32	52.135	29.256	0	0.0	
4	11.72	7.97	0.32	46.328	29.256	0	0.0	
5	13.67	7.97	0.32	41.091	29.256	0	0.0	
6	15.30	7.97	0.32	36.248	29.256	0	0.0	
7	16.67	7.97	0.32	31.691	29.256	0	0.0	
8	15.25	7.97	0.32	27.349	29.256	0	0.0	
9	19.34	7.97	0.32	23.173	20.458	8	0.0	
10	19.99	7.97	0.32	19.124	20.458	8	0.0	
11	20.51	7.97	0.32	15.172	20.458	8	0.0	
12	20.90	7.97	0.32	11.293	20.458	8	0.0	
13	20.46	7.20	0.32	7.466	20.458	8	0.0	
14	24.65	0.00	0.32	3.673	20.458	8	0.0	
15	9.95	0.00	0.32	-0.104	20.458	8	0.0	
16	8.59	0.00	0.32	-3.882	20.458	8	0.0	
17	7.95	0.00	0.32	-7.676	20.458	8	0.0	
18	7.41	0.00	0.32	-11.506	20.458	8	0.0	
19	7.01	0.00	0.32	-15.388	20.458	8	0.0	
20	6.49	0.00	0.32	-19.344	20.458	8	0.0	
21	5.83	0.00	0.32	-23.400	20.458	8	0.0	
22	5.00	0.00	0.32	-27.584	29.256	0	0.0	
23	3.85	0.00	0.32	-31.936	29.256	0	0.0	
24	2.47	0.00	0.32	-36.507	29.256	0	0.0	
25	0.82	0.00	-3.86 - 0.32	-40.188	29.256	0	0.0	

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	2.34	0.00	4.11 - 0.32	66.534	35.000	0	0.0	
2	6.36	0.00	0.32	58.860	35.000	0	0.0	
3	9.35	0.00	0.32	52.135	35.000	0	0.0	
4	11.72	0.00	0.32	46.328	35.000	0	0.0	
5	13.67	0.00	0.32	41.091	35.000	0	0.0	
6	15.30	0.00	0.32	36.248	35.000	0	0.0	
7	16.67	0.00	0.32	31.691	35.000	0	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
8	15.25	0.00	0.32	27.349	35.000	0	0.0	
9	19.34	0.00	0.32	23.173	25.000	10	0.0	
10	19.99	0.00	0.32	19.124	25.000	10	0.0	
11	20.51	0.00	0.32	15.172	25.000	10	0.0	
12	20.90	0.00	0.32	11.293	25.000	10	0.0	
13	20.46	0.00	0.32	7.466	25.000	10	0.0	
14	24.65	0.00	0.32	3.673	25.000	10	0.0	
15	9.95	0.00	0.32	-0.104	25.000	10	0.0	
16	8.59	0.00	0.32	-3.882	25.000	10	0.0	
17	7.95	0.00	0.32	-7.676	25.000	10	0.0	
18	7.41	0.00	0.32	-11.506	25.000	10	0.0	
19	7.01	0.00	0.32	-15.388	25.000	10	0.0	
20	6.49	0.00	0.32	-19.344	25.000	10	0.0	
21	5.83	0.00	0.32	-23.400	25.000	10	0.0	
22	5.00	0.00	0.32	-27.584	35.000	0	0.0	
23	3.85	0.00	0.32	-31.936	35.000	0	0.0	
24	2.47	0.00	0.32	-36.507	35.000	0	0.0	
25	0.82	0.00	-3.86 - 0.32	-40.188	35.000	0	0.0	

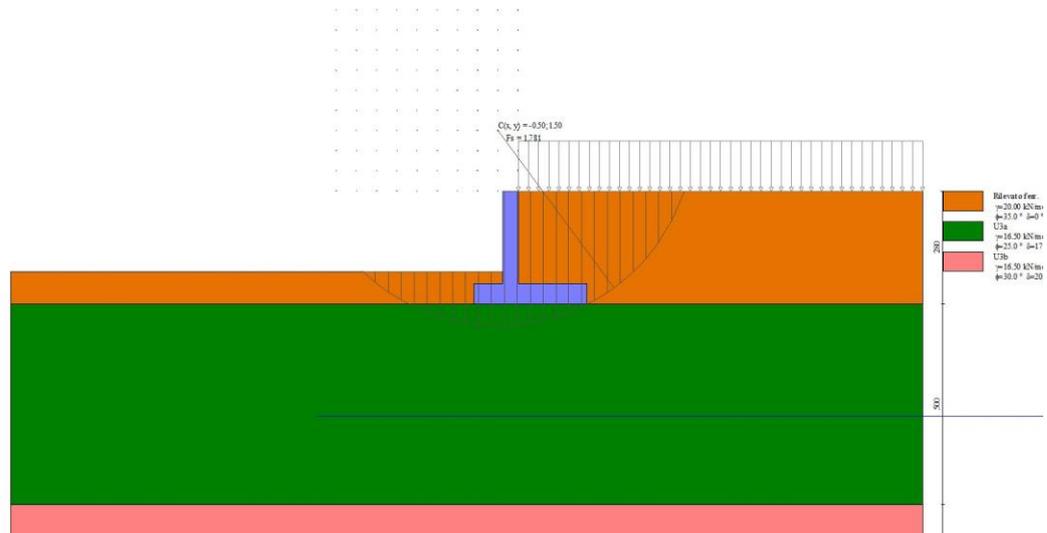


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Cedimenti

### Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
10	-1.10; -2.80	0.341	0.015
10	0.30; -2.80	0.487	0.162
10	1.70; -2.80	0.325	0.000

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	73 di 85

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]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.98	0.98	0.07	0.82	0.00	0.04
3	-0.20	1.96	1.96	0.20	1.71	0.02	0.17
4	-0.30	2.94	2.94	0.39	2.68	0.05	0.39
5	-0.40	3.92	3.92	0.63	3.71	0.10	0.70
6	-0.50	4.90	4.90	0.93	4.81	0.17	1.13
7	-0.60	5.88	5.88	1.29	5.99	0.28	1.67
8	-0.70	6.86	6.86	1.71	7.23	0.43	2.33
9	-0.80	7.85	7.85	2.18	8.55	0.63	3.12
10	-0.90	8.83	8.83	2.71	9.93	0.87	4.04
11	-1.00	9.81	9.81	3.30	11.39	1.17	5.11
12	-1.10	10.79	10.79	3.95	12.91	1.53	6.32
13	-1.20	11.77	11.77	4.66	14.51	1.96	7.69
14	-1.30	12.75	12.75	5.42	16.17	2.47	9.22
15	-1.40	13.73	13.73	6.24	17.91	3.05	10.93
16	-1.50	14.71	14.71	7.12	19.72	3.72	12.81
17	-1.60	15.69	15.69	8.05	21.60	4.47	14.87
18	-1.70	16.67	16.67	9.04	23.54	5.33	17.13
19	-1.80	17.65	17.65	10.09	25.56	6.29	19.59
20	-1.90	18.63	18.63	11.20	27.65	7.35	22.25
21	-2.00	19.61	19.61	12.37	29.81	8.53	25.12
22	-2.10	20.59	20.59	13.59	32.04	9.83	28.21
23	-2.20	21.57	21.57	14.87	34.34	11.25	31.53
24	-2.30	22.56	22.56	16.21	36.71	12.80	35.08

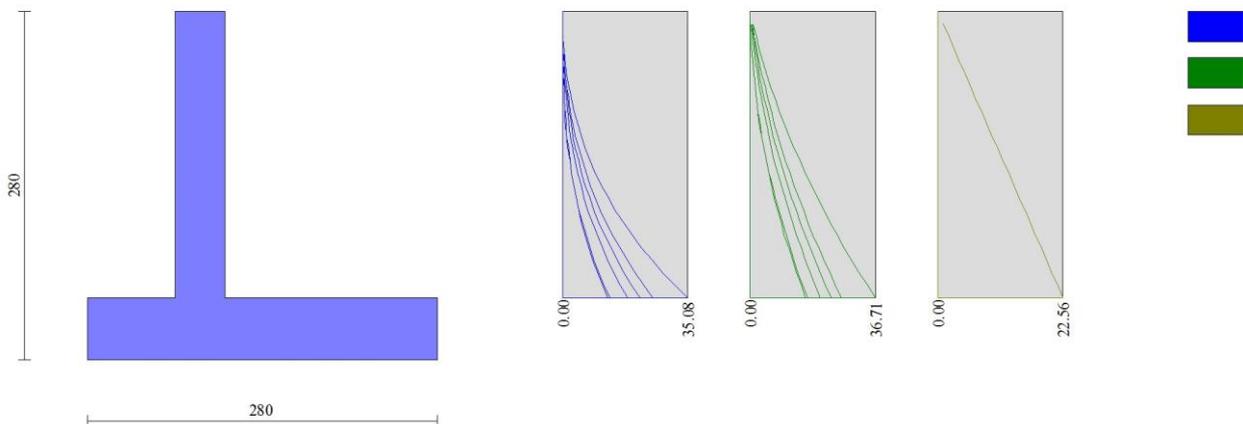


Fig. 8 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	-1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.00	0.00	0.00	3.31	5.19	0.17	0.26
3	-0.90	0.00	0.00	6.64	10.40	0.66	1.04
4	-0.80	0.00	0.00	9.97	15.62	1.49	2.34
5	-0.70	0.00	0.00	13.32	20.85	2.66	4.16
6	-0.60	0.00	0.00	16.69	26.09	4.16	6.51
7	-0.50	0.00	0.00	20.07	31.34	6.00	9.38
8	-0.40	0.00	0.00	23.46	36.61	8.17	12.78
9	0.00	0.00	0.00	-58.70	-13.74	-49.39	-11.00
10	0.10	0.00	0.00	-55.15	-12.80	-43.70	-9.68
11	0.20	0.00	0.00	-51.61	-11.87	-38.36	-8.44
12	0.30	0.00	0.00	-48.08	-10.97	-33.38	-7.30
13	0.40	0.00	0.00	-44.57	-10.08	-28.74	-6.25
14	0.50	0.00	0.00	-41.07	-9.20	-24.46	-5.28
15	0.60	0.00	0.00	-37.58	-8.35	-20.53	-4.41
16	0.70	0.00	0.00	-34.10	-7.50	-16.95	-3.61
17	0.80	0.00	0.00	-30.63	-6.68	-13.71	-2.91
18	0.90	0.00	0.00	-27.18	-5.87	-10.82	-2.28
19	1.00	0.00	0.00	-23.74	-5.08	-8.27	-1.73
20	1.10	0.00	0.00	-20.31	-4.30	-6.07	-1.26
21	1.20	0.00	0.00	-16.90	-3.55	-4.21	-0.85
22	1.30	0.00	0.00	-13.49	-2.79	-2.69	-0.53
23	1.40	0.00	0.00	-10.10	-2.01	-1.51	-0.29
24	1.50	0.00	0.00	-6.72	-1.28	-0.67	-0.12
25	1.60	0.00	0.00	-3.35	-0.61	-0.17	-0.03
26	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

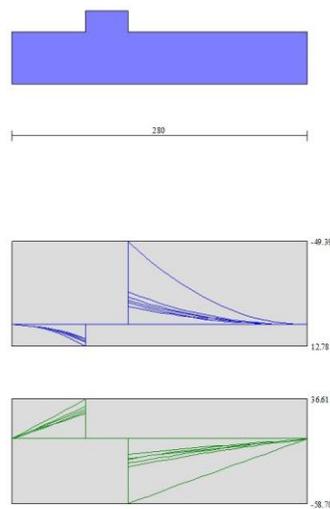


Fig. 9 - Fondazione

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	75 di 85

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	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espressa in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	40	7.70	15.39	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	40	7.70	15.39	0.04	0.98	230.49	5584.01	5694.015
3	100	40	7.70	15.39	0.17	1.96	365.65	4302.81	2193.788
4	100	40	7.70	15.39	0.39	2.94	435.39	3321.09	1128.840
5	100	40	7.70	15.39	0.70	3.92	460.37	2563.24	653.434
6	100	40	7.70	15.39	1.13	4.90	430.60	1868.21	381.003
7	100	40	7.70	15.39	1.67	5.88	392.02	1381.55	234.794
8	100	40	7.70	15.39	2.33	6.86	357.28	1052.67	153.343
9	100	40	7.70	15.39	3.12	7.85	329.14	828.13	105.555
10	100	40	7.70	15.39	4.04	8.83	307.35	671.25	76.052
11	100	40	7.70	15.39	5.11	9.81	290.33	557.57	56.855
12	100	40	7.70	15.39	6.32	10.79	277.24	473.17	43.862
13	100	40	7.70	15.39	7.69	11.77	267.29	408.98	34.753
14	100	40	7.70	15.39	9.22	12.75	259.48	358.62	28.129
15	100	40	7.70	15.39	10.93	13.73	253.20	318.10	23.169
16	100	40	7.70	15.39	12.81	14.71	248.04	284.86	19.365
17	100	40	7.70	15.39	14.87	15.69	243.74	257.12	16.387
18	100	40	7.70	15.39	17.13	16.67	240.10	233.67	14.016
19	100	40	7.70	15.39	19.59	17.65	236.99	213.60	12.100
20	100	40	7.70	15.39	22.25	18.63	234.30	196.25	10.532
21	100	40	7.70	15.39	25.12	19.61	231.95	181.12	9.234
22	100	40	7.70	15.39	28.21	20.59	229.89	167.83	8.149
23	100	40	7.70	15.39	31.53	21.57	228.07	156.06	7.234
24	100	40	7.70	15.39	35.08	22.56	226.44	145.59	6.455

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	50	15.39	15.39	0.26	0.00	262.71	0.00	1012.231
3	100	50	15.39	15.39	1.04	0.00	262.71	0.00	252.858
4	100	50	15.39	15.39	2.34	0.00	262.71	0.00	112.292
5	100	50	15.39	15.39	4.16	0.00	262.71	0.00	63.115
6	100	50	15.39	15.39	6.51	0.00	262.71	0.00	40.362
7	100	50	15.39	15.39	9.38	0.00	262.71	0.00	28.007
8	100	50	15.39	15.39	12.78	0.00	262.71	0.00	20.560
9	100	50	15.39	15.39	-49.39	0.00	-262.71	0.00	5.319
10	100	50	15.39	15.39	-43.70	0.00	-262.71	0.00	6.012
11	100	50	15.39	15.39	-38.36	0.00	-262.71	0.00	6.848
12	100	50	15.39	15.39	-33.38	0.00	-262.71	0.00	7.871

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
13	100	50	15.39	15.39	-28.74	0.00	-262.71	0.00	9.139
14	100	50	15.39	15.39	-24.46	0.00	-262.71	0.00	10.739
15	100	50	15.39	15.39	-20.53	0.00	-262.71	0.00	12.796
16	100	50	15.39	15.39	-16.95	0.00	-262.71	0.00	15.502
17	100	50	15.39	15.39	-13.71	0.00	-262.71	0.00	19.161
18	100	50	15.39	15.39	-10.82	0.00	-262.71	0.00	24.280
19	100	50	15.39	15.39	-8.27	0.00	-262.71	0.00	31.752
20	100	50	15.39	15.39	-6.07	0.00	-262.71	0.00	43.270
21	100	50	15.39	15.39	-4.21	0.00	-262.71	0.00	62.385
22	100	50	15.39	15.39	-2.69	0.00	-262.71	0.00	97.596
23	100	50	15.39	15.39	-1.51	0.00	-262.71	0.00	173.715
24	100	50	15.39	15.39	-0.67	0.00	-262.71	0.00	391.337
25	100	50	15.39	15.39	-0.17	0.00	-262.71	0.00	1567.267
26	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000

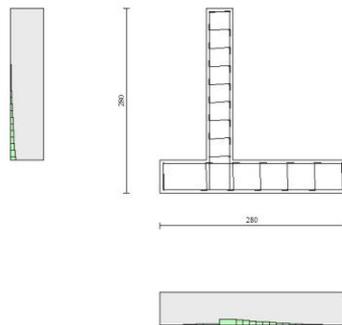


Fig. 10 - Paramento (Inviluppo)

### Verifiche a taglio

#### Simbologia adottata

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

### Paramento

n°	B	H	A <sub>sw</sub>	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
----	---	---	-----------------	------	------------------	------------------	-----------------	---	----

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	77 di 85

	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.34	0.00	100.000
2	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.47	0.82	245.247
3	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.60	1.71	117.599
4	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.73	2.68	75.337
5	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.87	3.71	54.400
6	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.00	4.81	41.963
7	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.13	5.99	33.761
8	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.26	7.23	27.972
9	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.39	8.55	23.685
10	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.53	9.93	20.395
11	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.66	11.39	17.800
12	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.79	12.91	15.707
13	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.92	14.51	13.988
14	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.06	16.17	12.555
15	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.19	17.91	11.345
16	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.32	19.72	10.311
17	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.45	21.60	9.421
18	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.59	23.54	8.647
19	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.72	25.56	7.969
20	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.85	27.65	7.372
21	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.98	29.81	6.842
22	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.12	32.04	6.370
23	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.25	34.34	5.947
24	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.38	36.71	5.567

Fondazione

n°	B	H	A <sub>sw</sub>	cotθ	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	T	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	0.00	100.000
2	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-5.19	47.775
3	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-10.40	23.859
4	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-15.62	15.887
5	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-20.85	11.901
6	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-26.09	9.510
7	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-31.34	7.915
8	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-36.61	6.777
9	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-58.70	4.226
10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-55.15	4.498
11	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-51.61	4.807
12	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-48.08	5.159
13	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-44.57	5.566
14	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-41.07	6.041
15	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-37.58	6.602
16	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-34.10	7.275
17	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-30.63	8.098
18	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-27.18	9.127
19	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-23.74	10.450
20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-20.31	12.214
21	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-16.90	14.683
22	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-13.49	18.387
23	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-10.10	24.561
24	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-6.72	36.910
25	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	-3.35	73.955
26	100	50	0.00	--	0.00	0.00	248.08	0.00	100.000

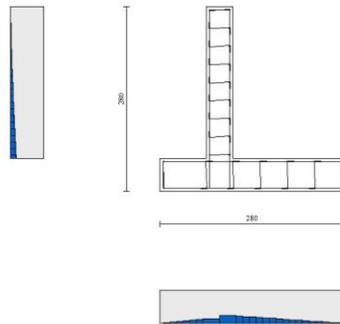


Fig. 11 - Paramento (Inviluppo)

### Verifica delle tensioni

#### Simbologia adottata

$n^\circ$	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]
$\sigma_c$	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
$\sigma_{fi}$	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
$\sigma_{fs}$	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

### Combinazioni SLER

#### Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	15978	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337500	[kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	7.70	15.39	0.00	0.00	0 (10)	0 (10)	0 (10)
2	100	40	7.70	15.39	0.03	0.98	3 (10)	22 (10)	47 (10)
3	100	40	7.70	15.39	0.12	1.96	9 (10)	21 (10)	117 (10)
4	100	40	7.70	15.39	0.27	2.94	16 (10)	12 (10)	216 (10)
5	100	40	7.70	15.39	0.49	3.92	28 (10)	129 (10)	358 (10)
6	100	40	7.70	15.39	0.79	4.90	44 (10)	385 (10)	550 (10)
7	100	40	7.70	15.39	1.17	5.88	66 (10)	811 (10)	789 (10)
8	100	40	7.70	15.39	1.64	6.86	92 (10)	1420 (10)	1075 (10)
9	100	40	7.70	15.39	2.20	7.85	124 (10)	2219 (10)	1407 (10)
10	100	40	7.70	15.39	2.86	8.83	161 (10)	3217 (10)	1787 (10)
11	100	40	7.70	15.39	3.62	9.81	203 (10)	4425 (10)	2217 (10)

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	79 di 85

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
12	100	40	7.70	15.39	4.48	10.79	251 (10)	5851 (10)	2700 (10)
13	100	40	7.70	15.39	5.47	11.77	305 (10)	7505 (10)	3237 (10)
14	100	40	7.70	15.39	6.57	12.75	366 (10)	9399 (10)	3833 (10)
15	100	40	7.70	15.39	7.79	13.73	433 (10)	11543 (10)	4488 (10)
16	100	40	7.70	15.39	9.15	14.71	507 (10)	13948 (10)	5207 (10)
17	100	40	7.70	15.39	10.64	15.69	588 (10)	16624 (10)	5990 (10)
18	100	40	7.70	15.39	12.27	16.67	676 (10)	19581 (10)	6842 (10)
19	100	40	7.70	15.39	14.05	17.65	773 (10)	22832 (10)	7765 (10)
20	100	40	7.70	15.39	15.98	18.63	877 (10)	26386 (10)	8760 (10)
21	100	40	7.70	15.39	18.07	19.61	989 (10)	30254 (10)	9832 (10)
22	100	40	7.70	15.39	20.32	20.59	1111 (10)	34447 (10)	10981 (10)
23	100	40	7.70	15.39	22.74	21.57	1241 (10)	38976 (10)	12212 (10)
24	100	40	7.70	15.39	25.33	22.56	1380 (10)	43852 (10)	13527 (10)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 15978 [kPa]  
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (10)	0 (10)	0 (10)
2	100	50	15.39	15.39	0.21	0.00	7 (10)	317 (10)	66 (10)
3	100	50	15.39	15.39	0.83	0.00	27 (10)	1272 (10)	266 (10)
4	100	50	15.39	15.39	1.87	0.00	62 (10)	2874 (10)	601 (10)
5	100	50	15.39	15.39	3.33	0.00	111 (10)	5130 (10)	1073 (10)
6	100	50	15.39	15.39	5.23	0.00	174 (10)	8049 (10)	1683 (10)
7	100	50	15.39	15.39	7.56	0.00	252 (10)	11637 (10)	2434 (10)
8	100	50	15.39	15.39	10.33	0.00	344 (10)	15904 (10)	3326 (10)
9	100	50	15.39	15.39	-19.67	0.00	655 (10)	6333 (10)	30286 (10)
10	100	50	15.39	15.39	-17.21	0.00	573 (10)	5540 (10)	26492 (10)
11	100	50	15.39	15.39	-14.93	0.00	497 (10)	4807 (10)	22989 (10)
12	100	50	15.39	15.39	-12.84	0.00	427 (10)	4134 (10)	19769 (10)
13	100	50	15.39	15.39	-10.93	0.00	364 (10)	3518 (10)	16824 (10)
14	100	50	15.39	15.39	-9.19	0.00	306 (10)	2958 (10)	14146 (10)
15	100	50	15.39	15.39	-7.62	0.00	254 (10)	2452 (10)	11728 (10)
16	100	50	15.39	15.39	-6.21	0.00	207 (10)	1999 (10)	9561 (10)
17	100	50	15.39	15.39	-4.96	0.00	165 (10)	1597 (10)	7639 (10)
18	100	50	15.39	15.39	-3.87	0.00	129 (10)	1245 (10)	5951 (10)
19	100	50	15.39	15.39	-2.92	0.00	97 (10)	939 (10)	4492 (10)
20	100	50	15.39	15.39	-2.11	0.00	70 (10)	680 (10)	3253 (10)
21	100	50	15.39	15.39	-1.45	0.00	48 (10)	466 (10)	2226 (10)
22	100	50	15.39	15.39	-0.91	0.00	30 (10)	294 (10)	1404 (10)
23	100	50	15.39	15.39	-0.51	0.00	17 (10)	163 (10)	778 (10)
24	100	50	15.39	15.39	-0.22	0.00	7 (10)	71 (10)	340 (10)
25	100	50	15.39	15.39	-0.05	0.00	2 (10)	18 (10)	84 (10)
26	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (10)	0 (10)	0 (10)

**Combinazioni SLEF**

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 15978 [kPa]  
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
----	---	---	-----	-----	---	---	----	-----	-----

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	80 di 85

	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	7.70	15.39	0.00	0.00	0 (11)	0 (11)	0 (11)
2	100	40	7.70	15.39	0.02	0.98	3 (11)	24 (11)	44 (11)
3	100	40	7.70	15.39	0.09	1.96	8 (11)	31 (11)	106 (11)
4	100	40	7.70	15.39	0.21	2.94	14 (11)	19 (11)	189 (11)
5	100	40	7.70	15.39	0.38	3.92	23 (11)	33 (11)	300 (11)
6	100	40	7.70	15.39	0.62	4.90	35 (11)	168 (11)	452 (11)
7	100	40	7.70	15.39	0.93	5.88	52 (11)	431 (11)	647 (11)
8	100	40	7.70	15.39	1.31	6.86	74 (11)	847 (11)	886 (11)
9	100	40	7.70	15.39	1.76	7.85	100 (11)	1430 (11)	1168 (11)
10	100	40	7.70	15.39	2.31	8.83	130 (11)	2188 (11)	1492 (11)
11	100	40	7.70	15.39	2.94	9.81	166 (11)	3130 (11)	1861 (11)
12	100	40	7.70	15.39	3.66	10.79	206 (11)	4265 (11)	2275 (11)
13	100	40	7.70	15.39	4.49	11.77	252 (11)	5603 (11)	2739 (11)
14	100	40	7.70	15.39	5.42	12.75	304 (11)	7155 (11)	3254 (11)
15	100	40	7.70	15.39	6.47	13.73	361 (11)	8930 (11)	3822 (11)
16	100	40	7.70	15.39	7.63	14.71	425 (11)	10939 (11)	4446 (11)
17	100	40	7.70	15.39	8.91	15.69	495 (11)	13193 (11)	5130 (11)
18	100	40	7.70	15.39	10.32	16.67	571 (11)	15702 (11)	5874 (11)
19	100	40	7.70	15.39	11.86	17.65	655 (11)	18476 (11)	6683 (11)
20	100	40	7.70	15.39	13.54	18.63	746 (11)	21528 (11)	7558 (11)
21	100	40	7.70	15.39	15.36	19.61	845 (11)	24867 (11)	8503 (11)
22	100	40	7.70	15.39	17.33	20.59	951 (11)	28503 (11)	9520 (11)
23	100	40	7.70	15.39	19.46	21.57	1066 (11)	32449 (11)	10611 (11)
24	100	40	7.70	15.39	21.75	22.56	1189 (11)	36715 (11)	11779 (11)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo  
Tensione massima di trazione dell'acciaio

15978 [kPa]  
337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (11)	0 (11)	0 (11)
2	100	50	15.39	15.39	0.19	0.00	6 (11)	290 (11)	61 (11)
3	100	50	15.39	15.39	0.76	0.00	25 (11)	1164 (11)	243 (11)
4	100	50	15.39	15.39	1.71	0.00	57 (11)	2632 (11)	550 (11)
5	100	50	15.39	15.39	3.05	0.00	102 (11)	4702 (11)	983 (11)
6	100	50	15.39	15.39	4.79	0.00	160 (11)	7382 (11)	1544 (11)
7	100	50	15.39	15.39	6.94	0.00	231 (11)	10680 (11)	2233 (11)
8	100	50	15.39	15.39	9.49	0.00	316 (11)	14606 (11)	3054 (11)
9	100	50	15.39	15.39	-16.41	0.00	546 (11)	5284 (11)	25271 (11)
10	100	50	15.39	15.39	-14.31	0.00	476 (11)	4606 (11)	22027 (11)
11	100	50	15.39	15.39	-12.37	0.00	412 (11)	3982 (11)	19044 (11)
12	100	50	15.39	15.39	-10.60	0.00	353 (11)	3412 (11)	16315 (11)
13	100	50	15.39	15.39	-8.98	0.00	299 (11)	2892 (11)	13831 (11)
14	100	50	15.39	15.39	-7.52	0.00	250 (11)	2422 (11)	11583 (11)
15	100	50	15.39	15.39	-6.21	0.00	207 (11)	2000 (11)	9564 (11)
16	100	50	15.39	15.39	-5.04	0.00	168 (11)	1623 (11)	7764 (11)
17	100	50	15.39	15.39	-4.01	0.00	133 (11)	1291 (11)	6175 (11)
18	100	50	15.39	15.39	-3.11	0.00	104 (11)	1002 (11)	4789 (11)
19	100	50	15.39	15.39	-2.34	0.00	78 (11)	752 (11)	3598 (11)
20	100	50	15.39	15.39	-1.68	0.00	56 (11)	542 (11)	2593 (11)
21	100	50	15.39	15.39	-1.15	0.00	38 (11)	369 (11)	1766 (11)
22	100	50	15.39	15.39	-0.72	0.00	24 (11)	232 (11)	1108 (11)
23	100	50	15.39	15.39	-0.40	0.00	13 (11)	128 (11)	610 (11)
24	100	50	15.39	15.39	-0.17	0.00	6 (11)	56 (11)	266 (11)
25	100	50	15.39	15.39	-0.04	0.00	1 (11)	14 (11)	65 (11)
26	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (11)	0 (11)	0 (11)

**Combinazioni SLEQ**

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	81 di 85

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11620 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	7.70	15.39	0.00	0.00	0 (12)	0 (12)	0 (12)
2	100	40	7.70	15.39	0.01	0.98	3 (12)	27 (12)	41 (12)
3	100	40	7.70	15.39	0.06	1.96	7 (12)	41 (12)	95 (12)
4	100	40	7.70	15.39	0.15	2.94	12 (12)	42 (12)	165 (12)
5	100	40	7.70	15.39	0.28	3.92	19 (12)	26 (12)	251 (12)
6	100	40	7.70	15.39	0.45	4.90	27 (12)	23 (12)	362 (12)
7	100	40	7.70	15.39	0.68	5.88	39 (12)	139 (12)	507 (12)
8	100	40	7.70	15.39	0.98	6.86	55 (12)	359 (12)	692 (12)
9	100	40	7.70	15.39	1.33	7.85	75 (12)	713 (12)	918 (12)
10	100	40	7.70	15.39	1.76	8.83	99 (12)	1217 (12)	1184 (12)
11	100	40	7.70	15.39	2.26	9.81	127 (12)	1883 (12)	1490 (12)
12	100	40	7.70	15.39	2.84	10.79	160 (12)	2720 (12)	1837 (12)
13	100	40	7.70	15.39	3.51	11.77	198 (12)	3735 (12)	2227 (12)
14	100	40	7.70	15.39	4.28	12.75	241 (12)	4939 (12)	2661 (12)
15	100	40	7.70	15.39	5.14	13.73	289 (12)	6342 (12)	3143 (12)
16	100	40	7.70	15.39	6.10	14.71	342 (12)	7952 (12)	3674 (12)
17	100	40	7.70	15.39	7.17	15.69	401 (12)	9781 (12)	4258 (12)
18	100	40	7.70	15.39	8.36	16.67	466 (12)	11839 (12)	4896 (12)
19	100	40	7.70	15.39	9.66	17.65	537 (12)	14136 (12)	5592 (12)
20	100	40	7.70	15.39	11.09	18.63	615 (12)	16684 (12)	6348 (12)
21	100	40	7.70	15.39	12.65	19.61	700 (12)	19492 (12)	7166 (12)
22	100	40	7.70	15.39	14.35	20.59	792 (12)	22571 (12)	8050 (12)
23	100	40	7.70	15.39	16.18	21.57	891 (12)	25933 (12)	9002 (12)
24	100	40	7.70	15.39	18.16	22.56	998 (12)	29587 (12)	10024 (12)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 11620 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 337500 [kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (12)	0 (12)	0 (12)
2	100	50	15.39	15.39	0.17	0.00	6 (12)	263 (12)	55 (12)
3	100	50	15.39	15.39	0.69	0.00	23 (12)	1057 (12)	221 (12)
4	100	50	15.39	15.39	1.55	0.00	52 (12)	2391 (12)	500 (12)
5	100	50	15.39	15.39	2.78	0.00	92 (12)	4274 (12)	894 (12)
6	100	50	15.39	15.39	4.36	0.00	145 (12)	6715 (12)	1404 (12)
7	100	50	15.39	15.39	6.32	0.00	210 (12)	9723 (12)	2033 (12)
8	100	50	15.39	15.39	8.64	0.00	288 (12)	13308 (12)	2783 (12)
9	100	50	15.39	15.39	-13.16	0.00	438 (12)	4236 (12)	20256 (12)
10	100	50	15.39	15.39	-11.41	0.00	380 (12)	3672 (12)	17562 (12)
11	100	50	15.39	15.39	-9.81	0.00	326 (12)	3158 (12)	15100 (12)
12	100	50	15.39	15.39	-8.35	0.00	278 (12)	2689 (12)	12862 (12)
13	100	50	15.39	15.39	-7.04	0.00	234 (12)	2266 (12)	10838 (12)
14	100	50	15.39	15.39	-5.86	0.00	195 (12)	1886 (12)	9020 (12)
15	100	50	15.39	15.39	-4.81	0.00	160 (12)	1547 (12)	7399 (12)
16	100	50	15.39	15.39	-3.88	0.00	129 (12)	1248 (12)	5966 (12)
17	100	50	15.39	15.39	-3.06	0.00	102 (12)	985 (12)	4712 (12)
18	100	50	15.39	15.39	-2.36	0.00	78 (12)	759 (12)	3627 (12)
19	100	50	15.39	15.39	-1.76	0.00	58 (12)	565 (12)	2704 (12)
20	100	50	15.39	15.39	-1.26	0.00	42 (12)	404 (12)	1933 (12)

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	82 di 85

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
21	100	50	15.39	15.39	-0.85	0.00	28 (12)	273 (12)	1305 (12)
22	100	50	15.39	15.39	-0.53	0.00	18 (12)	170 (12)	812 (12)
23	100	50	15.39	15.39	-0.29	0.00	10 (12)	93 (12)	443 (12)
24	100	50	15.39	15.39	-0.12	0.00	4 (12)	40 (12)	191 (12)
25	100	50	15.39	15.39	-0.03	0.00	1 (12)	10 (12)	46 (12)
26	100	50	15.39	15.39	0.00	0.00	0 (12)	0 (12)	0 (12)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
$\epsilon$	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLER

Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\epsilon$	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (10)
2	100	40	0.00	0.00	0.03	64.53	0.000000	0.00	0.000 (10)
3	100	40	0.00	0.00	0.12	548.18	0.000000	0.00	0.000 (10)
4	100	40	15.39	1000.00	0.27	368.23	0.000000	0.00	0.000 (10)
5	100	40	15.39	1000.00	0.49	201.09	0.000000	0.00	0.000 (10)
6	100	40	15.39	1000.00	0.79	158.27	0.000000	0.00	0.000 (10)
7	100	40	15.39	1000.00	1.17	138.72	0.000000	0.00	0.000 (10)
8	100	40	15.39	1000.00	1.64	127.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
9	100	40	15.39	1000.00	2.20	120.36	0.000000	0.00	0.000 (10)
10	100	40	15.39	1000.00	2.86	115.34	0.000000	0.00	0.000 (10)
11	100	40	15.39	1000.00	3.62	111.65	0.000000	0.00	0.000 (10)
12	100	40	15.39	1000.00	4.48	108.83	0.000000	0.00	0.000 (10)
13	100	40	15.39	1000.00	5.47	106.61	0.000000	0.00	0.000 (10)
14	100	40	15.39	1000.00	6.57	104.81	0.000000	0.00	0.000 (10)
15	100	40	15.39	1000.00	7.79	103.34	0.000000	0.00	0.000 (10)
16	100	40	15.39	1000.00	9.15	102.11	0.000000	0.00	0.000 (10)
17	100	40	15.39	1000.00	10.64	101.07	0.000000	0.00	0.000 (10)
18	100	40	15.39	1000.00	12.27	100.18	0.000000	0.00	0.000 (10)
19	100	40	15.39	1000.00	14.05	99.41	0.000000	0.00	0.000 (10)
20	100	40	15.39	1000.00	15.98	98.74	0.000000	0.00	0.000 (10)
21	100	40	15.39	1000.00	18.07	98.15	0.000000	0.00	0.000 (10)
22	100	40	15.39	1000.00	20.32	97.63	0.000000	0.00	0.000 (10)
23	100	40	15.39	1000.00	22.74	97.16	0.000000	0.00	0.000 (10)
24	100	40	15.39	1000.00	25.33	96.75	0.000000	0.00	0.000 (10)

Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

**Relazione di calcolo opere di sostegno**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	83 di 85

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (10)
2	100	50	15.39	1000.00	0.21	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
3	100	50	15.39	1000.00	0.83	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
4	100	50	15.39	1000.00	1.87	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
5	100	50	15.39	1000.00	3.33	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
6	100	50	15.39	1000.00	5.23	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
7	100	50	15.39	1000.00	7.56	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
8	100	50	15.39	1000.00	10.33	142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
9	100	50	15.39	1000.00	-19.67	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
10	100	50	15.39	1000.00	-17.21	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
11	100	50	15.39	1000.00	-14.93	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
12	100	50	15.39	1000.00	-12.84	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
13	100	50	15.39	1000.00	-10.93	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
14	100	50	15.39	1000.00	-9.19	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
15	100	50	15.39	1000.00	-7.62	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
16	100	50	15.39	1000.00	-6.21	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
17	100	50	15.39	1000.00	-4.96	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
18	100	50	15.39	1000.00	-3.87	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
19	100	50	15.39	1000.00	-2.92	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
20	100	50	15.39	1000.00	-2.11	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
21	100	50	15.39	1000.00	-1.45	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
22	100	50	15.39	1000.00	-0.91	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
23	100	50	15.39	1000.00	-0.51	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
24	100	50	15.39	1000.00	-0.22	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
25	100	50	15.39	1000.00	-0.05	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (10)
26	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (10)

**Combinazioni SLEF**

Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)
2	100	40	0.00	0.00	0.02	41.75	0.000000	0.00	0.000 (11)
3	100	40	0.00	0.00	0.09	173.93	0.000000	0.00	0.000 (11)
4	100	40	0.00	0.00	0.21	3581.49	0.000000	0.00	0.000 (11)
5	100	40	15.39	1000.00	0.38	306.14	0.000000	0.00	0.000 (11)
6	100	40	15.39	1000.00	0.62	198.41	0.000000	0.00	0.000 (11)
7	100	40	15.39	1000.00	0.93	161.05	0.000000	0.00	0.000 (11)
8	100	40	15.39	1000.00	1.31	142.17	0.000000	0.00	0.000 (11)
9	100	40	15.39	1000.00	1.76	130.81	0.000000	0.00	0.000 (11)
10	100	40	15.39	1000.00	2.31	123.25	0.000000	0.00	0.000 (11)
11	100	40	15.39	1000.00	2.94	117.88	0.000000	0.00	0.000 (11)
12	100	40	15.39	1000.00	3.66	113.88	0.000000	0.00	0.000 (11)
13	100	40	15.39	1000.00	4.49	110.79	0.000000	0.00	0.000 (11)
14	100	40	15.39	1000.00	5.42	108.34	0.000000	0.00	0.000 (11)
15	100	40	15.39	1000.00	6.47	106.35	0.000000	0.00	0.000 (11)
16	100	40	15.39	1000.00	7.63	104.71	0.000000	0.00	0.000 (11)
17	100	40	15.39	1000.00	8.91	103.34	0.000000	0.00	0.000 (11)
18	100	40	15.39	1000.00	10.32	102.18	0.000000	0.00	0.000 (11)
19	100	40	15.39	1000.00	11.86	101.18	0.000000	0.00	0.000 (11)
20	100	40	15.39	1000.00	13.54	100.32	0.000000	0.00	0.000 (11)
21	100	40	15.39	1000.00	15.36	99.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
22	100	40	15.39	1000.00	17.33	98.90	0.000000	0.00	0.000 (11)
23	100	40	15.39	1000.00	19.46	98.32	0.000000	0.00	0.000 (11)
24	100	40	15.39	1000.00	21.75	97.80	0.000000	0.00	0.000 (11)

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	84 di 85

Fondazione

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	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)
2	100	50	15.39	1000.00	0.19	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
3	100	50	15.39	1000.00	0.76	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
4	100	50	15.39	1000.00	1.71	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
5	100	50	15.39	1000.00	3.05	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
6	100	50	15.39	1000.00	4.79	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
7	100	50	15.39	1000.00	6.94	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
8	100	50	15.39	1000.00	9.49	142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
9	100	50	15.39	1000.00	-16.41	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
10	100	50	15.39	1000.00	-14.31	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
11	100	50	15.39	1000.00	-12.37	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
12	100	50	15.39	1000.00	-10.60	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
13	100	50	15.39	1000.00	-8.98	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
14	100	50	15.39	1000.00	-7.52	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
15	100	50	15.39	1000.00	-6.21	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
16	100	50	15.39	1000.00	-5.04	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
17	100	50	15.39	1000.00	-4.01	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
18	100	50	15.39	1000.00	-3.11	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
19	100	50	15.39	1000.00	-2.34	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
20	100	50	15.39	1000.00	-1.68	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
21	100	50	15.39	1000.00	-1.15	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
22	100	50	15.39	1000.00	-0.72	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
23	100	50	15.39	1000.00	-0.40	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
24	100	50	15.39	1000.00	-0.17	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
25	100	50	15.39	1000.00	-0.04	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (11)
26	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (11)

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	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)
2	100	40	0.00	0.00	0.01	24.79	0.000000	0.00	0.000 (12)
3	100	40	0.00	0.00	0.06	76.14	0.000000	0.00	0.000 (12)
4	100	40	0.00	0.00	0.15	239.00	0.000000	0.00	0.000 (12)
5	100	40	0.00	0.00	0.28	4640.51	0.000000	0.00	0.000 (12)
6	100	40	15.39	1000.00	0.45	356.48	0.000000	0.00	0.000 (12)
7	100	40	15.39	1000.00	0.68	222.37	0.000000	0.00	0.000 (12)
8	100	40	15.39	1000.00	0.98	176.05	0.000000	0.00	0.000 (12)
9	100	40	15.39	1000.00	1.33	152.70	0.000000	0.00	0.000 (12)
10	100	40	15.39	1000.00	1.76	138.71	0.000000	0.00	0.000 (12)
11	100	40	15.39	1000.00	2.26	129.44	0.000000	0.00	0.000 (12)
12	100	40	15.39	1000.00	2.84	122.87	0.000000	0.00	0.000 (12)
13	100	40	15.39	1000.00	3.51	117.99	0.000000	0.00	0.000 (12)
14	100	40	15.39	1000.00	4.28	114.23	0.000000	0.00	0.000 (12)
15	100	40	15.39	1000.00	5.14	111.27	0.000000	0.00	0.000 (12)
16	100	40	15.39	1000.00	6.10	108.87	0.000000	0.00	0.000 (12)
17	100	40	15.39	1000.00	7.17	106.90	0.000000	0.00	0.000 (12)
18	100	40	15.39	1000.00	8.36	105.26	0.000000	0.00	0.000 (12)
19	100	40	15.39	1000.00	9.66	103.87	0.000000	0.00	0.000 (12)
20	100	40	15.39	1000.00	11.09	102.68	0.000000	0.00	0.000 (12)

Relazione di calcolo opere di sostegno

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	RI0005002	B	85 di 85

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
21	100	40	15.39	1000.00	12.65	101.66	0.000000	0.00	0.000 (12)
22	100	40	15.39	1000.00	14.35	100.77	0.000000	0.00	0.000 (12)
23	100	40	15.39	1000.00	16.18	99.99	0.000000	0.00	0.000 (12)
24	100	40	15.39	1000.00	18.16	99.30	0.000000	0.00	0.000 (12)

Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)
2	100	50	15.39	1000.00	0.17	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
3	100	50	15.39	1000.00	0.69	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
4	100	50	15.39	1000.00	1.55	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
5	100	50	15.39	1000.00	2.78	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
6	100	50	15.39	1000.00	4.36	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
7	100	50	15.39	1000.00	6.32	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
8	100	50	15.39	1000.00	8.64	142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
9	100	50	15.39	1000.00	-13.16	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
10	100	50	15.39	1000.00	-11.41	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
11	100	50	15.39	1000.00	-9.81	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
12	100	50	15.39	1000.00	-8.35	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
13	100	50	15.39	1000.00	-7.04	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
14	100	50	15.39	1000.00	-5.86	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
15	100	50	15.39	1000.00	-4.81	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
16	100	50	15.39	1000.00	-3.88	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
17	100	50	15.39	1000.00	-3.06	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
18	100	50	15.39	1000.00	-2.36	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
19	100	50	15.39	1000.00	-1.76	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
20	100	50	15.39	1000.00	-1.26	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
21	100	50	15.39	1000.00	-0.85	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
22	100	50	15.39	1000.00	-0.53	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
23	100	50	15.39	1000.00	-0.29	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
24	100	50	15.39	1000.00	-0.12	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
25	100	50	15.39	1000.00	-0.03	-142.56	0.000000	0.00	0.000 (12)
26	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (12)