

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78**

**S.G.C. GROSSETO - FANO**

Adeguamento a 4 Corsie nel Tratto Grosseto - Siena

(S.S. 223 "DI PAGANICO") dal Km 27+200 al Km 30+038 - Lotto 4

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **FI13**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Vladimiro Rotisciani  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A376

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL R.U.P.**

Dott. Ing.  
Antonio Scalamandrè

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



Dott.Ing. N.Granieri  
Dott.Arch. N.Kamenicky  
Dott.Ing. V.Truffini  
Dott.Arch. A.Bracchini  
Dott.Ing. F.Durastanti  
Dott.Geol. G.Cerquiglini  
Geom. S.Scopetta  
Dott.Ing. L.Sbrenna  
Dott.Ing. E.Sellari  
Dott.Ing. L.Stoppini  
Dott.Ing. L.Dinelli  
Dott.Ing. L.Nani  
Dott.Ing. F.Pambianco  
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. G.Cordua  
Dott. Ing. V.De Gori

Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. F.Macchioni  
Dott. Ing. M.Sorbelli  
Dott. Ing. V.Piunno  
Dott. Ing. G.Pulli



**OPERE D'ARTE MINORI: OPERE DI ATTRAVERSAMENTO**

**Relazione di calcolo Opere Minori e Opere di Sostegno**

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.  
**L O 7 0 2 B E 1 7 0 1**

NOME FILE

T00-OM00-STR-RE00-A

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB.

**T 0 0 O M 0 0 S T R R E 0 0**

**A**

-

**A**

Emissione

16/10/2017

M.Sorbelli

V.Rotisciani

N.Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO.....	4
3.1 INQUADRAMENTO SEZIONE.....	4
4. SOTTOVIA SCATOLARE 5.00X5.50.....	6
4.1 GEOMETRIA DELL'OPERA.....	6
4.2 ANALISI DEI CARICHI.....	7
4.3 CONDIZIONI DI CARICO.....	9
4.4 COMBINAZIONI DI CARICO.....	10
4.5 MODELLAZIONE: INPUT.....	13
4.6 MODELLAZIONE: OUTPUT.....	18
4.7 VERIFICHE ELEMENTI SCATOLARE.....	22
4.8 CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO.....	36
5. MURI D'ALA.....	42
5.1 GEOMETRIA DEL MURO.....	42
5.1.1 Sistema di riferimento.....	42
5.1.2 Rappresentazione geometrica, sezione trasversale.....	43
5.1.3 Rappresentazione analitica.....	43
5.2 CARATTERISTICHE DEI TERRENI.....	44
5.3 GEOMETRIA DEGLI STRATI.....	44
5.4 METODI DI CALCOLO DELLE AZIONI E DELLE VERIFICHE.....	45
5.4.1 Descrizione della normativa sismica.....	46

5.4.2 Stabilità globale.....	48
5.4.3 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte.....	49
5.5 DESCRIZIONE DEL METODO DI CALCOLO DELLA PORTANZA.....	50
5.6 DISTRIBUZIONI DI SPINTE E PRESSIONI.....	52
5.7 RISULTANTE DELLE AZIONI AGENTI SUL MURO.....	54
5.7.1 Combinazioni di calcolo.....	54
5.8 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE.....	56
5.8.1 Tensioni trasmesse sul terreno.....	56
5.8.2 Verifica a traslazione.....	57
5.8.3 Verifica a ribaltamento.....	57
5.8.4 Verifica al carico limite.....	57
5.9 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO.....	58
5.10 PARAMETRI PER DIMENSIONAMENTO ARMATURA.....	58
5.11 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI.....	59
6. MURO A MENSOLA.....	68
6.1 GEOMETRIA DEL MURO.....	68
6.2 CARATTERISTICHE DEI TERRENI.....	70
6.3 GEOMETRIA DEGLI STRATI.....	70
6.4 METODI DI CALCOLO DELLE AZIONI E DELLE VERIFICHE.....	72
6.5 DISTRIBUZIONI DI SPINTE E PRESSIONI.....	73
6.6 RISULTANTE DELLE AZIONI AGENTI SUL MURO.....	74
6.7 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE.....	76
6.8 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO.....	78

6.9	PARAMETRI PER DIMENSIONAMENTO ARMATURA.....	78
6.10	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI .....	79
7.	PARATIA DI MICROPALI .....	84
7.1	VERIFICHE DI STABILITÀ DELLA PARATIA E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	84
7.2	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DI CALCOLO .....	86
7.3	CARATTERISTICHE E CRITERI DI VERIFICA DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	86
7.4	VERIFICA DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI .....	88
7.4.1	Sezione 1 .....	88
7.4.2	Fasi di calcolo .....	89
7.4.3	Risultati delle analisi.....	94
7.4.4	Verifiche degli elementi strutturali.....	96

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono presentati i calcoli di verifica delle opere d'arte minori, eseguite per la progettazione del 4° lotto dei lavori di adeguamento della S.G.C. E78 Grosseto - Fano tra le progressive Km 27+200.00 e Km 30+038 (tratta Grosseto - Siena), nel territorio del Comune di Civitella Paganico.

Le opere che rientrano in questa categoria sono le seguenti:

- Sottovia scatolare 4x4 ed i relativi muri d'ala posti alla progr. 2+442.50km;
- Muri a mensola progressive varie;
- Paratia di micropali imbocco B galleria Poggio Tondo asse 1.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L. 05.11.1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

D.M. LL.PP. del 14.02.1992. Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. del 09.01.1996. Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. del 16.01.1996. Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

D.M. del 16.01.1996. Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministeriale del 04.07.1996 n. 156AA.GG./STC. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al Decreto Ministeriale 16.01.1996.

L. 02.02.1974, n. 64. Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche.

D.M. LL. PP. E INT. 19.06.1984. Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

D.M. LL. PP. 11.03.1988. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 24.07.1988, n. 30483/STC.

Legge 2 Febbraio 1974 n. 64, art. 1 - D.M. 11 Marzo 1988. Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 15.10.1996 N°252. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M.09.01.1996

Circolare Ministeriale del 10.04.1997 N°65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M.16.01.1996

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3274 del 20.03.2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3431 del 10.05.2005. Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza N°3274.

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.09.2005 (TU 2005)



*Direzione Progettazione e  
Realizzazione Lavori*

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO  
Adeguamento a 4 Corsie nel Tratto Grosseto – Siena (S.S. 223 "DI PAGANICO") dal  
Km 27+200 al Km 30+038 - Lotto 4

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE MINORI E OPERE DI SOSTEGNO**

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.01.2008 (NTC 2008)

MANDATARIA



MANDANTE



**ICARIA**  
società di ingegneria

3 di 113

### 3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO

La campagna di indagini effettuata ha permesso il riconoscimento dei litotipi, la successione stratigrafica e la caratterizzazione meccanica dei terreni lungo tutto lo sviluppo del tracciato di progetto. I risultati di dette indagini (Figura 2) sono descritti nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

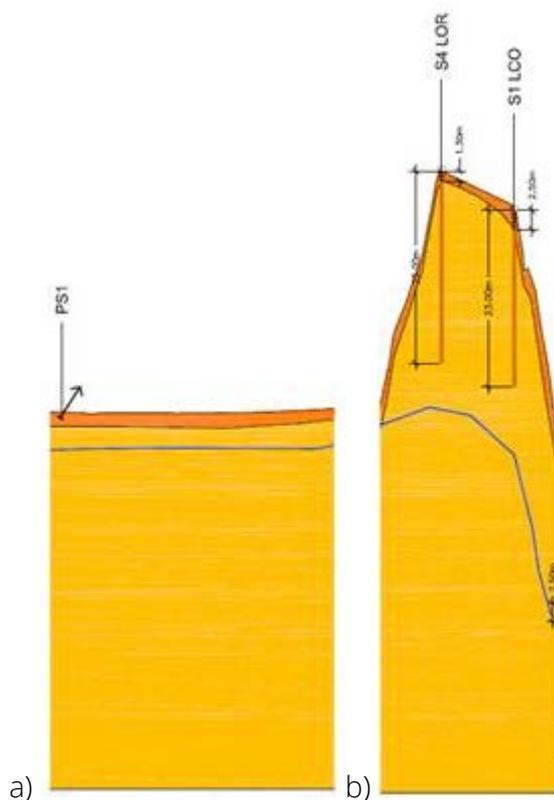


Figura 1 – Stralcio stratigrafico a )sottovia e b) opere di sostegno.

#### 3.1 INQUADRAMENTO SEZIONE

La stratigrafia assunta nei calcoli è specificata nella tabella seguente:

Da 0.00 a -2.00	Unità geotecnica 1 (U1) di terreni sciolti risultanti dall'alterazione delle formazioni metarenacee e metasiltitiche inferiori.
Da -2.00 a -	Unità geotecnica 2 (U2) che comprende metarenarie e metasiltiti

Facendo riferimento a quanto riportato nella relazione geotecnica, nella tabella che segue sono riportati i valori dei parametri meccanici degli strati interessati dal calcolo delle strutture in esame:

Litotipi		Parametri geotecnici			
Cod.	Descrizione	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	c' (KPa)	$\phi'$ (deg)	E (MPa)
U1	Alterazione delle formazioni metarenacee e metasiltitiche	19	25	26	30
U2	Metarenarie e metasiltiti	23	300	48	2000

La profondità della falda nella zona del tombino idraulico è 7.00 m dal P.C.

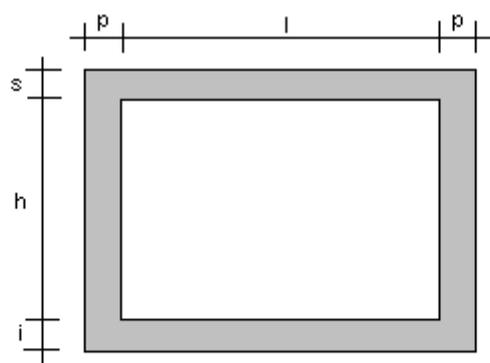
Per quanto riguarda il materiale con cui si effettua il riempimento a tergo delle opere, si assumono le seguenti caratteristiche:

Cod.	Descrizione	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	c' (KPa)	$\phi'$ (deg)
R	Riempimento	19	0	35

## 4. \_ SOTTOVIA SCATOLARE 5.00X5.50

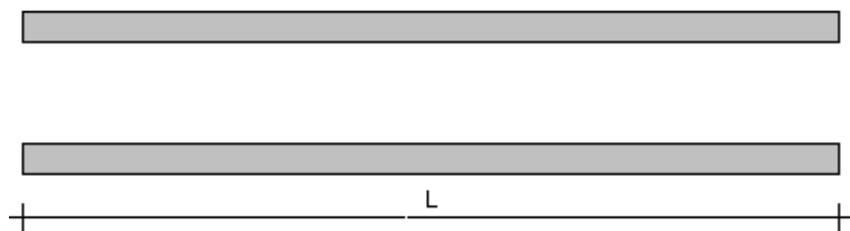
### 4.1 GEOMETRIA DELL'OPERA

Lo scatolare sottopassa la strada ad una distanza tra piano stradale ed estradosso soletta superiore di 0,70 m. Le dimensioni interne dello scatolare sono 4,00 x 4,50 m nella sezione retta, con soletta superiore, soletta inferiore ed i piedritti di spessore 0,50 m. La lunghezza del manufatto è pari a circa 12,0 m. Le sezioni caratteristiche trasversale e longitudinale sono riportate nelle figure seguenti.



h = 4.50 m  
 l = 4.00 m  
 p = 0.50 m  
 s = 0.50 m  
 i = 0.50 m  
 L = 12.0 m

**SEZIONE TRASVERSALE**



**SEZIONE LONGITUDINALE**

Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler. Poiché l'asse stradale sovrappassa il monolite secondo un angolo di inclinazione di 68° rispetto all'asse del monolite e poiché la soletta superiore di tale monolite verrà armata in tale direzione, nella successiva analisi agli elementi finiti si considera una porzione di scatolare di larghezza 1,00 m con inclinazione di 22,0° rispetto alla sezione

retta. La rigidezza delle molle, attraverso la quale viene schematizzata l'interazione terreno-struttura, viene calcolata utilizzando un coefficiente di sottofondo pari a  $600000 \text{ kN/m}^3$ .

## 4.2 ANALISI DEI CARICHI

I valori dei carichi permanenti, accidentali ed azioni sismiche sono riassunti nel foglio di calcolo riportato sotto insieme ai parametri geometrici, geotecnici e di traffico stradale riguardanti la struttura di cui alla presente relazione.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLO SCATOLARE			
Angolo inclinazione sottovia (°)	68.00	Spessore soletta superiore (m)	0.50
Altezza interna scatolare (m)	4.50	Spessore soletta inferiore (m)	0.50
Larghezza interna scatolare (m)	4.00	Larghezza piedritti (m)	0.50
Lunghezza dello scatolare (m)	12.00	Area della sezione (mq)	9.50
		Peso proprio dello scatolare (KN/m)	237.50

Angolo attrito terreno ricoprimento (°)	35	<b>Dati per analisi sismica NTC 2008:</b>	
Peso specifico ricoprimento (kN/mc)	18.00	Sottosuolo tipo	B
Peso specifico pavimentazione (kN/mc)	20.00	Categoria topografica	T1
Angolo attrito terreno laterale (°)	35	$K_h =$	0.04
Peso specifico terreno laterale (kN/mc)	19.00	$S_s =$	1.20
Coeff. spinta in quiete $K_0$	0.43	$S_T =$	1.00
Angolo muro - verticale (°)	0	$\beta_m =$	0.24
Angolo attrito muro - terreno (°)	0	$a_g/g =$	0.140
Angolo inclinazione terreno (°)	0	$K_v =$	0.02

Dimensioni in asse scatolare:	
Angolo inclinazione sottovia (°)	68.00
Altezza (m)	5.00
Larghezza sezione retta (m)	4.50
Larghezza direzione strada (m)	4.85
Lunghezza (m)	12.00

ANALISI DEI CARICHI	
Spessore soletta superiore (m)	0.50
Spessore soletta inferiore (m)	0.50
Larghezza piedritti (m)	0.54
Spessore pavimentazione (m)	0.70
Spessore ricoprimento (m)	0.00

CARICHI PERMANENTI VERTICALI	
Pesi propri:	
Soletta sup. (kN/mq)	12.50
Soletta inf. (kN/mq)	12.50
Piedritti (kN/mq)	13.48
Sovraccarichi permanenti soletta superiore:	
Pavimentazione (kN/mq)	14.00
Ricoprimento (kN/mq)	0.00

CARICO DISTRIBUITO SOVRACCARICO MOBILE		
Carico stradale concentrato Q1k (kN)	600	interasse 1.2 m
Larghezza di ripartizione lungo x (m) =	3.50	
Lunghezza di ripartizione lungo y (m)	4.30	
Carico stradale distribuito Q1k (kN/mq)	39.87	* applicato sulla larghezza di ripartizione lungo x
Carico stradale q1k (kN/mq)	9.00	* da applicare all'infuori il Q1k

SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL CARICO SOVRASTANTE	
Spinta parete di sinistra (100%) in corrispondenza linea d'asse soletta superiore (kN/mq)	8.00
Spinta parete di sinistra (100%) in corrispondenza linea d'asse soletta inferiore (kN/mq)	48.51
Spinta parete di destra (60%) in corrispondenza linea d'asse soletta superiore (kN/mq)	4.80
Spinta parete di destra (60%) in corrispondenza linea d'asse soletta inferiore (kN/mq)	29.10
SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE	
Carico stradale (kN/mq)	3.84

Parametri ridotti

Angolo attrito terreno ricoprimento (°)	35	Valori per analisi sismica (M.C. 2008):	
Peso specifico ricoprimento (kN/mc)	18.00	Efficienza $\lambda$	11
Peso specifico pavimentazione (kN/mc)	20.00	Coefficiente topografico	1.1
Angolo attrito terreno laterale (°)	29	$K_0$	0.04
Peso specifico terreno laterale (kN/mc)	19.00	$K_{h1}$	1.20
Coeff. spinta in quiete $K_0$	0.52	$K_{h2}$	1.00
Angolo muro - verticale (°)	0	$K_{h3}$	0.24
Angolo attrito muro - terreno (°)	0	$K_{h4}$	0.140
Angolo inclinazione terreno (°)	0	$K_{h5}$	0.02

SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL CARICO SOVRASTANTE con parametri ridotti	
Spinta parete di sinistra (100%) in corrispondenza linea d'asse soletta superiore (kN/mq)	9.66
Spinta parete di sinistra (100%) in corrispondenza linea d'asse soletta inferiore (kN/mq)	58.60
Spinta parete di destra (60%) in corrispondenza linea d'asse soletta superiore (kN/mq)	5.80
Spinta parete di destra (60%) in corrispondenza linea d'asse soletta inferiore (kN/mq)	35.16
SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE	
Carico stradale (kN/mq)	4.64
FRENATURA	
Carico stradale Q1k (kN/m)	31.09
RITIRO	
Variazione termica unif. su soletta sup	30°C
VARIAZIONE TERMICA	
Variazione termica unif. Su soletta sup	±15°C
Gradiente termico su soletta sup	±10°C

AZIONE SISMICA SU STRUTTURA			
Forza orizzontale su soletta sup. (kN/m)		5.76	
Forza orizzontale su piedritti (kN/mq)		0.54	
Forza verticale su soletta sup. (kN/mq)		0.53	
AZIONE SISMICA SUL TERRENO			
Tale azione non è da cumularsi con la spinta a riposo del terreno			
K <sub>ae</sub> = 0.372			
SPINTE ATTIVE IN CONDIZIONI SISMICHE			
Spinta in corrispondenza linea d'asse soletta superiore (kN/mq)			6.98
Spinta in corrispondenza linea d'asse soletta inferiore (kN/mq)			42.33
REAZIONE DEL TERRENO			
Coeff. di Winkler (kN/mc)		600000	
	Area influenza (mq)	F <sub>v</sub>	F <sub>h</sub>
Nodo 1 estremo di sinistra	0.700	420000	1500000
Nodo 2	0.900	540000	
Nodo 3	0.900	540000	
Nodo 4	0.900	540000	
Nodo 5	0.900	540000	
Nodo 6 estremo di destra	0.700	420000	1500000

### 4.3 CONDIZIONI DI CARICO

Con riferimento al D.M. 14 gennaio 2008 le condizioni di carico prese in considerazione saranno le seguenti:

- 1: sovraccarichi permanenti verticali ( Sovracc.Perm.)
- 2: spinta terreno con parametri reali ( Spinta Terreno)
- 3: spinta terreno con parametri ridotti ( Spinta Terreno R)
- 4: carichi accidentali verticali (Carico Q1k)
- 5: spinta accidentali con parametri reali (Spinta Q1k)
- 6: spinta accidentali con parametri ridotti (Spinta Q1k R)
- 7: ritiro (Ritiro)
- 8: variazioni termiche (Termico)
- 9: sisma su struttura (SismaStrutt.)
- 10: sisma su terreno con parametri ridotti (SismaTerr,R)
- 11: frenatura (Frenatura)

Una rappresentazione grafica dei carichi agenti per ciascuna delle singole condizioni è fornita ai paragrafi successivi.

#### 4.4 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche sono state elaborate tenendo conto di quanto riportato nel D.M.14 gennaio 2008.

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

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

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

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

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a  $\gamma_P=1$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)	
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0	
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0	
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0	
	Schema 2	0,0	0,75	0,0	
	2	0,0	0,0	0,0	
	3	0,0	0,0	0,0	
Vento $q_3$	4 (folla)	----	0,75	0,0	
	5	0,0	0,0	0,0	
	Vento a ponte scarico SLU e SLE	Esecuzione	0,6	0,2	0,0
		Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	Esecuzione	0,6		
Esecuzione		0,6			
Neve $q_3$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0	
	esecuzione	0,8	0,6	0,5	
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5	

SLU 1 : A1+M1

SLU1a: 1.35 Peso Proprio + 1.5 Sovracc.Perm. + 1.35 Spinta Terreno + 1.35 Carico Q1k + 1.35 Spinta Q1k + 1.2 Ritiro + 1.2 Termico

SLU1b: 1.35 Peso Proprio + 1.5 Sovracc.Perm. + 1.35 Spinta Terreno + 1.35 Carico Q1k + 1.35 Spinta Q1k + 1.2 Ritiro - 1.2 Termico

SLU1c: 1.35 Peso Proprio + 1.5 Sovracc.Perm. + 1.35 Spinta Terreno + 1.35 Carico Q1k + 1.35 Spinta Q1k + 1.2 Ritiro + 1.2 Termico +1.2 Frenatura

SLU1d: 1.35 Peso Proprio + 1.5 Sovracc.Perm. + 1.35 Spinta Terreno + 1.35 Carico Q1k + 1.35 Spinta Q1k + 1.2 Ritiro - 1.2 Termico+1.2 Frenatura

**SLU 2 : A2+M2**

SLU2a: 1 Peso Proprio + 1.3 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno R + 1.15 Carico Q1k + 1 Spinta Q1k R + 1 Ritiro + 1 Termico

SLU2b: 1 Peso Proprio + 1.3 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno R + 1.15 Carico Q1k + 1 Spinta Q1k R + 1 Ritiro - 1 Termico

SLU2c: 1 Peso Proprio + 1.3 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno R + 1.15 Carico Q1k + 1 Spinta Q1k R + 1 Ritiro + 1 Termico +1.15 Frenatura

SLU2d: 1 Peso Proprio + 1.3 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno R + 1.15 Carico Q1k + 1 Spinta Q1k R + 1 Ritiro - 1 Termico +1.15 Frenatura

**SISMA**

SLUSa: 1 Peso Proprio + 1.3 Sovracc.Perm. + 0.2 Carico Q1k + 1 Spinta Q1k R + SismaStrutt. + SismaTerr,R +1 Ritiro + 1 Termico

SLUSb: 1 Peso Proprio + 1.3 Sovracc.Perm. + 0.2 Carico Q1k + 1 Spinta Q1k R + SismaStrutt. + SismaTerr,R +1 Ritiro -1 Termico

SLUSc: 1 Peso Proprio + 1.3 Sovracc.Perm. + 0.2 Carico Q1k + 1 Spinta Q1k R + SismaStrutt. + SismaTerr,R +1 Ritiro + 1 Termico + 0.2 Frenatura

SLUSd: 1 Peso Proprio + 1.3 Sovracc.Perm. + 0.2 Carico Q1k + 1 Spinta Q1k R + SismaStrutt. + SismaTerr,R +1 Ritiro - 1 Termico + 0.2 Frenatura

**SLE - combinazione frequente**

SLEf,a: 1 Peso Proprio + 1 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno + 0.75 Carico Q1k + 0.75 Spinta Q1k + 1 Ritiro + 0.6 Termico

SLEf,b: 1 Peso Proprio + 1 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno + 0.75 Carico Q1k + 0.75 Spinta Q1k + 1 Ritiro - 0.6 Termico

SLEf,c: 1 Peso Proprio + 1 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno + 0.75 Carico Q1k + 0.75 Spinta Q1k + 1 Ritiro + 0.6 Termico +0.75 Frenatura

SLEf,d: 1 Peso Proprio + 1 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno + 0.75 Carico Q1k + 0.75 Spinta Q1k + 1 Ritiro - 0.6 Termico +0.75 Frenatura

**SLE - combinazione quasi permanente**

SLEqp,a: 1 Peso Proprio + 1 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno + 1 Ritiro + 0.5 Termico

SLEqp,b: 1 Peso Proprio + 1 Sovracc.Perm. + 1 Spinta Terreno + 1 Ritiro - 0.5 Termico

#### 4.5 MODELLAZIONE: INPUT

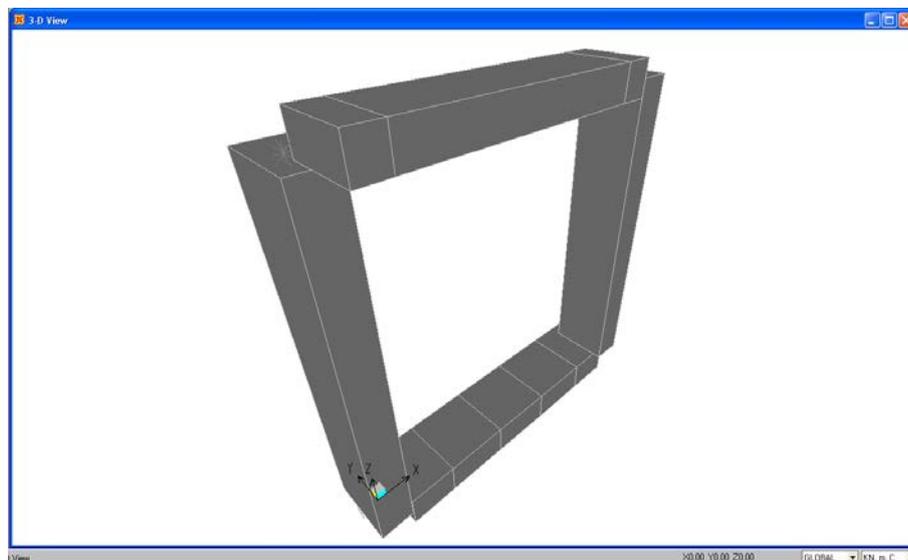


Figura 2 - Rappresentazione Grafica del Modello di Calcolo

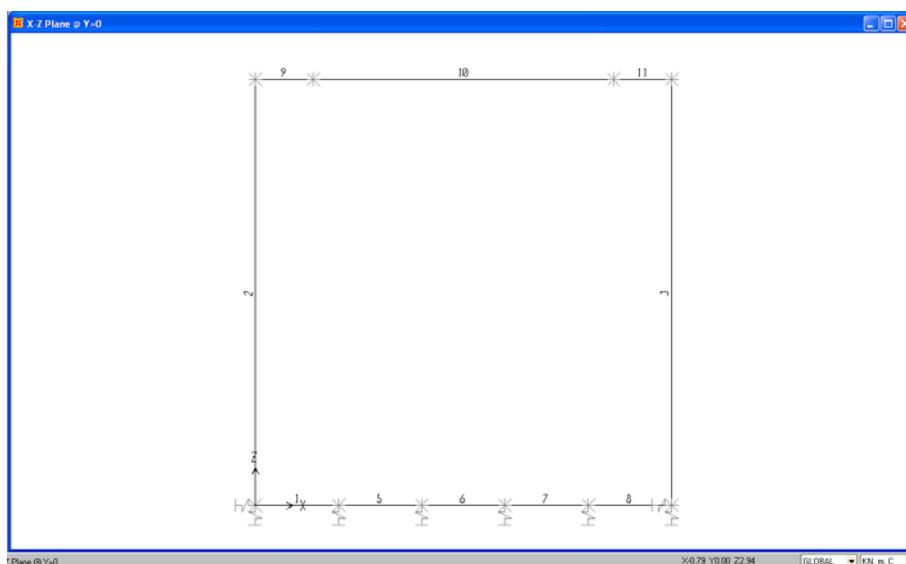


Figura 3 - Rappresentazione Grafica del Modello di Calcolo – Numerazione dei Frames

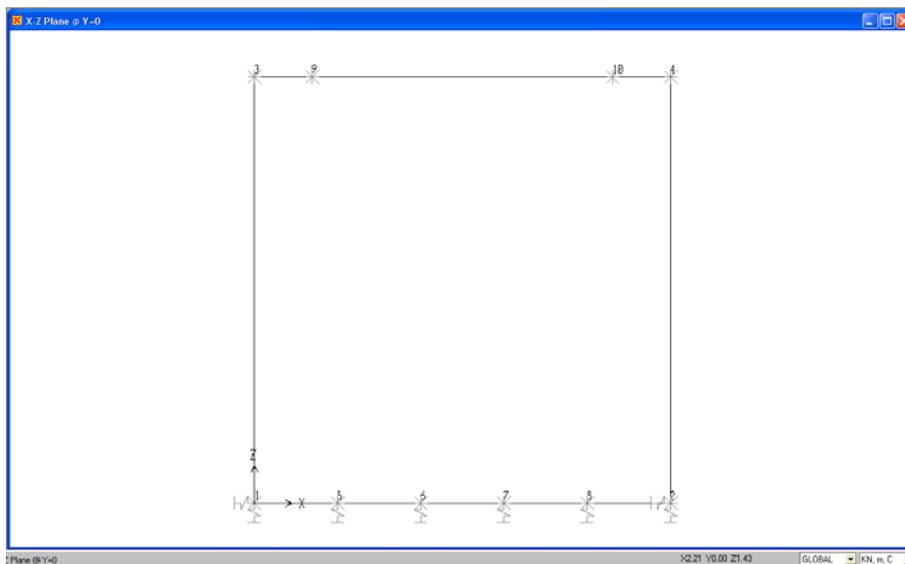


Figura 4 - Rappresentazione Grafica del Modello di Calcolo – Numerazione dei Joints

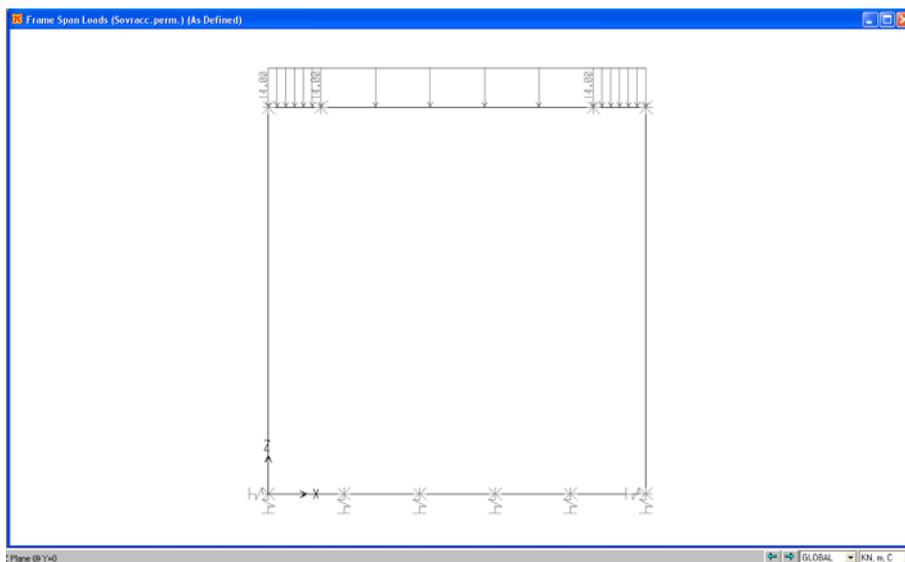


Figura 5 - Condizione di carico 1

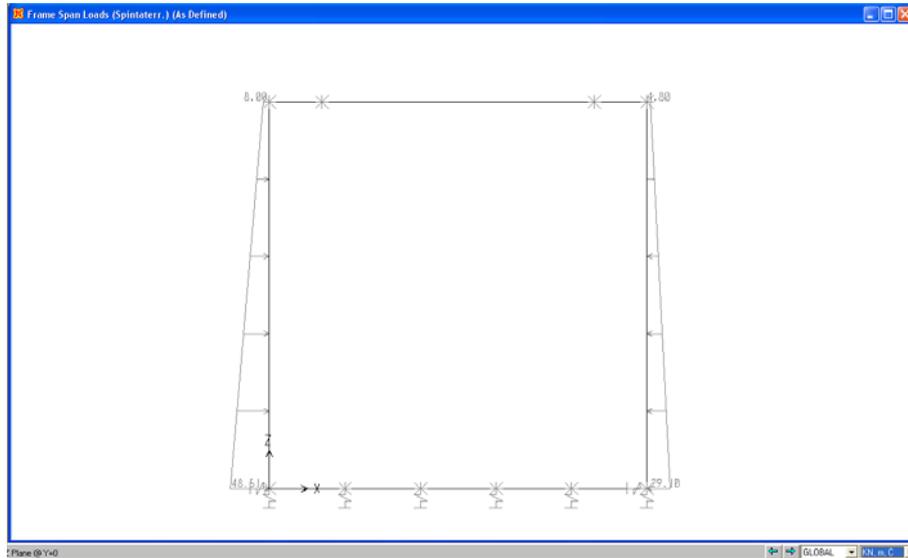


Figura 6 - Condizione di carico 2

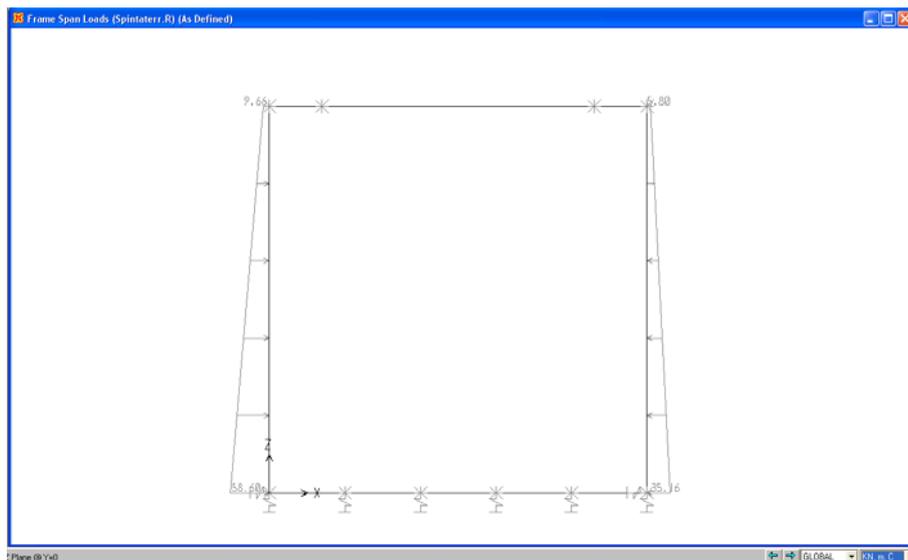


Figura 7 - Condizione di carico 3

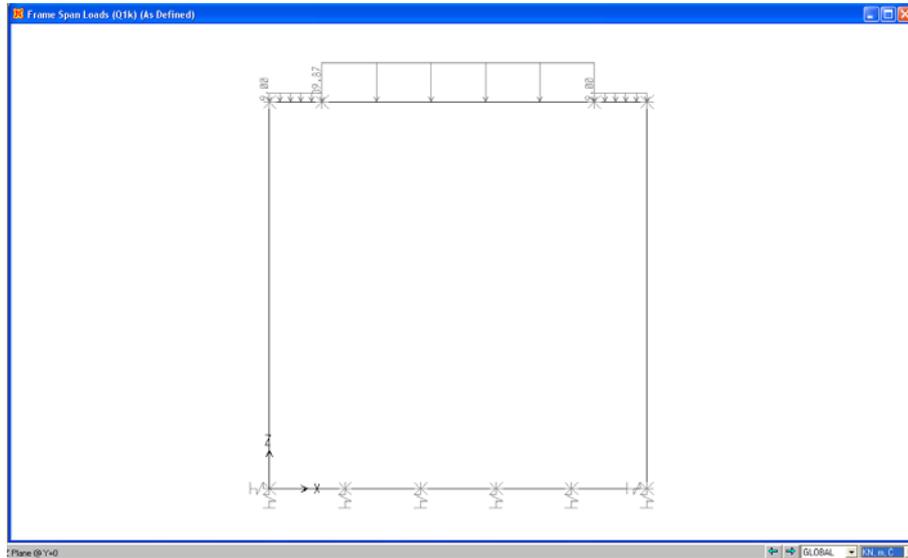


Figura 8 - Condizione di carico 4

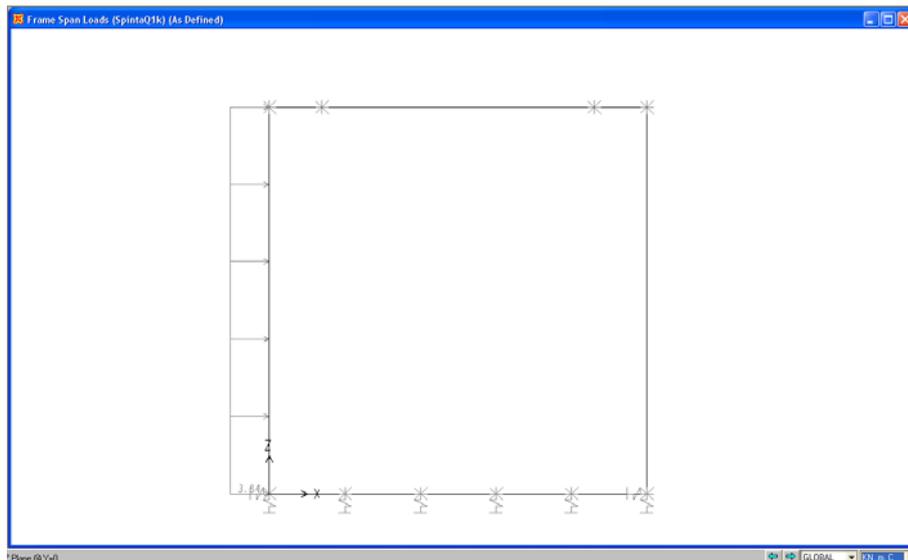


Figura 9 - Condizione di carico 5

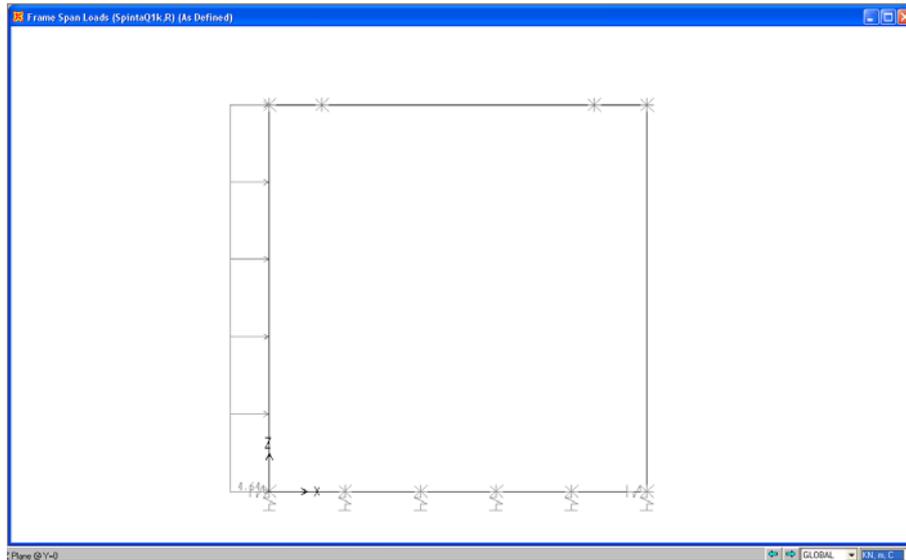


Figura 10 - Condizione di carico 6

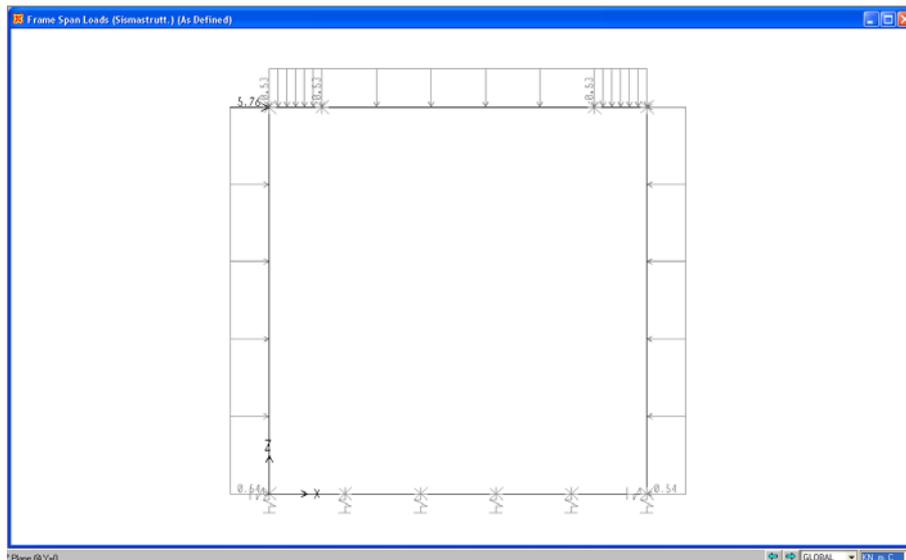


Figura 11 - Condizione di carico 9

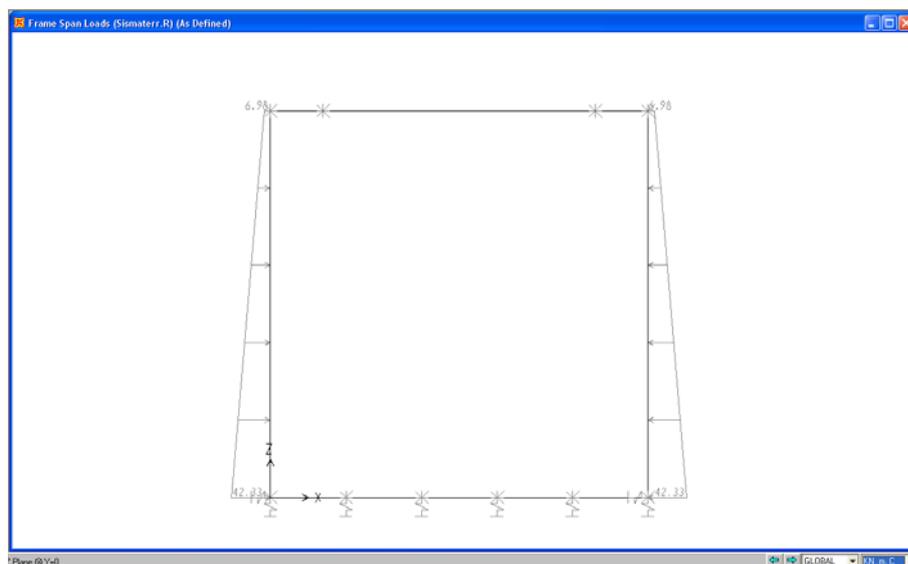


Figura 12 - Condizione di carico 10

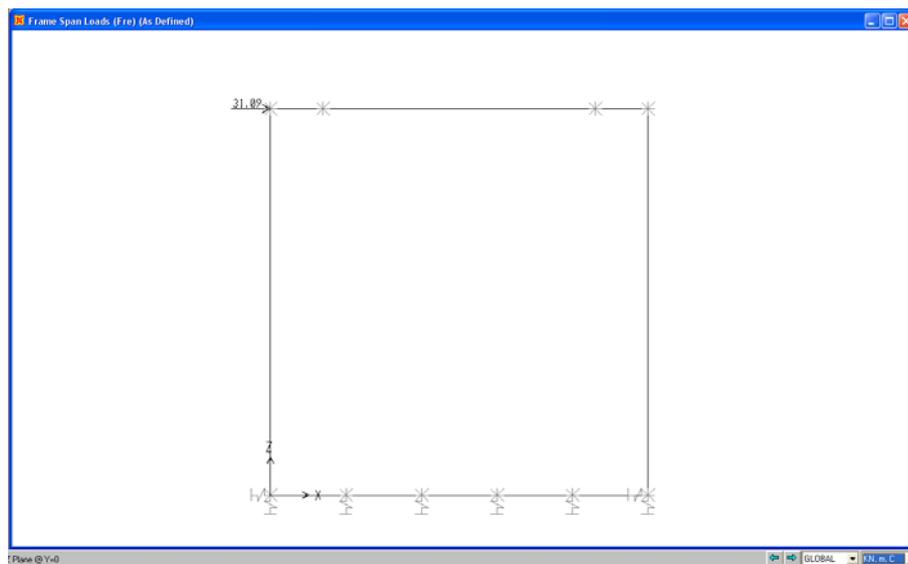


Figura 13 - Condizione di carico 11

#### 4.6 MODELLAZIONE: OUTPUT

Si riportano i risultati grafici dell'analisi agli elementi finiti. I valori massimi delle caratteristiche di sollecitazione saranno utilizzati per le successive verifiche.

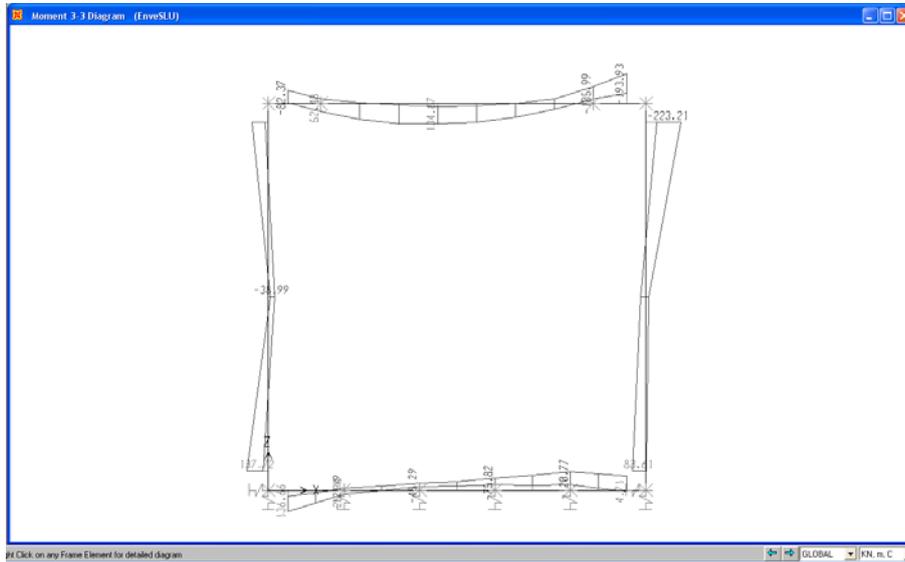


Figura 14 - Andamento momento flettente – combinazione involucro SLU

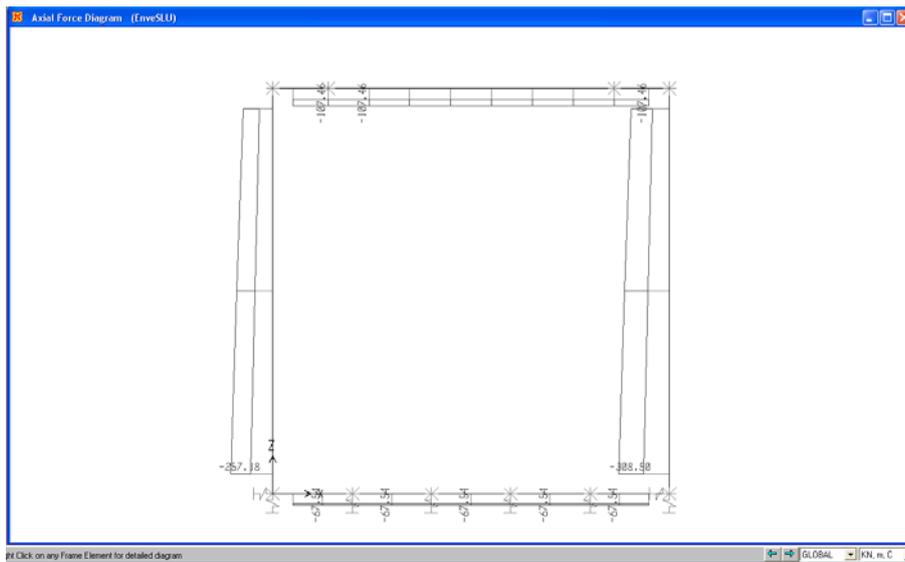


Figura 15 - Andamento sforzo assiale – combinazione involucro SLU

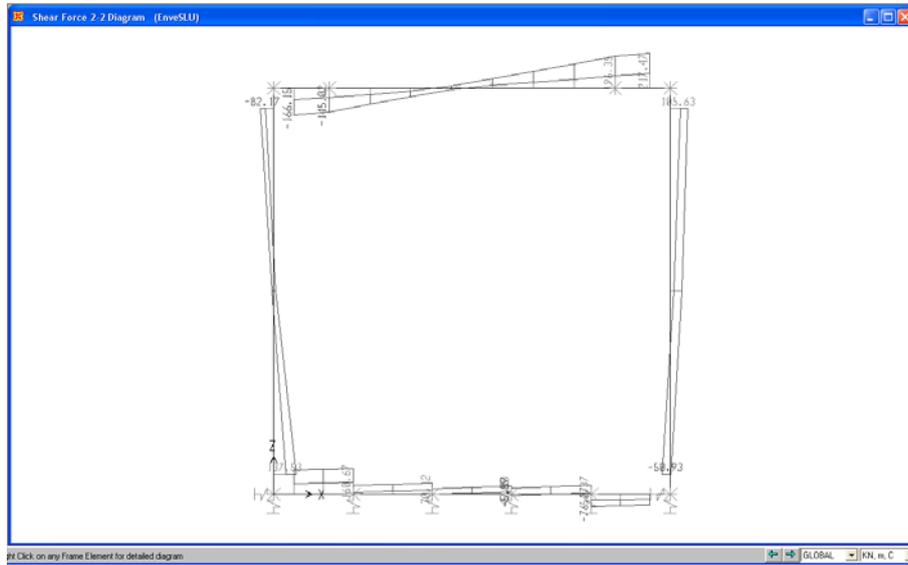


Figura 16 - Andamento sforzo di taglio - combinazione involuppo SLU

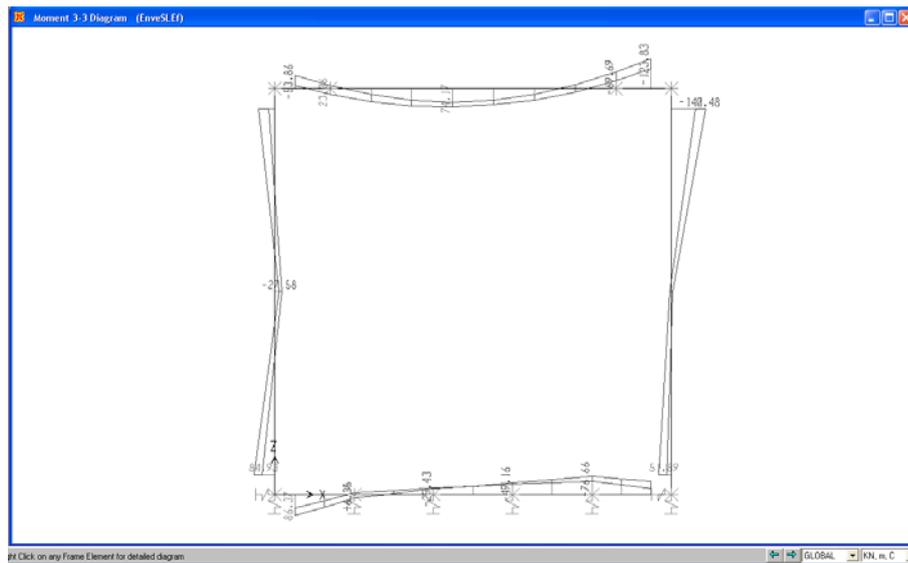


Figura 17 - Andamento momento flettente - combinazione involuppo SLE frequente

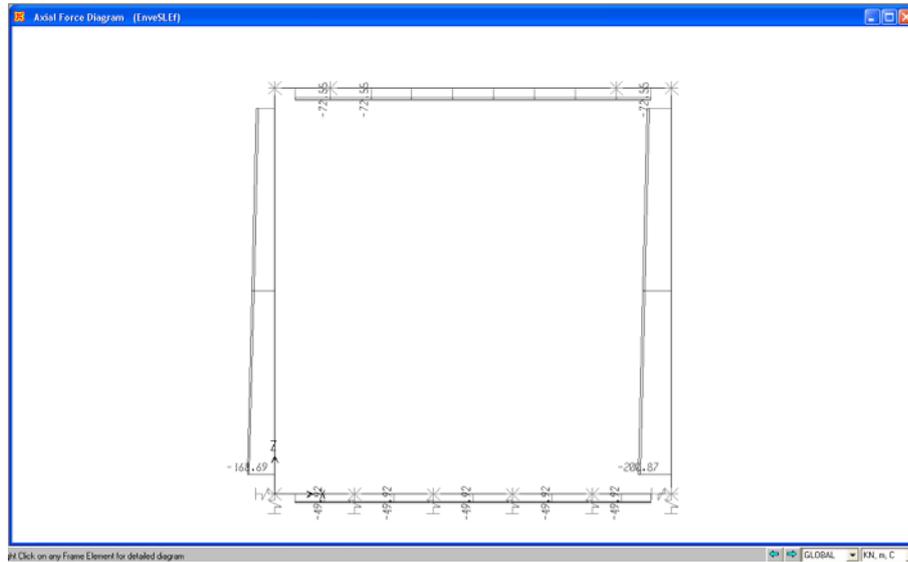


Figura 18 - Andamento sforzo assiale – combinazione involucro SLE frequente

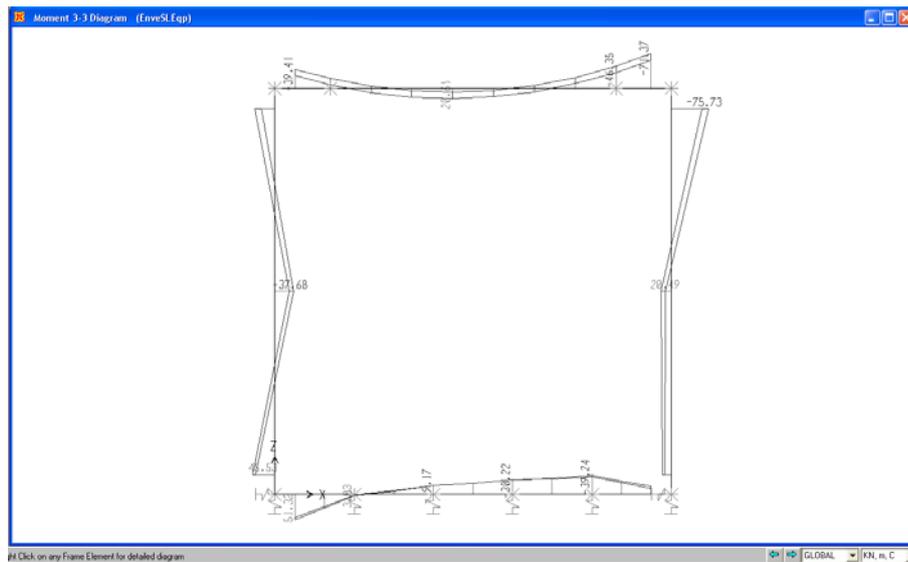


Figura 19 - Andamento momento flettente – combinazione involucro SLE quasi permanente

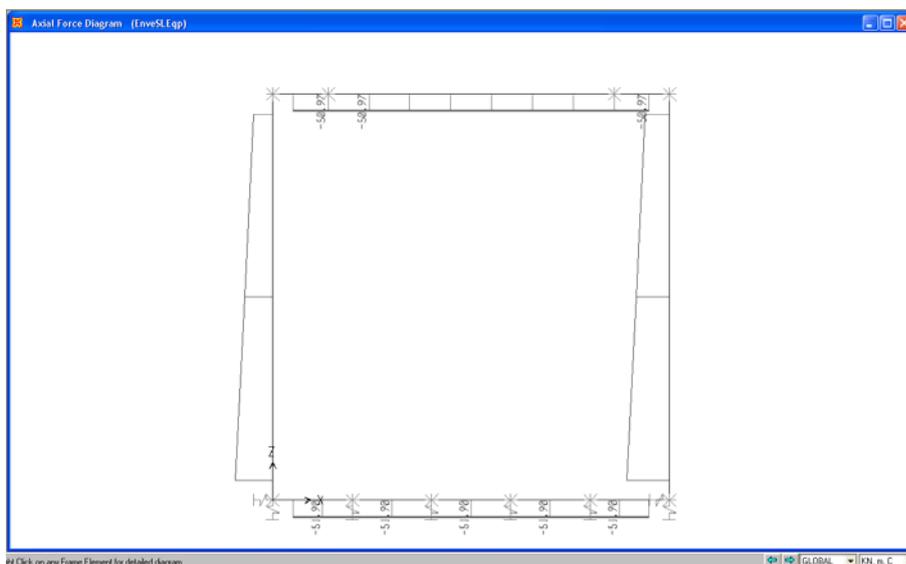


Figura 20 - Andamento sforzo assiale – combinazione iniluppo SLE quasi permanente

#### 4.7 VERIFICHE ELEMENTI SCATOLARE

I risultati numerici della modellazione sono stati utilizzati per eseguire le verifiche a presso flessione, taglio e fessurazione delle sezioni caratteristiche.

Per la verifica a fessurazione, come riportato nella normativa NTC 2008, considerando armature poco sensibili e condizioni ambientali aggressive l'apertura limite delle fessure è pari a :

- $w = 0.3$  mm per combinazione frequente
- $w = 0.2$  mm per combinazione quasi permanente

Di seguito si riportano i valori delle massime sollecitazioni delle sezioni caratteristiche ed i risultati delle verifiche effettuate con l'ausilio del programma di calcolo RC-SEC prodotto dalla Geostru.

##### Soletta Superiore

*Sezione di Mezzeria*

Sollecitazioni SLU:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
6	SLU1c	-103.76	134.87

Sollecitazioni SLE frequente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
10	SLEf-c	-70.7	74.18

Sollecitazioni SLE quasi permanente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
10	SLEqp-a	-49.43	20.61

*Sezione di Estremità*

Sollecitazioni SLU:

Frame	OutputCase	P	M3	V2
Text	Text	KN	KN-m	KN
11	SLU1d	-107.46	-193.93	217.47

Sollecitazioni SLE frequente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
11	SLEf-d	-72.55	-123.83

Sollecitazioni SLE quasi permanente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
11	SLEqp-b	-50.97	-71.37

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

NOME SEZIONE: solsup

(Percorso File: C:\Sintagma\Commesse\E78 Grosseto\modello sottovia\solsup.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Tipologia sezione: Sezione predefinita  
 Forma della sezione: Rettangolare  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona sismica (CD'B)  
 Posizione sezione nell'asta: Non in zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CONGLOMERATO - Classe: C28/35**

Resis. compr. di calcolo  $f_{cd}$  : 158.60 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta  $f_{cd}'$  : 79.30 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza  $ec2$  : 0.0020  
 Def.unit. ultima  $ecu$  : 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale  $E_c$  : 323080 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione  $f_{ctm}$  : 28.80 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
 Combinazioni Frequenti in Esercizio  
     Sc Limite : 168.00 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : 0.300 mm  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
     Sc Limite : 126.00 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

**ACCIAIO - Tipo: B450C**

Resist. caratt. snervam.  $f_{yk}$  : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura  $f_{tk}$  : 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo  $f_{yd}$  : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo  $f_{td}$  : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo  $E_{pu}$  : 0.068  
 Modulo Elastico  $E_f$  : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1*\beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1*\beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 50.0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø16 (10.1 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø16 (10.1 cm<sup>2</sup>)  
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 6.8 cm  
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 6.8 cm

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
 Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	10376	13487	0	0
2	10746	-19393	21747	0

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	7070	7418
2	7255	-12383

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	4943	2061
2	5094	-7137

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.0 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue  
Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 10.1 cm<sup>2</sup>  
Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 10.1 cm<sup>2</sup>

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	10376	13487	10360	20102	1.490	44.6		
2	S	10746	-19393	10751	-20175	1.040	5.4		

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.01034	50.0	-0.00089	43.2	-0.02440	6.8
2	0.00350	-0.01031	0.0	-0.00088	6.8	-0.02433	43.2

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

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0]  
N.Bracci staffe: 2  
Area staffe/m : 7.9 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima normativa = 0.0]

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO**

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
Vsdu Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe  
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato  
Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe  
bw Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro  
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Afst Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	0	18773	156177	11949	100.0	45.00	1.013	0.0
2	S	21747	18821	107758	29872	100.0	21.80	1.014	5.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

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

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	17.6	50.0	-14.9	50.0	-157	43.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	28.5	0.0	-25.7	0.0	-276	6.8	0.0	0	0.0	0.0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

Scl <sub>max</sub>	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Scl <sub>min</sub>	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm <sup>2</sup> ]
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Sc <sub>min</sub> + ScEff)/(2 Sc <sub>min</sub> )
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure
Srm	Distanza media in mm tra le fessure
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	Scl <sub>max</sub>	Scl <sub>min</sub>	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000	
2	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000	

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	5.4	50.0	-3.6	50.0	-35	43.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	16.6	0.0	-14.7	0.0	-156	6.8	0.0	0	0.0	0.0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Scl <sub>max</sub>	Scl <sub>min</sub>	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000	
2	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000	

Sezione non fessurata

Soletta INFERIORE

Sezione di Mezzeria

Sollecitazioni SLU:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
7	SLU1c	-67.54	-120.77

Sollecitazioni SLE frequente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
7	SLEf-c	-49.93	-76.66

Sollecitazioni SLE quasi permanente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
7	SLEqp-a	-51.90	-39.24

Sezione di Estremità

Sollecitazioni SLU:

Frame	OutputCase	P	M3	V2
Text	Text	KN	KN-m	KN
1	SLU1d	-64.53	136.66	148.76

Frame	OutputCase	P	M3	V2
Text	Text	KN	KN-m	KN
1	SLU1d	-64.53	25.26	160.67

Sollecitazioni SLE frequente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
1	SLEf-d	-48.42	86.36

Sollecitazioni SLE quasi permanente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
1	SLEqp-b	-50.64	51.32

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: solinf

(Percorso File: C:\Sintagma\Commesse\E78 Grosseto\modello sottovia\solinf.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Tipologia sezione: Sezione predefinita  
 Forma della sezione: Rettangolare  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona sismica (CD'B)  
 Posizione sezione nell'asta: Non in zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35

Resis. compr. di calcolo fcd : 158.60 daN/cm<sup>2</sup>

Resis. compr. ridotta fcd': 79.30 daN/cm<sup>2</sup>

Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020

Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale  $E_c$ : 323080 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson: 0.20  
 Resis. media a trazione  $f_{ctm}$ : 28.80 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.0  
 Combinazioni Frequenti in Esercizio  
   Sc Limite: 168.00 daN/cm<sup>2</sup>  
   Apert.Fess.Limite: 0.300 mm  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
   Sc Limite: 126.00 daN/cm<sup>2</sup>  
   Apert.Fess.Limite: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam.  $f_{yk}$ : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura  $f_{tk}$ : 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo  $f_{yd}$ : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo  $f_{td}$ : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo  $E_{pu}$ : 0.068  
 Modulo Elastico  $E_f$ : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 50.0 cm  
 Barre inferiori: 5Ø16 (10.1 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori: 5Ø16 (10.1 cm<sup>2</sup>)  
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre): 6.8 cm  
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre): 6.8 cm

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
 Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	6754	-12077	0	0
2	6453	13666	14872	0
3	6453	2526	16067	0

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb. N Mx

1	4993	-7666
2	4842	8636

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	

N.Comb.	N	Mx
1	5190	-3924
2	5064	5132

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.2 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata						
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)						
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico						
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)						
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico						
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$						
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.						
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)						
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 10.1 cm <sup>2</sup> Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 10.1 cm <sup>2</sup>						

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	6754	-12077	6747	-19427	1.609	5.3		
2	S	6453	13666	6446	19371	1.417	44.7		
3	S	6453	2526	6446	19371	7.669	44.7		

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

N.Comb. ec max ec 3/7 Yc max ef min Yf min ef max Yf max

1	0.00350	-0.01064	0.0	-0.00099	6.8	-0.02501	43.2
2	0.00350	-0.01066	50.0	-0.00100	43.2	-0.02506	6.8
3	0.00350	-0.01066	50.0	-0.00100	43.2	-0.02506	6.8

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO**

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata							
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)							
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe							
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato							
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe							
bw	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro							
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato							
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione							
Afst	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]							

N.Comb. Ver Vsdu Vrd Vcd Vwd bw Teta Acw Afst

1	S	0	18304	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	S	14872	18265	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	S	16067	18265	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

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

N.Comb. Ver Sc max Yc max Sc min Yc min Sf min Yf min Dw Eff. Ac eff. Af eff. Dbarre

1	S	17.7	0.0	-15.8	0.0	-169	6.8	0.0	0	0.0	0.0
2	S	19.8	50.0	-18.0	50.0	-193	43.2	0.0	0	0.0	0.0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
Sclmax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]										
Scl_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]										
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm <sup>2</sup> ]										
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)										
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2										
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure										
Srm	Distanza media in mm tra le fessure										
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm										

N.Comb. Ver Sclmax Sclmin Sc Eff K3 Beta12 Eps Srm Ap.Fess.

1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000
2	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb. Ver Sc max Yc max Sc min Yc min Sf min Yf min Dw Eff. Ac eff. Af eff. Dbarre

1	S	9.6	0.0	-7.6	0.0	-79	6.8	0.0	0	0.0	0.0
2	S	12.2	50.0	-10.3	50.0	-108	43.2	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N.Comb. Ver ScImax ScImin Sc Eff K3 Beta12 Eps Srm Ap.Fess.

1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000
2	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000

Sezione non fessurata

PIEDRITTI

Sollecitazioni SLU:

Frame	OutputCase	P	M3	V2
Text	Text	KN	KN-m	KN
3	SLU1d	-234	-223.2	105.63
Frame	OutputCase	P	M3	V2
Text	Text	KN	KN-m	KN
2	SLU1c	-235.6	124.38	137.53

Sollecitazioni SLE frequente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
3	SLEf-d	-145.7	-140.48

Sollecitazioni SLE quasi permanente:

Frame	OutputCase	P	M3
Text	Text	KN	KN-m
3	SLEqp-b	-74	-75.73

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: piedritti

(Percorso File: C:\Sintagma\Commesse\E78 Grosseto\modello sottovia\piedritti.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Tipologia sezione: Sezione predefinita  
 Forma della sezione: Rettangolare  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Zona sismica (CD'B')  
Posizione sezione nell'asta: Non in zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO - Classe: C28/35  
Resis. compr. di calcolo fcd : 158.60 daN/cm<sup>2</sup>  
Resis. compr. ridotta fcd': 79.30 daN/cm<sup>2</sup>  
Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020  
Def.unit. ultima ecu : 0.0035  
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
Modulo Elastico Normale Ec : 323080 daN/cm<sup>2</sup>  
Coeff. di Poisson : 0.20  
Resis. media a trazione fctm: 28.80 daN/cm<sup>2</sup>  
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
Combinazioni Frequenti in Esercizio  
Sc Limite : 168.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Apert.Fess.Limite : 0.300 mm  
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
Sc Limite : 126.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base: 100.0 cm  
Altezza: 54.0 cm  
Barre inferiori : 5Ø16 (10.1 cm<sup>2</sup>)  
Barre superiori : 5Ø16 (10.1 cm<sup>2</sup>)  
Copriferro barre inf.(dal baric. barre): 5.8 cm  
Copriferro barre sup.(dal baric. barre): 5.8 cm

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione  
Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	23400	-22320	10563	0
2	23560	12438	13753	0

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	14570	-14048

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	7400	-7573

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.5 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.2 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue  
Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 10.1 cm<sup>2</sup>  
Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 10.1 cm<sup>2</sup>

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	23400	-22320	23382	-25081	1.124	5.4		
2	S	23560	12438	23543	25115	2.019	48.6		

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)					
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)					
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)					
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)					

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.01141	0.0	-0.00024	5.8	-0.02756	48.2
2	0.00350	-0.01140	54.0	-0.00023	48.2	-0.02753	5.8

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata						
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)						
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe						
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato						
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe						
bw	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro						
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato						
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione						
Afst	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]						

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	10563	21953	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	S	13753	21974	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	28.8	0.0	-23.6	0.0	-270	5.8	0.0	0	0.0	0.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
ScI_max	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]									
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]									
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm <sup>2</sup> ]									
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)									
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2									
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure									

Srm Distanza media in mm tra le fessure  
Ap.fess. Apertura delle fessure in mm =  $1,7 * Eps * Srm$

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
---------	-----	--------	--------	--------	----	--------	-----	-----	----------

1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000	
---	---	-----	-----	-----	-----	----------	---	-------	--

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
---------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

1	S	15.4	0.0	-12.8	0.0	-147	5.8	0.0	0	0.0	0.0
---	---	------	-----	-------	-----	------	-----	-----	---	-----	-----

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
---------	-----	--------	--------	--------	----	--------	-----	-----	----------

1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000	
---	---	-----	-----	-----	-----	----------	---	-------	--

Sezione non fessurata

## 4.8 CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO

Per il calcolo del carico limite della fondazione dello scatolare si utilizza la formula di Brinch-Hansen.

La verifica viene condotta allo stato limite ultimo secondo l'Approccio di progetto 1 considerando le due combinazioni :

- *Combo 1 : A1 + M1 + R1*
- *Combo 2 : A2 + M2 + R2*

Si riporta di seguito la verifica della combinazione più gravosa fra le due considerate:

- *Combo 2 : A2 + M2 + R2*

La molla più sollecitata è quella nel nodo 2 alla quale corrisponde una reazione vincolare massima allo stato limite ultimo pari a 280.86 KN. La relativa area di influenza del nodo risulta pari a BxL, con B=0.735 m e L=1 m.

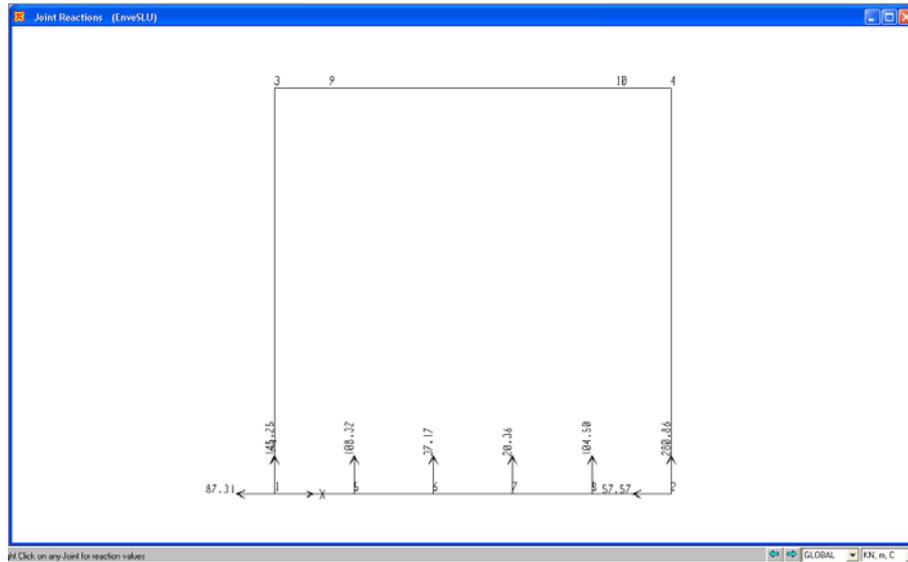


Figura 21 - Reazioni vincolari - involucro SLU

$$q_{lim} = c^*Nc^* sc^*dc^*ic^*bc^*gc + q^*Nq^*sq^*dq^*iq^*bq^*gq + 0.5^*\gamma^*B^*N\gamma^*s\gamma^*d\gamma^*r\gamma^*b\gamma^*q\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = M_b/N$ )

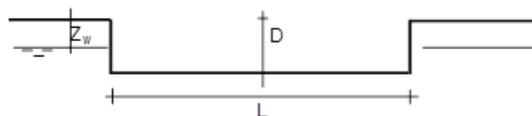
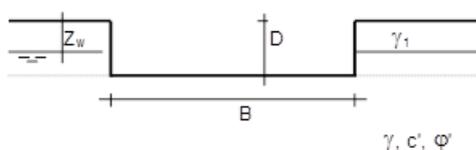
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_L/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2^*e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2^*e_L$ )

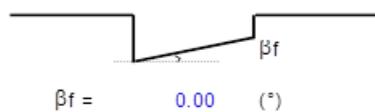
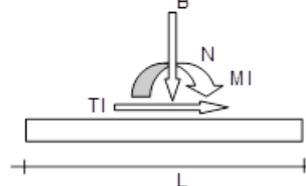
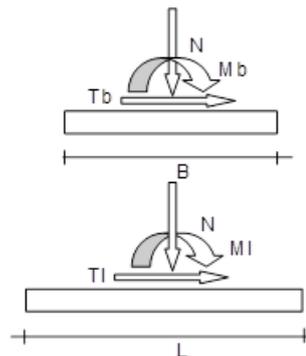
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo		coefficienti parziali			
		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \phi'$	$c'$
Stato limite ultimo	○	1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	●	1.00	1.00	1.25	1.25

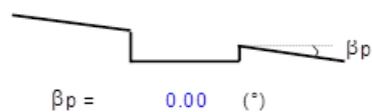


(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 0.74 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 5.00 (m)



$\beta_f = 0.00$  (°)



$\beta_p = 0.00$  (°)

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	280.86	0.00	280.86
Mb [kNm]	0.00	0.00	0.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	0.00	0.00	0.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 23.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 23.00$  (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 300.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 48.00$  (°)

*Valori di progetto*

$c' = 240.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 41.62$  (°)

*Profondità della falda*

$Z_w = 7.00$  (m)

$e_B = 0.00$  (m)

$e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 0.74$  (m)

$L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 115.00$  (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 23.00$  (kN/mc)

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$

$N_q = 80.79$

$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_c = 89.80$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 145.34$

$s_c, s_q, s_\gamma$ : **fattori di forma**

$$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$s_c = 1.66$$

$$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.65$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.71$$

$i_c, i_q, i_\gamma$ : **fattori di inclinazione del carico**

$$m_0 = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.58 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_1 = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.42 \quad m = 1.58 \quad (-)$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastriforme e  
 $m=(m_0 \sin^2 \theta + m_1 \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

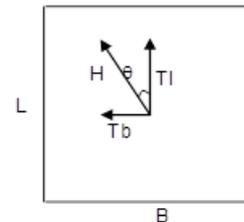
$$i_q = 1.00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$$

$$i_c = 1.00$$

$$i_\gamma = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 1.00$$



$d_c, d_q, d_\gamma$ : **fattori di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$$

$$d_q = 1.29$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.29$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**$b_c, b_q, b_\gamma$ : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$ : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 66764.82 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 382.12 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Coefficiente di sicurezza**

$$F_s = q_{lim} / q = 174.72$$

## 5. MURI D'ALA

Argomenti di tale capitolo sono la verifica ed il dimensionamento dei muri d'ala dello scatolare in sinistra ed in destra riportati nella seguente Figura 22.

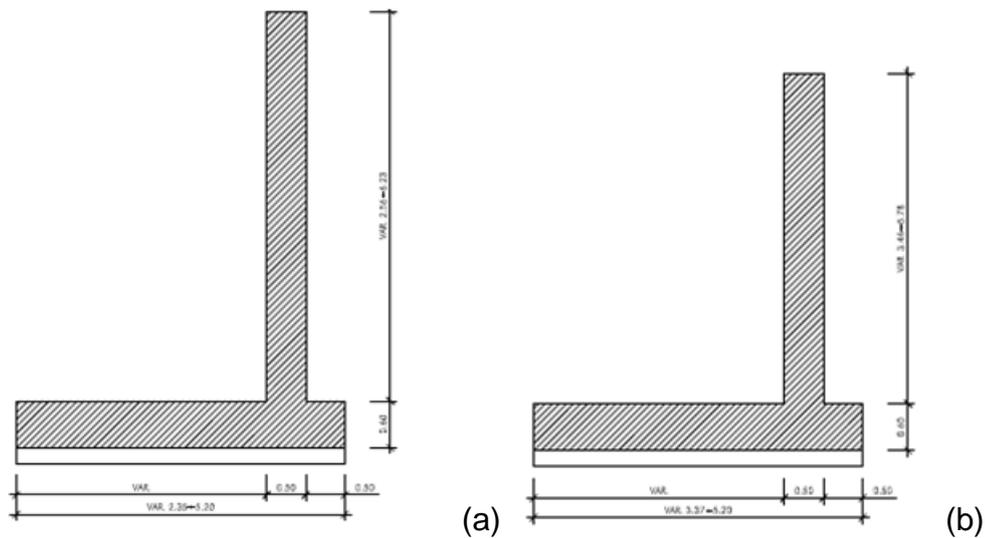


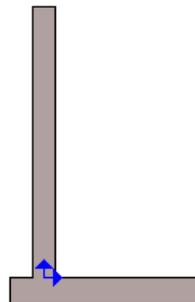
Figura 22 – Muri d'ala dello scatolare: a) Lato sinistro; b) Lato destro.

### 5.1 GEOMETRIA DEL MURO

La descrizione della geometria del muro si avvale di una duplice rappresentazione, una schematica, tramite la sezione trasversale, e l'altra in forma analitica tramite le dimensioni principali degli elementi costituenti.

#### 5.1.1 Sistema di riferimento

Nella seguente rappresentazione schematica viene rappresentata la posizione e l'orientamento del sistema di riferimento rispetto ai vertici principali della sagoma del muro.



Sistema di riferimento adottato per le coordinate:

- Ascisse X (espresse in centimetri) positive verso destra

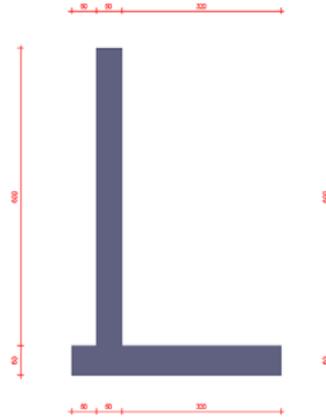
- Ordinate Y (esprese in centimetri) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da sinistra verso destra.

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dal basso verso l'alto.

Tutti i valori in output sono riferiti ad 1 centimetro di muro.

### 5.1.2 Rappresentazione geometrica, sezione trasversale



### 5.1.3 Rappresentazione analitica

Il muro viene convenzionalmente suddiviso in blocchi principali ed eventuali accessori.

Ingombro globale

Larghezza totale del muro : 420 cm

Altezza totale del muro : 660 cm

Peso specifico del muro : 2500 daN/m<sup>3</sup>

Paramento

Base inf. : 50 cm

Base sup. : 50 cm

Altezza : 600 cm

Disassamento : 0 cm

Mensola sinistra in fondazione

Larghezza : 50 cm

Alt.interna : 60 cm

Alt.esterna : 60 cm

Disassamento : 0 cm

Zoccolo centrale in fondazione

Larghezza : 50 cm

Altezza a sx	: 60 cm
Altezza a dx	: 60 cm
Sfalsamento	: 0 cm
Mensola destra in fondazione	
Larghezza	: 320 cm
Alt.interna	: 60 cm
Alt.esterna	: 60 cm
Disassamento	: 0 cm

## 5.2 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Significato dei simboli e unità di misura:

Gsat: Peso specifico saturo del terreno, utilizzato nelle zone immerse (daN/m<sup>3</sup>)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m<sup>3</sup>)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno/paramento (deg)

Al: Adesione della coesione all'interfaccia terreno/cls (-)

OCR: Coefficiente di sovraconsolidazione del terreno (-)

Ko: Coefficiente di spinta a riposo del terreno (-)

E: Modulo elastico longitudinale del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

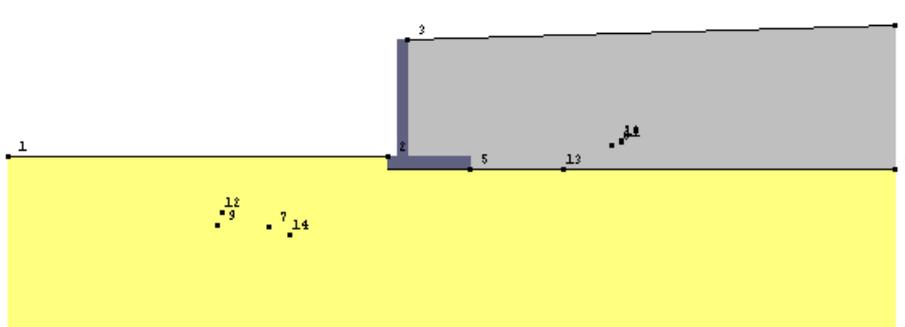
G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

Denominazione	Gsat	Gnat	Fi	C'	Cnd	Delta	Al	OCR	Ko	E	G	Perm
U2	2300	2300	48.00	3.00	0.00	28.00	0.00	1.00	0.26	2000	7692	3.30E-01
Reinterro	1900	1900	35.00	0.00	0.00	18.00	0.00	1.00	0.43	300	115	3.30E-01

## 5.3 GEOMETRIA DEGLI STRATI

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligoni di separazione degli strati di terreno.



Strato n.1, materiale sottostante: U2

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	1	-2000	0
2	2	-75	0

Strato n.2, materiale sottostante: Reinterro

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	3	25	600
2	4	2500	671

Strato n.3, materiale sottostante: U2

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	5	345	-60
2	6	2500	-60

Strato n.4, materiale sottostante: U2

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	-	-75	-60
2	-	-25	-60
3	-	25	-60
4	5	345	-60

## 5.4 METODI DI CALCOLO DELLE AZIONI E DELLE VERIFICHE

Metodo di calcolo della spinta del terreno : cuneo di tentativo

Metodo di calcolo della portanza del terreno : Brinch-Hansen  
Normativa adottata per le verifiche locali : D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni  
Normativa adottata per il sisma: D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni NTC 2008.  
Localizzazione dell'opera: Civitella Paganica, Grosseto  
Vita nominale dell'opera (Tab. 2.4.I): 50 anni  
Classe d'uso (Tab. 2.4.II): 2  
Parametri sismici calcolati per lo stato limite : SLV  
Accelerazione relativa  $A_g/g$  massima attesa al suolo: 0.14 g  
Categoria del suolo di fondazione: B  
Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.2  
Coefficiente di amplificazione topografica: 1.2  
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (Beta s): 0.24  
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per muri (Beta m): 0.24  
Punto di applicazione della forza dinamica: stesso punto di quella statica  
Effetto della componente verticale di accelerazione sismica incluso.

#### 5.4.1 \_\_ Descrizione della normativa sismica

In zona sismica per l'opera di sostegno viene condotta una analisi pseudostatica secondo quanto previsto dalla normativa vigente (NTC 2008 D.M. del 14/01/2008, paragrafo 7.11.6).

Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, pari al prodotto delle forze di gravità moltiplicate per un coefficiente sismico.

I coefficienti sismici orizzontali e verticali, applicati a tutte le masse potenzialmente instabili, sono calcolati rispettivamente come:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$
$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$
$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

Dove:

- $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- $a_{\max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- $g$  è l'accelerazione di gravità;

- $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;
- $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;
- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di  $\beta_m$  sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.II, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima  $a_g$ .

Il coefficiente  $S_s$  di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di  $S_s$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V.

Il coefficiente  $S_T$  di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture su pendii con inclinazione maggiore di 15° e dislivello superiore a 30m, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di  $S_T$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.VI, in funzione della categoria topografica della superficie.

I coefficienti sismici sopra definiti sono considerati costanti lungo l'altezza del muro.

L'incremento di spinta dovuto al sisma può venire assunto agente nello stesso punto di quella statica, nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, oppure a metà altezza dell'opera, negli altri casi.

La spinta totale di progetto  $E_d$  agente sull'opera di sostegno è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot h^2 + E_{ws}$$

dove:

- $\gamma$  è il peso specifico del terreno;
- $K$  è il coefficiente di spinta del terreno;
- $h$  è l'altezza del muro;
- $E_{ws}$  è la spinta idrostatica;

Il coefficiente di spinta del terreno viene calcolato come nel caso statico ma con le seguenti modifiche\*:

- nel caso di terreno sotto falda, applicando una rotazione al profilo del muro e degli strati di terreno, secondo le espressioni

$$\tan \theta_A = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 + k_v}$$

$$\tan \theta_B = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 - k_v}$$

dove:

- $\gamma$  è il peso specifico del terreno saturo;
- $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua;

Nel caso di terreno sopra falda, applicando una rotazione al profilo del muro e degli strati di terreno, secondo le espressioni

$$\tan \theta_A = \frac{k_h}{1 + k_v}$$

$$\tan \theta_B = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

\*eccetto il metodo di Mononobe-Okabe, che include il sisma in modo nativo nella formulazione.

L'acqua interstiziale viene considerata non libera all'interno dello scheletro solido del terreno, trattando quindi quest'ultimo come un mezzo monofase. In presenza di acqua libera sulla faccia del muro viene aggiunta la sovrappressione (considerata agente nel caso peggiore, cioè da monte verso valle) dovuta all'effetto idrodinamico, secondo la relazione:

$$q(z) = \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{h \cdot z}$$

dove:

- $h$  è l'altezza totale della zona interessata dall'acqua libera;
- $z$  è la distanza dal pelo libero dell'acqua.

#### 5.4.2 \_\_ Stabilità globale

In presenza di sisma viene condotta una analisi pseudo-statica secondo NTC 2008, paragrafo 7.11.3.5, secondo cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso del volume di terreno instabile ed ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

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

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

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

Dove:

- $\beta_s$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- $a_{\max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- $g$  è l'accelerazione di gravità;

- $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;
- $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;
- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.I, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima  $a_g$ .

Il coefficiente  $S_s$  di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di  $S_s$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V.

Il coefficiente  $S_T$  di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture su pendii con inclinazione maggiore di  $15^\circ$  e dislivello superiore a 30m, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di  $S_T$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.VI, in funzione della categoria topografica della superficie.

Il calcolo viene condotto nelle combinazioni stabilite dall'utente, con i coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e resistenze indicati; di default vengono create combinazioni per il caso statico e sismico.

Il margine di sicurezza alla stabilità del pendio ottenuto deve essere valutato e motivato dal progettista.

#### 5.4.3 \_ Descrizione del metodo di calcolo delle spinte

Il calcolo delle spinte basato sul "Metodo del cuneo di tentativo" (Trial Wedge Method), può essere considerato una generalizzazione della teoria di Coulomb (1776). Le equazioni derivano dall'equilibrio limite globale di diversi cunei di rottura di forma variabile a seconda delle condizioni di equilibrio al contorno. Esse dipendono dall'angolo di rottura delle superfici di scorrimento; la spinta si ottiene per tentativi facendo variare l'angolo di rottura fino a determinare quello critico che rende massima la spinta attiva o minima la spinta passiva sull'opera di sostegno.

Nel caso semplice di terrapieno omogeneo, dall'equilibrio globale limite del cuneo costruito sulla superficie di rottura, si scrive l'equazione di equilibrio in funzione dell'angolo di rottura  $\alpha$ . In questo modo l'unica incognita è la spinta del terreno, ed è possibile cercare l'angolo critico che rende massima tale spinta attiva.

In caso di presenza di falda, nell'equilibrio limite globale del cuneo di rottura viene considerata la sottospinta dell'acqua  $U$  sulla superficie di rottura e la spinta idrostatica  $P_w$  sul tratto di muro interessato; il peso di volume del cuneo è comprensivo del peso dell'acqua.

Si calcolano le componenti delle forze agenti lungo la superficie di rottura e lungo la sua normale. Dall'equilibrio delle forze normali alla superficie di scorrimento:

$$N = [V - P_{ah} \tan \delta + W] \cos \alpha + [P_{ah} + P_w] \sin \alpha - U$$

Dove

$$P_{ah} \tan \delta = P_{av}$$

$$V = q * B$$

Dall'equilibrio delle forze tangenziali alla superficie di scorrimento:

$$T = [V + W - P_{ah} \tan \delta] \sin \alpha - [P_{ah} + P_w] \cos \alpha$$

Sfruttando il criterio di rottura di Mohr-Coulomb,

$$T = N \tan \phi + c * L$$

sostituendo T ed N con quelle derivanti dalle equazioni di equilibrio e risolvendo rispetto all'unica incognita  $P_{ah}$  si ottiene la seguente equazione, dipendente da  $\alpha$ :

$$P_{ah} = \frac{(V + W) * (\cos \alpha \tan \phi - \sin \alpha) + P_w * (\cos \alpha + \sin \alpha \tan \phi) - U \tan \phi + c * L}{(\tan \delta \cos \alpha \tan \phi - \sin \alpha \tan \phi - \tan \delta \sin \alpha - \cos \alpha)}$$

Nel caso di un terrapieno formato da due strati di terreno generici, poiché i parametri meccanici possono cambiare nei due strati, potendo essere i due terreni di natura diversa, la superficie di rottura che ne deriva è spezzata, assume cioè valori dell'angolo di rottura  $\alpha_1$  ed  $\alpha_2$  che possono essere diversi nei due strati. Le spinte si ricavano sempre dall'equilibrio del cuneo mediante un'equazione di equilibrio limite. Nel caso di un terrapieno formato da un numero generico di strati il calcolo viene condotto come nelle soluzioni precedenti, ma nel quale viene aggiunto uno strato per ogni ciclo di calcolo.

Il metodo del cuneo di tentativo consente una grande generalità nell'attribuzione di sovraccarichi sul terrapieno, in quanto permette di considerare svariate tipologie di carico. Inoltre consente di considerare, nel caso di materiali coesivi, la fessurazione che può formarsi in superficie, dovuta all'incapacità di sopportare una trazione eccessiva nella parte superiore dello strato. L'altezza fessurata viene in questo caso calcolata come:

$$H = \frac{2 * c}{\gamma} * \tan \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

Il metodo del cuneo di tentativo può essere usato anche per il calcolo della spinta passiva.

## 5.5 DESCRIZIONE DEL METODO DI CALCOLO DELLA PORTANZA

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Brinch-Hansen, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume dello strato di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $B = B_f - 2e$ );

$L$  = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $L = L_f - 2e$ );

$c$  = coesione dello strato di fondazione;

$q$  = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

$N_y, N_c, N_q$  = fattori di capacità portante;

$s_y, s_c, s_q$  = fattori di forma della fondazione;

$d_y, d_c, d_q$  = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.

$i_y, i_c, i_q$  = fattori di inclinazione del carico;

$b_y, b_c, b_q$  = fattori di inclinazione della base della fondazione;

$g_y, g_c, g_q$  = fattori di inclinazione del piano campagna;

Per la teoria di Brinch-Hansen i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\varphi \quad N_q = tg^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot tg\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg\varphi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c} \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg\varphi \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot tg\varphi \cdot (1 - \sin\varphi)^2 \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\varphi} \right)^5, \text{ con } \eta = 0 \quad i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 45^\circ) \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\varphi} \right)^5, \text{ con } \eta > 0$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ} \quad g_c' = \frac{\beta^\circ}{147^\circ} \quad g_q = (1 - 0.5 \cdot tg\beta)^\circ$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad b_q = e^{(-2 \cdot \eta \cdot tg\varphi)} \quad b_\gamma = e^{(-2.7 \cdot \eta \cdot tg\varphi)}$$

dove:

$$k = \frac{D}{B_f} \text{ se } \frac{D}{B_f} \leq 1$$

$$k = \arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) \text{ se } \frac{D}{B_f} > 1$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

$\phi$  = angolo di attrito dello strato di fondazione;

$c_a$  = aderenza alla base della fondazione;

$\eta$  = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ( $\square= 0$  se orizzontale);

$\beta$  = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità della fondazione.

## 5.6 DISTRIBUZIONI DI SPINTE E PRESSIONI

Le distribuzioni delle pressioni esercitate dai terreni circostanti il muro sono date attraverso un insieme di segmenti generalmente coincidenti i profili laterali dell'intervento murario. Ogni segmento presenta una distribuzione lineare di pressione che può variare vettorialmente da un valore (VX1, VY1) sino ad un valore (VX2, VY2). Le distribuzioni di pressione sono fornite per causa originante (pressione del terreno o pressione dell'acqua) e sommate globalmente.

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.31	-0.08	0	0	0	0	0	0	-0.31	-0.08

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.52	-0.24	0	0	0	0	0	0	-0.52	-0.24

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	Vx <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	Vx <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.27	-0.09	0	0	0	0	0	0	-0.27	-0.09

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.35	-0.11	0	0	0	0	0	0	-0.35	-0.11

Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.35	-0.09	0	0	0	0	0	0	-0.35	-0.09

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.3	-0.11	0	0	0	0	0	0	-0.3	-0.11

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.29	-0.11	0	0	0	0	0	0	-0.29	-0.11

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-3

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.39	-0.12	0	0	0	0	0	0	-0.39	-0.12

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-4

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
25	600	25	0	0	0	-0.37	-0.11	0	0	0	0	0	0	-0.37	-0.11

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>

25	600	25	0	0	0	-0.27	-0.09	0	0	0	0	0	0	-0.27	-0.09
----	-----	----	---	---	---	-------	-------	---	---	---	---	---	---	-------	-------

## 5.7 RISULTANTE DELLE AZIONI AGENTI SUL MURO

Vengono riportate le combinazioni di calcolo ed il riepilogo delle azioni risultanti agenti sul muro per le verifiche geotecniche.

### 5.7.1 \_\_ Combinazioni di calcolo

Famiglia	A	M	R	Indice	Nome	Perm.	Variabili	Sisma H	Sisma V
EQU	A3	M2	R0	1	EQU-1	0.9	0	0	0
EQU	A0	M2	R0	2	EQU-2	1	0	1	1
STR	A1	M1	R1	1	STR-1	1	0	0	0
STR	A1	M1	R1	2	STR-2	1.3	0	0	0
GEO	A2	M2	R2	1	GEO-1	1	0	0	0
SIS	A0	M1	R1	1	SIS-1	1	0	1	1
SIS	A0	M1	R1	2	SIS-2	1	0	1	-1
SIS	A0	M2	R2	3	SIS-3	1	0	1	1
SIS	A0	M2	R2	4	SIS-4	1	0	1	-1
SLE	A0	M0	R0	1	SLE-1	1	0	0	0

Descrizione	X <sub>p</sub>	Y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-124.2
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-330.84
Spinta del terreno a monte	345	163	-117.34	-30.5
Spinta del terreno a valle	-66	-37	2117.87	900.87

Tabella 1 - Combinazione di carico EQU-1

Descrizione	X <sub>p</sub>	Y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-138
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-367.6
Spinta del terreno a monte	345	163	-192.51	-89.56
Spinta del terreno a valle	-66	-37	2130.51	906.25
Forza di inerzia dovuta al muro	62	149	-27.82	-13.91
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	185	302	-74.11	-37.05

Tabella 2 - Combinazione di carico EQU-2

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-138
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-367.6
Spinta del terreno a monte	345	163	-101.18	-32.87
Spinta del terreno a valle	-24	-39	9031.4	4802.08

Tabella 3 - Combinazione di carico STR-1

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-179.4
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-477.87
Spinta del terreno a monte	345	163	-131.53	-42.74
Spinta del terreno a valle	-24	-39	9107.01	4842.29

Tabella 4 - Combinazione di carico STR-2

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-138
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-367.6
Spinta del terreno a monte	345	163	-130.38	-33.89
Spinta del terreno a valle	-66	-37	2124.16	903.55

Tabella 5 - Combinazione di carico GEO-1

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-138
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-367.6
Spinta del terreno a monte	345	163	-113	-42.71
Spinta del terreno a valle	-24	-39	9037.5	4805.32
Forza di inerzia dovuta al muro	62	149	-6.68	-3.34
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	185	302	-17.79	-8.89

Tabella 6 - Combinazione di carico SIS-1

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
-------------	-------	-------	-------	-------

	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-138
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-367.6
Spinta del terreno a monte	345	163	-107.66	-40.69
Spinta del terreno a valle	-24	-39	9025.31	4798.84
Forza di inerzia dovuta al muro	62	149	-6.68	3.34
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	185	302	-17.79	8.89

Tabella 7 - Combinazione di carico SIS-2

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-138
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-367.6
Spinta del terreno a monte	345	163	-144.61	-44.97
Spinta del terreno a valle	-66	-37	2125.69	904.2
Forza di inerzia dovuta al muro	62	149	-6.68	-3.34
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	185	302	-17.79	-8.89

Tabella 8 - Combinazione di carico SIS-3

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	62	149	0	-138
Peso proprio del terreno/acqua a monte	185	302	0	-367.6
Spinta del terreno a monte	345	163	-137.78	-42.85
Spinta del terreno a valle	-66	-37	2122.64	902.9
Forza di inerzia dovuta al muro	62	149	-6.68	3.34
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	185	302	-17.79	8.89

Tabella 9 - Combinazione di carico SIS-4.

## 5.8 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE

### 5.8.1 \_\_ Tensioni trasmesse sul terreno

Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio	: 0
Sigma ammissibile terreno di fondazione	: 3 daN/cm <sup>2</sup>
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	: 39.9 cm (comb. SIS-4)
Momento rispetto al baricentro della fondazione	: 22049 daN cm (comb. SIS-3)

Larghezza reagente minima in fondazione	: 420 cm (comb. STR-1)
Tensione max sul terreno allo spigolo di valle	: 2.09 daN/cm <sup>2</sup> (comb. SIS-3)
Tensione max sul terreno allo spigolo di monte	: 1.35 daN/cm <sup>2</sup> (comb. STR-2)

### 5.8.2 \_\_ Verifica a traslazione

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-4	
Moltiplicatore spinta passiva per traslazione	: 0
Coefficiente di attrito caratteristico terreno-fondazione	: 0.63
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	: 536 daN
Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione	: 0 daN
Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione	: 162 daN
Coefficiente limite verifica alla traslazione	: 1
Coefficiente di sicurezza alla traslazione	: 2.94

### 5.8.3 Verifica a ribaltamento

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: EQU-2	
Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento	: 0
Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle	: 26459 daN cm
Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle	: -114579 daN cm
Coefficiente limite verifica al ribaltamento	: 1
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	: 4.33

### 5.8.4 \_\_ Verifica al carico limite

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-3	
Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno	: 0
Inclinazione della risultante rispetto alla normale	: 16.7 °
Base efficace	: 342 cm
Carico di progetto della fondazione	: 562.8 daN/cm
Carico ultimo della fondazione	: 40074.3 daN/cm
Lunghezza Fondazione per verifica carico limite	: 1000 cm
Coefficiente limite verifica al carico limite	: 1
Coefficiente di sicurezza al carico limite	: 71.21
Tabella dei coefficienti di capacità portante	

Coefficienti	Coesione	Sovraccarico	Attrito
Coefficienti di capacità portante	N <sub>c</sub> = 90	N <sub>q</sub> = 81	N <sub>γ</sub> = 106

Coefficienti di forma	$s_c = 1$	$s_q = 1$	$s_g = 1$
Coefficienti di profondità	$d_c = 1.06$	$d_q = 1.03$	$d_g = 1$
Coefficienti di inclinazione del carico	$i_c = 0.44$	$i_q = 0.44$	$i_g = 0.31$
Coefficienti di inclinazione del piano di posa della fondazione	$b_c = 1$	$b_q = 1$	$b_g = 1$
Coefficienti di inclinazione del pendio	$g_c = 1$	$g_q = 1$	$g_g = 1$

## 5.9 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-3  
 Metodo di analisi di stabilità del pendio : Bishop  
 Passo dei conci : 100 cm  
 Coefficiente di stabilità globale pendio : 6.78  
 Coefficiente limite suggerito dalla normativa : 1.1  
 X centro della superficie critica : 185 cm  
 Y centro della superficie critica : 1624 cm  
 Raggio della superficie critica : 1704 cm  
 Forza di bilancio : 2518.92 daN/cm  
 Volume spostato dalla superficie critica : 83.41 m<sup>3</sup>/m  
 Peso spostato dalla superficie critica : 162406 daN/m

## 5.10 PARAMETRI PER DIMENSIONAMENTO ARMATURA

Metodo di calcolo: D.M. 14-01-2008 Norme Tecniche per le Costruzioni  
 Rck (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo) : 350 daN/cm<sup>2</sup>  
 Modulo elastico longitudinale Ec : 337217 daN/cm<sup>2</sup>  
 Rapporto Ea/Ec per calcolo tensioni in esercizio : 15  
 Rapporto Ea/Ec per calcolo ampiezza fessure : 7  
 Fyk (tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio): 4400 daN/cm<sup>2</sup>  
 Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio : 1.15  
 Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo : 1.6  
 Coefficiente Beta2 per calcolo ampiezza fessure : 0.5  
 Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza : 0.7  
 fct,eff/fctm per calcolo ampiezza fessure : 1.2  
 Limite sigmac/fck : 0.45  
 Limite sigmaf/fyk : 0.7

Ampiezza limite delle fessure : 0.1 mm  
Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo : 1.4  
Coefficiente Beta per punzonamento pali interni : 1.15

## 5.11 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI

Tutte le verifiche sono riferite su sezioni di profondità nominale di un metro.

Significato dei simboli:

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

As: area efficace dello strato superiore per metro

Cs: copriferro medio dello strato superiore

Ai: area efficace dello strato inferiore per metro

Ci: copriferro medio dello strato inferiore

vml: soddisfacimento delle percentuali minime di armatura

cres: combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione retta

Md: momento di calcolo

Nd: sforzo normale di calcolo

Mu: momento ultimo

Nu: sforzo normale ultimo

c.s.: coefficiente di sicurezza

vres: soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

ces: combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione retta

Me: momento in esercizio

Ne: sforzo normale in esercizio

$\sigma_f$ : trazione massima sull'armatura

$\sigma_c$ : compressione massima sul calcestruzzo

ves: soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

cf: combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

Mf: momento di calcolo per la verifica di fessurazione

Nf: sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione

S<sub>rm</sub>: interasse delle fessure

W<sub>k</sub>: ampiezza caratteristica delle fessure

v<sub>f</sub>: soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

ct: combinazione di carico critica per la verifica a taglio

V<sub>Sd</sub>: taglio di calcolo

V<sub>Rdc</sub>: taglio resistente in assenza di armatura a taglio

V<sub>Rdmax</sub>: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

V<sub>Rds</sub>: taglio resistente in presenza di armatura a taglio

v<sub>t</sub>: soddisfacimento verifica taglio

**Paramento (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)**

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	V <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
0	0	50	20.1	6.8	20.1	6.8	ok	SIS-3	2343607	-11297	3451381	-16636	1.47	ok
0	10	50	20.1	6.8	20.1	6.8	ok	SIS-3	2228667	-11049	3461222	-17162	1.55	ok
0	20	50	16.8	6.8	16.8	6.8	ok	SIS-3	2117547	-10804	2949151	-15047	1.39	ok
0	30	50	13.1	6.8	13.1	6.8	ok	SIS-3	2010184	-10560	2362869	-12413	1.18	ok
0	40	50	7.3	6.6	14.7	6.8	ok	SIS-3	1906513	-10319	2616514	-14161	1.37	ok
0	50	50	9.2	6.6	18.3	6.8	ok	SIS-3	1806468	-10079	3226043	-18000	1.79	ok
0	60	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1709987	-9842	3521475	-20264	2.06	ok
0	70	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1617003	-9606	3535337	-21001	2.19	ok
0	80	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1527452	-9373	3550037	-21783	2.32	ok
0	90	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1441271	-9141	3565575	-22611	2.47	ok
0	100	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1358393	-8912	3582288	-23503	2.64	ok
0	110	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1278755	-8684	3600004	-24450	2.82	ok
0	120	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1202293	-8459	3618891	-25460	3.01	ok
0	130	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1128940	-8236	3639116	-26545	3.22	ok
0	140	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	1058634	-8014	3660844	-27711	3.46	ok
0	150	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	991308	-7795	3684241	-28970	3.72	ok
0	160	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	926900	-7577	3709304	-30321	4	ok
0	170	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	865343	-7362	3736534	-31792	4.32	ok
0	180	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	806574	-7149	3765758	-33375	4.67	ok
0	190	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	750528	-6937	3797474	-35097	5.06	ok
0	200	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	697140	-6728	3832012	-36977	5.5	ok
0	210	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	646346	-6520	3869699	-39035	5.99	ok

0	220	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	598081	-6315	3911028	-41300	6.54	ok
0	230	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	552281	-6112	3956156	-43781	7.16	ok
0	240	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	508881	-5910	4005904	-46527	7.87	ok
0	250	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	467816	-5711	4060924	-49578	8.68	ok
0	260	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	429021	-5514	4121863	-52973	9.61	ok
0	270	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	392433	-5318	4189861	-56783	10.7	ok
0	280	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	357987	-5125	4266054	-61076	11.9	ok
0	290	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	325618	-4934	4351650	-65933	13.4	ok
0	300	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	295261	-4745	4448927	-71494	15.1	ok
0	310	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	266852	-4557	4559571	-77873	17.1	ok
0	320	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	240327	-4372	4686171	-85244	19.5	ok
0	330	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	215620	-4189	4831865	-93866	22.4	ok
0	340	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	192667	-4007	4995459	-103906	25.9	ok
0	350	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	171403	-3828	5182619	-115753	30.2	ok
0	360	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	151765	-3651	5396080	-129814	35.6	ok
0	370	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	133687	-3476	5617784	-146060	42	ok
0	380	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	117105	-3303	5854486	-165108	50	ok
0	390	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	101954	-3131	6101690	-187405	59.8	ok
0	400	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	88169	-2962	6348135	-213276	72	ok
0	410	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	75687	-2795	6576907	-242875	86.9	ok
0	420	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	64442	-2630	6766178	-276121	105	ok
0	430	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	54370	-2467	6889409	-312539	127	ok
0	440	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	45406	-2305	6721548	-341267	148	ok
0	450	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	37485	-2146	6522857	-373473	174	ok
0	460	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	30544	-1989	6284397	-409255	206	ok
0	470	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	24517	-1834	5995338	-448487	245	ok
0	480	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	19340	-1681	5644913	-490644	292	ok
0	490	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	SIS-3	14949	-1530	5225721	-534736	350	ok
0	500	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	STR-2	7405	-1720	3018626	-701329	408	ok
0	510	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	STR-2	5205	-1540	2476169	-732528	476	ok
0	520	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	STR-2	3486	-1361	1948759	-760879	559	ok
0	530	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	STR-2	2189	-1184	1453380	-786212	664	ok
0	540	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	STR-2	1256	-1009	1005762	-808302	801	ok
0	550	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	STR-2	627	-836	620286	-826869	989	ok
0	560	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	STR-2	245	-665	309791	-841591	>999	ok
0	570	50	10.1	6.6	20.1	6.8	ok	STR-2	50	-496	85253	-852136	>999	ok
0	580	50	9.2	6.6	18.2	6.8	ok	STR-2	-17	-329	-44272	-851139	>999	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>f</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	50	SLE-1	1560681	-10143	1766	-55	ok	SLE-1	1560681	-10143	-	-	ok
0	10	50	SLE-1	1482876	-9930	1671	-52	ok	SLE-1	1482876	-9930	-	-	ok

0	20	50	SLE-1	1407699	-9719	1873	-54	ok	SLE-1	1407699	-9719	-	-	ok
0	30	50	SLE-1	1335108	-9510	2231	-57	ok	SLE-1	1335108	-9510	-	-	ok
0	40	50	SLE-1	1265055	-9302	1890	-53	ok	SLE-1	1265055	-9302	-	-	ok
0	50	50	SLE-1	1197495	-9096	1442	-46	ok	SLE-1	1197495	-9096	-	-	ok
0	60	50	SLE-1	1132385	-8891	1244	-42	ok	SLE-1	1132385	-8891	-	-	ok
0	70	50	SLE-1	1069678	-8687	1168	-40	ok	SLE-1	1069678	-8687	-	-	ok
0	80	50	SLE-1	1009329	-8485	1095	-37	ok	SLE-1	1009329	-8485	-	-	ok
0	90	50	SLE-1	951293	-8284	1026	-35	ok	SLE-1	951293	-8284	-	-	ok
0	100	50	SLE-1	895525	-8085	959	-33	ok	SLE-1	895525	-8085	-	-	ok
0	110	50	SLE-1	841980	-7888	895	-31	ok	SLE-1	841980	-7888	-	-	ok
0	120	50	SLE-1	790612	-7691	834	-29	ok	SLE-1	790612	-7691	-	-	ok
0	130	50	SLE-1	741377	-7497	775	-28	ok	SLE-1	741377	-7497	-	-	ok
0	140	50	SLE-1	694228	-7303	719	-26	ok	SLE-1	694228	-7303	-	-	ok
0	150	50	SLE-1	649122	-7112	666	-24	ok	SLE-1	649122	-7112	-	-	ok
0	160	50	SLE-1	606012	-6921	615	-23	ok	SLE-1	606012	-6921	-	-	ok
0	170	50	SLE-1	564854	-6732	567	-21	ok	SLE-1	564854	-6732	-	-	ok
0	180	50	SLE-1	525602	-6545	521	-20	ok	SLE-1	525602	-6545	-	-	ok
0	190	50	SLE-1	488211	-6359	478	-18	ok	SLE-1	488211	-6359	-	-	ok
0	200	50	SLE-1	452636	-6175	437	-17	ok	SLE-1	452636	-6175	-	-	ok
0	210	50	SLE-1	418832	-5992	398	-16	ok	SLE-1	418832	-5992	-	-	ok
0	220	50	SLE-1	386754	-5810	361	-15	ok	SLE-1	386754	-5810	-	-	ok
0	230	50	SLE-1	356356	-5630	327	-13	ok	SLE-1	356356	-5630	-	-	ok
0	240	50	SLE-1	327593	-5451	294	-12	ok	SLE-1	327593	-5451	-	-	ok
0	250	50	SLE-1	300421	-5274	264	-11	ok	SLE-1	300421	-5274	-	-	ok
0	260	50	SLE-1	274793	-5099	235	-10	ok	SLE-1	274793	-5099	-	-	ok
0	270	50	SLE-1	250665	-4924	209	-9	ok	SLE-1	250665	-4924	-	-	ok
0	280	50	SLE-1	227991	-4752	184	-9	ok	SLE-1	227991	-4752	-	-	ok
0	290	50	SLE-1	206727	-4580	161	-8	ok	SLE-1	206727	-4580	-	-	ok
0	300	50	SLE-1	186827	-4411	140	-7	ok	SLE-1	186827	-4411	-	-	ok
0	310	50	SLE-1	168245	-4242	121	-6	ok	SLE-1	168245	-4242	-	-	ok
0	320	50	SLE-1	150938	-4076	103	-6	ok	SLE-1	150938	-4076	-	-	ok
0	330	50	SLE-1	134859	-3910	86	-5	ok	SLE-1	134859	-3910	-	-	ok
0	340	50	SLE-1	119963	-3746	72	-5	ok	SLE-1	119963	-3746	-	-	ok
0	350	50	SLE-1	106206	-3584	59	-4	ok	SLE-1	106206	-3584	-	-	ok
0	360	50	SLE-1	93541	-3423	47	-4	ok	SLE-1	93541	-3423	-	-	ok
0	370	50	SLE-1	81924	-3263	37	-3	ok	SLE-1	81924	-3263	-	-	ok
0	380	50	SLE-1	71310	-3105	28	-3	ok	SLE-1	71310	-3105	-	-	ok
0	390	50	SLE-1	61654	-2949	20	-2	ok	SLE-1	61654	-2949	-	-	ok
0	400	50	SLE-1	52909	-2794	14	-2	ok	SLE-1	52909	-2794	-	-	ok
0	410	50	SLE-1	45032	-2640	9	-2	ok	SLE-1	45032	-2640	-	-	ok
0	420	50	SLE-1	37976	-2488	5	-1	ok	SLE-1	37976	-2488	-	-	ok
0	430	50	SLE-1	31697	-2337	3	-1	ok	SLE-1	31697	-2337	-	-	ok

0	440	50	SLE-1	26150	-2188	1	-1	ok	SLE-1	26150	-2188	-	-	ok
0	450	50	SLE-1	21289	-2040	0	-1	ok	SLE-1	21289	-2040	-	-	ok
0	460	50	SLE-1	17069	-1894	0	-1	ok	SLE-1	17069	-1894	-	-	ok
0	470	50	SLE-1	13445	-1749	0	-1	ok	SLE-1	13445	-1749	-	-	ok
0	480	50	SLE-1	10371	-1606	0	-1	ok	SLE-1	10371	-1606	-	-	ok
0	490	50	SLE-1	7803	-1464	0	0	ok	SLE-1	7803	-1464	-	-	ok
0	500	50	SLE-1	5696	-1323	0	0	ok	SLE-1	5696	-1323	-	-	ok
0	510	50	SLE-1	4004	-1184	0	0	ok	SLE-1	4004	-1184	-	-	ok
0	520	50	SLE-1	2681	-1047	0	0	ok	SLE-1	2681	-1047	-	-	ok
0	530	50	SLE-1	1684	-911	0	0	ok	SLE-1	1684	-911	-	-	ok
0	540	50	SLE-1	966	-776	0	0	ok	SLE-1	966	-776	-	-	ok
0	550	50	SLE-1	483	-643	0	0	ok	SLE-1	483	-643	-	-	ok
0	560	50	SLE-1	188	-512	0	0	ok	SLE-1	188	-512	-	-	ok
0	570	50	SLE-1	38	-382	0	0	ok	SLE-1	38	-382	-	-	ok
0	580	50	SLE-1	-13	-253	0	0	ok	SLE-1	-13	-253	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	V <sub>Sd</sub>	V <sub>Rdc</sub>	V <sub>Rdmax</sub>	V <sub>Rds</sub>	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	50	SIS-3	-11988	20920	-	-	ok
0	10	50	SIS-3	-11597	20888	-	-	ok
0	20	50	SIS-3	-11214	19723	-	-	ok
0	30	50	SIS-3	-10836	19120	-	-	ok
0	40	50	SIS-3	-10465	19089	-	-	ok
0	50	50	SIS-3	-10101	20172	-	-	ok
0	60	50	SIS-3	-9743	20731	-	-	ok
0	70	50	SIS-3	-9391	20701	-	-	ok
0	80	50	SIS-3	-9046	20670	-	-	ok
0	90	50	SIS-3	-8707	20640	-	-	ok
0	100	50	SIS-3	-8375	20611	-	-	ok
0	110	50	SIS-3	-8050	20581	-	-	ok
0	120	50	SIS-3	-7730	20552	-	-	ok
0	130	50	SIS-3	-7417	20523	-	-	ok
0	140	50	SIS-3	-7111	20494	-	-	ok
0	150	50	SIS-3	-6811	20466	-	-	ok
0	160	50	SIS-3	-6518	20438	-	-	ok
0	170	50	SIS-3	-6231	20410	-	-	ok
0	180	50	SIS-3	-5950	20382	-	-	ok
0	190	50	SIS-3	-5676	20355	-	-	ok
0	200	50	SIS-3	-5409	20328	-	-	ok
0	210	50	SIS-3	-5147	20301	-	-	ok
0	220	50	SIS-3	-4893	20274	-	-	ok
0	230	50	SIS-3	-4644	20248	-	-	ok

0	240	50	SIS-3	-4403	20222	-	-	ok
0	250	50	SIS-3	-4167	20196	-	-	ok
0	260	50	SIS-3	-3939	20170	-	-	ok
0	270	50	SIS-3	-3716	20145	-	-	ok
0	280	50	SIS-3	-3500	20120	-	-	ok
0	290	50	SIS-3	-3291	20095	-	-	ok
0	300	50	SIS-3	-3088	20071	-	-	ok
0	310	50	SIS-3	-2891	20046	-	-	ok
0	320	50	SIS-3	-2701	20022	-	-	ok
0	330	50	SIS-3	-2517	19999	-	-	ok
0	340	50	SIS-3	-2340	19975	-	-	ok
0	350	50	SIS-3	-2169	19952	-	-	ok
0	360	50	SIS-3	-2005	19929	-	-	ok
0	370	50	SIS-3	-1847	19906	-	-	ok
0	380	50	SIS-3	-1696	19884	-	-	ok
0	390	50	SIS-3	-1551	19861	-	-	ok
0	400	50	SIS-3	-1413	19840	-	-	ok
0	410	50	SIS-3	-1281	19818	-	-	ok
0	420	50	SIS-3	-1155	19796	-	-	ok
0	430	50	SIS-3	-1036	19775	-	-	ok
0	440	50	SIS-3	-923	19754	-	-	ok
0	450	50	SIS-3	-817	19734	-	-	ok
0	460	50	SIS-3	-718	19713	-	-	ok
0	470	50	SIS-3	-624	19693	-	-	ok
0	480	50	SIS-3	-538	19674	-	-	ok
0	490	50	SIS-3	-457	19654	-	-	ok
0	500	50	SIS-3	-383	19635	-	-	ok
0	510	50	SIS-3	-316	19616	-	-	ok
0	520	50	SIS-3	-255	19597	-	-	ok
0	530	50	SIS-3	-201	19578	-	-	ok
0	540	50	SIS-3	-153	19560	-	-	ok
0	550	50	SIS-3	-111	19542	-	-	ok
0	560	50	SIS-3	-76	19524	-	-	ok
0	570	50	SIS-3	-47	19507	-	-	ok
0	580	50	SIS-3	-25	18849	-	-	ok

Mensola di fondazione a valle (mensola sinistra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	V <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
-55	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-3	38251	15	2016019	765	52.7	ok

-45	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-3	85529	22	2022397	515	23.6	ok
-35	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-3	151098	29	2025609	389	13.4	ok
-25	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-3	234603	36	2027540	313	8.64	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>f</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
-55	-30	60	SLE-1	27425	0	55	-1	ok	SLE-1	27425	0	-	-	ok
-45	-30	60	SLE-1	61530	0	124	-2	ok	SLE-1	61530	0	-	-	ok
-35	-30	60	SLE-1	109072	0	220	-4	ok	SLE-1	109072	0	-	-	ok
-25	-30	60	SLE-1	169936	0	342	-6	ok	SLE-1	169936	0	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	V <sub>Sd</sub>	V <sub>Rdc</sub>	V <sub>Rdmax</sub>	V <sub>Rds</sub>	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
-55	-30	60	SIS-3	3801	20617	-	-	ok
-45	-30	60	SIS-3	5648	20617	-	-	ok
-35	-30	60	SIS-3	7460	20617	-	-	ok
-25	-30	60	SIS-3	9235	20617	-	-	ok

Mensola di fondazione a monte (mensola destra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	V <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
25	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-2177035	-2592	-4003288	-4767	1.84	ok
35	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-2106605	-2585	-4007029	-4917	1.9	ok
45	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-2032815	-2578	-4011252	-5086	1.97	ok
55	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1956016	-2570	-4016010	-5277	2.05	ok
65	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1876560	-2563	-4021369	-5493	2.14	ok
75	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1794799	-2556	-4027405	-5735	2.24	ok
85	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1711085	-2549	-4034213	-6009	2.36	ok
95	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1625769	-2541	-4041906	-6318	2.49	ok
105	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1539202	-2534	-4050622	-6669	2.63	ok
115	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1451738	-2527	-4060530	-7067	2.8	ok
125	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1363726	-2520	-4071837	-7523	2.99	ok
135	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1275520	-2512	-4084804	-8045	3.2	ok
145	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1187471	-2505	-4099757	-8649	3.45	ok
155	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1099930	-2498	-4117113	-9349	3.74	ok
165	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-1013249	-2490	-4137406	-10169	4.08	ok
175	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-927781	-2483	-4161337	-11138	4.49	ok
185	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-843876	-2476	-4189837	-12293	4.96	ok
195	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-761886	-2469	-4224167	-13687	5.54	ok

205	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-682164	-2461	-4266068	-15393	6.25	ok
215	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-605060	-2454	-4318009	-17514	7.14	ok
225	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-530927	-2447	-4383589	-20203	8.26	ok
235	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-460117	-2440	-4468227	-23692	9.71	ok
245	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-392980	-2432	-4580402	-28351	11.7	ok
255	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-329869	-2425	-4733942	-34804	14.4	ok
265	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-271136	-2418	-4952269	-44166	18.3	ok
275	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-217131	-2411	-5282181	-58642	24.3	ok
285	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-168208	-2403	-5828605	-83277	34.7	ok
295	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-124717	-2396	-6849307	-131588	54.9	ok
305	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-4	-87011	-2389	-8417523	-231103	96.7	ok
315	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-3	-55039	-2499	-9378526	-425781	170	ok
325	-30	60	20.1	6.8	10.1	6.6	ok	SIS-3	-30457	-2491	-7597269	-621437	249	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>f</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	V <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
25	-30	60	SLE-1	-903540	-1733	891	-23	ok	SLE-1	-903540	-1733	-	-	ok
35	-30	60	SLE-1	-873169	-1733	860	-23	ok	SLE-1	-873169	-1733	-	-	ok
45	-30	60	SLE-1	-841706	-1733	827	-22	ok	SLE-1	-841706	-1733	-	-	ok
55	-30	60	SLE-1	-809275	-1733	794	-21	ok	SLE-1	-809275	-1733	-	-	ok
65	-30	60	SLE-1	-775998	-1733	760	-20	ok	SLE-1	-775998	-1733	-	-	ok
75	-30	60	SLE-1	-742000	-1733	725	-19	ok	SLE-1	-742000	-1733	-	-	ok
85	-30	60	SLE-1	-707402	-1733	689	-18	ok	SLE-1	-707402	-1733	-	-	ok
95	-30	60	SLE-1	-672328	-1733	653	-18	ok	SLE-1	-672328	-1733	-	-	ok
105	-30	60	SLE-1	-636901	-1733	616	-17	ok	SLE-1	-636901	-1733	-	-	ok
115	-30	60	SLE-1	-601244	-1733	579	-16	ok	SLE-1	-601244	-1733	-	-	ok
125	-30	60	SLE-1	-565481	-1733	543	-15	ok	SLE-1	-565481	-1733	-	-	ok
135	-30	60	SLE-1	-529733	-1733	506	-14	ok	SLE-1	-529733	-1733	-	-	ok
145	-30	60	SLE-1	-494125	-1733	469	-13	ok	SLE-1	-494125	-1733	-	-	ok
155	-30	60	SLE-1	-458780	-1733	432	-12	ok	SLE-1	-458780	-1733	-	-	ok
165	-30	60	SLE-1	-423820	-1733	396	-11	ok	SLE-1	-423820	-1733	-	-	ok
175	-30	60	SLE-1	-389368	-1733	361	-10	ok	SLE-1	-389368	-1733	-	-	ok
185	-30	60	SLE-1	-355549	-1733	326	-9	ok	SLE-1	-355549	-1733	-	-	ok
195	-30	60	SLE-1	-322484	-1733	292	-8	ok	SLE-1	-322484	-1733	-	-	ok
205	-30	60	SLE-1	-290297	-1733	259	-8	ok	SLE-1	-290297	-1733	-	-	ok
215	-30	60	SLE-1	-259111	-1733	227	-7	ok	SLE-1	-259111	-1733	-	-	ok
225	-30	60	SLE-1	-229049	-1733	196	-6	ok	SLE-1	-229049	-1733	-	-	ok
235	-30	60	SLE-1	-200234	-1733	166	-5	ok	SLE-1	-200234	-1733	-	-	ok
245	-30	60	SLE-1	-172789	-1733	138	-5	ok	SLE-1	-172789	-1733	-	-	ok
255	-30	60	SLE-1	-146838	-1733	112	-4	ok	SLE-1	-146838	-1733	-	-	ok
265	-30	60	SLE-1	-122503	-1733	87	-3	ok	SLE-1	-122503	-1733	-	-	ok
275	-30	60	SLE-1	-99908	-1733	64	-3	ok	SLE-1	-99908	-1733	-	-	ok

285	-30	60	SLE-1	-79175	-1733	43	-2	ok	SLE-1	-79175	-1733	-	-	ok
295	-30	60	SLE-1	-60428	-1733	26	-2	ok	SLE-1	-60428	-1733	-	-	ok
305	-30	60	SLE-1	-43790	-1733	11	-1	ok	SLE-1	-43790	-1733	-	-	ok
315	-30	60	SLE-1	-29384	-1733	2	-1	ok	SLE-1	-29384	-1733	-	-	ok
325	-30	60	SLE-1	-17333	-1733	0	-1	ok	SLE-1	-17333	-1733	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	VSD	VRdc	VRdmax	VRds	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
25	-30	60	SIS-4	-6863	21803	-	-	ok
35	-30	60	SIS-4	-7217	21802	-	-	ok
45	-30	60	SIS-4	-7535	21801	-	-	ok
55	-30	60	SIS-4	-7819	21800	-	-	ok
65	-30	60	SIS-4	-8067	21799	-	-	ok
75	-30	60	SIS-4	-8280	21798	-	-	ok
85	-30	60	SIS-4	-8457	21797	-	-	ok
95	-30	60	SIS-4	-8600	21796	-	-	ok
105	-30	60	SIS-4	-8707	21795	-	-	ok
115	-30	60	SIS-4	-8780	21794	-	-	ok
125	-30	60	SIS-4	-8817	21793	-	-	ok
135	-30	60	SIS-4	-8819	21792	-	-	ok
145	-30	60	SIS-4	-8785	21791	-	-	ok
155	-30	60	SIS-4	-8717	21790	-	-	ok
165	-30	60	SIS-4	-8613	21789	-	-	ok
175	-30	60	SIS-4	-8475	21788	-	-	ok
185	-30	60	SIS-4	-8301	21787	-	-	ok
195	-30	60	SIS-4	-8091	21786	-	-	ok
205	-30	60	SIS-4	-7847	21785	-	-	ok
215	-30	60	SIS-4	-7568	21784	-	-	ok
225	-30	60	SIS-4	-7253	21783	-	-	ok
235	-30	60	SIS-4	-6903	21782	-	-	ok
245	-30	60	SIS-4	-6518	21781	-	-	ok
255	-30	60	SIS-4	-6098	21780	-	-	ok
265	-30	60	SIS-4	-5643	21779	-	-	ok
275	-30	60	SIS-4	-5152	21779	-	-	ok
285	-30	60	SIS-4	-4627	21778	-	-	ok
295	-30	60	SIS-4	-4066	21777	-	-	ok
305	-30	60	SIS-4	-3470	21776	-	-	ok
315	-30	60	SIS-4	-2839	21775	-	-	ok
325	-30	60	SIS-4	-2172	21774	-	-	ok

## 6. \_ MURO A MENSOLA

Argomenti di tale capitolo sono la verifica ed il dimensionamento dei muri di sostegno posti tra la progr. 0+813.57 km e la progr. 0+889.36 km..

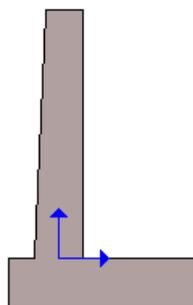


Figura 23 – Muro di sostegno.

### 6.1 GEOMETRIA DEL MURO

La descrizione della geometria del muro si avvale di una duplice rappresentazione, una schematica, tramite la sezione trasversale, e l'altra in forma analitica tramite le dimensioni principali degli elementi costituenti.

Nella seguente rappresentazione schematica viene rappresentata la posizione e l'orientamento del sistema di riferimento rispetto ai vertici principali della sagoma del muro.



Sistema di riferimento adottato per le coordinate:

Ascisse X (esprese in centimetri) positive verso destra

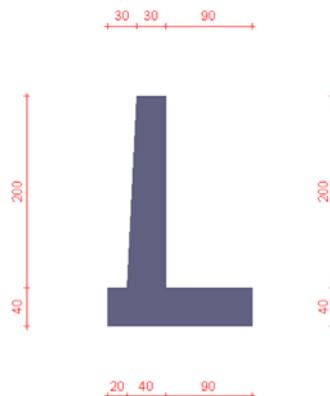
Ordinate Y (esprese in centimetri) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da sinistra verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dal basso verso l'alto

Tutti i valori in output sono riferiti ad 1 centimetro di muro.

Rappresentazione geometrica, sezione trasversale:



Rappresentazione analitica:

Il muro viene convenzionalmente suddiviso in blocchi principali ed eventuali accessori.

Ingombro globale

Larghezza totale del muro	: 150 cm
Altezza totale del muro	: 240 cm
Peso specifico del muro	: 2500 daN/m <sup>3</sup>

Paramento

Base inf.	: 40 cm
Base sup.	: 30 cm
Altezza	: 200 cm
Disassamento	: 5 cm

Mensola sinistra in fondazione

Larghezza	: 20 cm
Alt.interna	: 40 cm
Alt.esterna	: 40 cm
Disassamento	: 0 cm

Zoccolo centrale in fondazione

Larghezza : 40 cm  
Altezza a sx : 40 cm  
Altezza a dx : 40 cm  
Sfalsamento : 0 cm

Mensola destra in fondazione

Larghezza : 90 cm  
Alt.interna : 40 cm  
Alt.esterna : 40 cm  
Disassamento : 0 cm

## 6.2 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Significato dei simboli e unità di misura:

Gsat: Peso specifico saturo del terreno, utilizzato nelle zone immerse (daN/m<sup>3</sup>)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m<sup>3</sup>)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno/paramento (deg)

Al: Adesione della coesione all'interfaccia terreno/clt (-)

OCR: Coefficiente di sovraconsolidazione del terreno (-)

Ko: Coefficiente di spinta a riposo del terreno (-)

E: Modulo elastico longitudinale del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

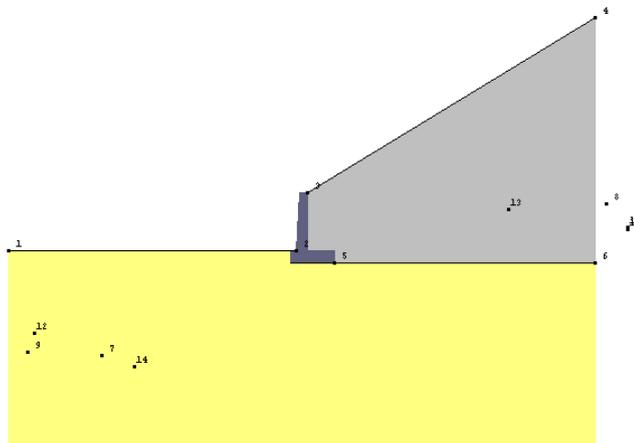
G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

Denominazione	Gsat	Gnat	Fi	C'	Cnd	Delta	Al	OCR	Ko	E	G	Perm
U2	2300	2300	48.00	3.00	0.00	28.00	0.00	1.00	0.26	2000	7692	3.30E-01
Reinterro	1900	1900	35.00	0.00	0.00	18.00	0.00	1.00	0.43	300	115	3.30E-01

## 6.3 GEOMETRIA DEGLI STRATI

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligoni di separazione degli strati di terreno.



Strato n.1, materiale sottostante: U2

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	1	-1000	0
2	2	-20	0

Strato n.2, materiale sottostante: Reinterro

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	3	20	200
2	4	1000	800

Strato n.3, materiale sottostante: U2

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	5	110	-40
2	6	1000	-40

Strato n.4, materiale sottostante: U2

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	-	-40	-40

2	-	-20	-40
3	-	20	-40
4	5	110	-40

#### 6.4 METODI DI CALCOLO DELLE AZIONI E DELLE VERIFICHE

Metodo di calcolo della spinta del terreno : cuneo di tentativo

Metodo di calcolo della portanza del terreno : Brinch-Hansen

Normativa adottata per le verifiche locali : D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni

Normativa adottata per il sisma: D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni NTC 2008.

Localizzazione dell'opera: Civitella Paganica, Grosseto

Vita nominale dell'opera (Tab. 2.4.I): 50 anni

Classe d'uso (Tab. 2.4.II): 2

Parametri sismici calcolati per lo stato limite : SLV

Accelerazione relativa  $A_g/g$  massima attesa al suolo: 0.14 g

Categoria del suolo di fondazione: B

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.2

Coefficiente di amplificazione topografica: 1.2

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (Beta s): 0.24

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per muri (Beta m): 0.24

Punto di applicazione della forza dinamica: stesso punto di quella statica

Effetto della componente verticale di accelerazione sismica incluso.

Descrizione della normativa sismica

Si rimanda al par. 5.4.1.

Stabilità globale

Si rimanda al par. 5.4.2.

Descrizione del metodo di calcolo delle spinte

Si rimanda al par. 5.4.3.

Descrizione del metodo di calcolo della portanza

Si rimanda al par. 7.5.

## 6.5 DISTRIBUZIONI DI SPINTE E PRESSIONI

Le distribuzioni delle pressioni esercitate dai terreni circostanti il muro sono date attraverso un insieme di segmenti generalmente coincidenti i profili laterali dell'intervento murario. Ogni segmento presenta una distribuzione lineare di pressione che può variare vettorialmente da un valore (VX1, VY1) sino ad un valore (VX2, VY2). Le distribuzioni di pressione sono fornite per causa originante (pressione del terreno o pressione dell'acqua) e sommate globalmente.

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.27	-0.07	0	0	0	0	0	0	-0.27	-0.07

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.62	-0.29	0	0	0	0	0	0	-0.62	-0.29

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.16	-0.05	0	0	0	0	0	0	-0.16	-0.05

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.21	-0.07	0	0	0	0	0	0	-0.21	-0.07

Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.3	-0.08	0	0	0	0	0	0	-0.3	-0.08

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.22	-0.08	0	0	0	0	0	0	-0.22	-0.08

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.21	-0.08	0	0	0	0	0	0	-0.21	-0.08

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-3

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	VY <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	VY <sub>2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.38	-0.12	0	0	0	0	0	0	-0.38	-0.12

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-4

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>x1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>x2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>x1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>x2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>x1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>x2</sub>	V <sub>y2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.38	-0.12	0	0	0	0	0	0	-0.38	-0.12

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1

tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>x1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>x2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>x1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>x2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>x1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>x2</sub>	V <sub>y2</sub>
20	200	20	0	0	0	-0.16	-0.05	0	0	0	0	0	0	-0.16	-0.05

## 6.6 RISULTANTE DELLE AZIONI AGENTI SUL MURO

Vengono riportate le combinazioni di calcolo ed il riepilogo delle azioni risultanti agenti sul muro per le verifiche geotecniche.

Combinazioni di calcolo

Famiglia	A	M	R	Indice	Nome	Perm.	Variabili	Sisma H	Sisma V
EQU	A3	M2	R0	1	EQU-1	0.9	0	0	0
EQU	A0	M2	R0	2	EQU-2	1	0	1	1
STR	A1	M1	R1	1	STR-1	1	0	0	0
STR	A1	M1	R1	2	STR-2	1.3	0	0	0
GEO	A2	M2	R2	1	GEO-1	1	0	0	0
SIS	A0	M1	R1	1	SIS-1	1	0	1	1
SIS	A0	M1	R1	2	SIS-2	1	0	1	-1
SIS	A0	M2	R2	3	SIS-3	1	0	1	1
SIS	A0	M2	R2	4	SIS-4	1	0	1	-1
SLE	A0	M0	R0	1	SLE-1	1	0	0	0

Descrizione	X <sub>p</sub>	Y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-29.25
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-35.02
Spinta del terreno a monte	110	58	-51.89	-13.49
Spinta del terreno a valle	-31	-25	1399.32	595.22

Tabella 10 - Combinazione di carico EQU-1

Descrizione	X <sub>p</sub>	Y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-32.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-38.91
Spinta del terreno a monte	110	58	-101.42	-47.18
Spinta del terreno a valle	-31	-25	1404.94	597.61

Forza di inerzia dovuta al muro	17	42	-6.55	-3.28
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	67	114	-7.84	-3.92

Tabella 11 - Combinazione di carico EQU-2

Descrizione	x <sub>p</sub>	y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-32.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-38.91
Spinta del terreno a monte	110	58	-35.75	-11.62
Spinta del terreno a valle	10	-26	5964.93	3171.61

Tabella 12 - Combinazione di carico STR-1

Descrizione	x <sub>p</sub>	y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-42.25
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-50.58
Spinta del terreno a monte	110	58	-46.47	-15.1
Spinta del terreno a valle	11	-26	5998.53	3189.48

Tabella 13 - Combinazione di carico STR-2

Descrizione	x <sub>p</sub>	y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-32.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-38.91
Spinta del terreno a monte	110	58	-57.66	-14.99
Spinta del terreno a valle	-31	-25	1402.11	596.41

Tabella 14 - Combinazione di carico GEO-1

Descrizione	x <sub>p</sub>	y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-32.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-38.91
Spinta del terreno a monte	110	58	-45.87	-17.34
Spinta del terreno a valle	10	-26	5967.64	3173.05
Forza di inerzia dovuta al muro	17	42	-1.57	-0.79
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	67	114	-1.88	-0.94

Tabella 15 - Combinazione di carico SIS-1

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-32.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-38.91
Spinta del terreno a monte	110	58	-43.7	-16.52
Spinta del terreno a valle	10	-26	5962.22	3170.17
Forza di inerzia dovuta al muro	17	42	-1.57	0.79
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	67	114	-1.88	0.94

Tabella 16 - Combinazione di carico SIS-2

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-32.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-38.91
Spinta del terreno a monte	110	58	-67.85	-21.1
Spinta del terreno a valle	-31	-25	1402.79	596.7
Forza di inerzia dovuta al muro	17	42	-1.57	-0.79
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	67	114	-1.88	-0.94

Tabella 17 - Combinazione di carico SIS-3

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	42	0	-32.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	67	114	0	-38.91
Spinta del terreno a monte	110	58	-64.64	-20.1
Spinta del terreno a valle	-31	-25	1401.44	596.13
Forza di inerzia dovuta al muro	17	42	-1.57	0.79
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	67	114	-1.88	0.94

Tabella 18 - Combinazione di carico SIS-4.

## 6.7 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE

Tensioni trasmesse sul terreno

Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio : 0

Sigma ammissibile terreno di fondazione : 3 daN/cm<sup>2</sup>

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione : 51.5 cm (comb. SIS-4)

Momento rispetto al baricentro della fondazione : 4829 daN cm (comb. SIS-3)

Larghezza reagente minima in fondazione : 71 cm (comb. SIS-4)  
Tensione max sul terreno allo spigolo di valle : 2.64 daN/cm<sup>2</sup> (comb. SIS-3)  
Tensione max sul terreno allo spigolo di monte : 0.03 daN/cm<sup>2</sup> (comb. STR-2)

Verifica a traslazione

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-4  
Moltiplicatore spinta passiva per traslazione : 0  
Coefficiente di attrito caratteristico terreno-fondazione : 0.63  
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione : 90 daN  
Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione : 0 daN  
Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione : 68 daN  
Coefficiente limite verifica alla traslazione : 1  
Coefficiente di sicurezza alla traslazione : 1.17

Verifica a ribaltamento

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: EQU-2  
Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento : 0  
Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle : 4045 daN cm  
Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle : -6023 daN cm  
Coefficiente limite verifica al ribaltamento : 1  
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento : 1.49

Verifica al carico limite

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-3  
Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno : 0  
Inclinazione della risultante rispetto alla normale : 37.1 °  
Base efficace : 48 cm  
Carico di progetto della fondazione : 94.2 daN/cm  
Carico ultimo della fondazione : 964.8 daN/cm  
Lunghezza Fondazione per verifica carico limite : 1000 cm  
Coefficiente limite verifica al carico limite : 1  
Coefficiente di sicurezza al carico limite : 10.24  
Tabella dei coefficienti di capacità portante

Coefficienti	Coesione	Sovraccarico	Attrito
--------------	----------	--------------	---------

Coefficienti di capacità portante	$N_c= 90$	$N_q= 81$	$N_g= 106$
Coefficienti di forma	$s_c= 1$	$s_q= 1$	$s_g= 1$
Coefficienti di profondità	$d_c= 1.11$	$d_q= 1.05$	$d_g= 1$
Coefficienti di inclinazione del carico	$i_c= 0.08$	$i_q= 0.09$	$i_g= 0.02$
Coefficienti di inclinazione del piano di posa della fondazione	$b_c= 1$	$b_q= 1$	$b_g= 1$
Coefficienti di inclinazione del pendio	$g_c= 1$	$g_q= 1$	$g_g= 1$

## 6.8 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-3  
 Metodo di analisi di stabilità del pendio : Bishop  
 Passo dei conci : 100 cm  
 Coefficiente di stabilità globale pendio : 3.07  
 Coefficiente limite suggerito dalla normativa : 1.1  
 X centro della superficie critica : 189 cm  
 Y centro della superficie critica : 761 cm  
 Raggio della superficie critica : 771 cm  
 Forza di bilancio : 493.55 daN/cm  
 Volume spostato dalla superficie critica : 34.06 m<sup>3</sup>/m  
 Peso spostato dalla superficie critica : 65110 daN/m

## 6.9 PARAMETRI PER DIMENSIONAMENTO ARMATURA

Metodo di calcolo: D.M. 14-01-2008 Norme Tecniche per le Costruzioni  
 Rck (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo) : 350 daN/cm<sup>2</sup>  
 Modulo elastico longitudinale Ec : 337217 daN/cm<sup>2</sup>  
 Rapporto Ea/Ec per calcolo tensioni in esercizio : 15  
 Rapporto Ea/Ec per calcolo ampiezza fessure : 7  
 Fyk (tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio): 4400 daN/cm<sup>2</sup>  
 Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio : 1.15  
 Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo : 1.6  
 Coefficiente Beta2 per calcolo ampiezza fessure : 0.5  
 Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza : 0.7  
 fct,eff/fctm per calcolo ampiezza fessure : 1.2  
 Limite sigmac/fck : 0.45  
 Limite sigmaf/fyk : 0.7  
 Ampiezza limite delle fessure : 0.1 mm

Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo : 1.4  
Coefficiente Beta per punzonamento pali interni : 1.15

## 6.10 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI

Tutte le verifiche sono riferite su sezioni di profondità nominale di un metro.

Significato dei simboli:

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

As: area efficace dello strato superiore per metro

Cs: copriferro medio dello strato superiore

Ai: area efficace dello strato inferiore per metro

Ci: copriferro medio dello strato inferiore

vml: soddisfacimento delle percentuali minime di armatura

cres: combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione retta

Md: momento di calcolo

Nd: sforzo normale di calcolo

Mu: momento ultimo

Nu: sforzo normale ultimo

c.s.: coefficiente di sicurezza

vres: soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

ces: combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione retta

Me: momento in esercizio

Ne: sforzo normale in esercizio

$\sigma_f$ : trazione massima sull'armatura

$\sigma_c$ : compressione massima sul calcestruzzo

ves: soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

cf: combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

Mf: momento di calcolo per la verifica di fessurazione

Nf: sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione

Srm: interasse delle fessure

Wk: ampiezza caratteristica delle fessure

vf: soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

ct: combinazione di carico critica per la verifica a taglio

VSd: taglio di calcolo

VRdc: taglio resistente in assenza di armatura a taglio

VRdmax: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

VRds: taglio resistente in presenza di armatura a taglio

vt: soddisfacimento verifica taglio

Paramento (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	V <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
0	0	40	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	245032	-3134	1280607	-16380	5.23	ok
0	10	39	7.6	5.4	7.7	5.7	ok	SIS-3	209198	-2900	1276139	-17692	6.1	ok
1	20	39	6	5.4	6.1	5.7	ok	SIS-3	177227	-2676	1039219	-15690	5.86	ok
1	30	38	4.9	5.7	4.8	5.7	ok	SIS-3	148690	-2459	852155	-14094	5.73	ok
1	40	38	6.5	5.7	6.4	5.7	ok	SIS-3	123392	-2251	1124801	-20518	9.12	ok
1	50	37	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	101138	-2050	1354121	-27451	13.4	ok
2	60	37	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	81733	-1858	1391301	-31624	17	ok
2	70	36	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	64982	-1673	1443389	-37165	22.2	ok
2	80	36	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	50689	-1497	1519818	-44876	30	ok
2	90	35	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	38661	-1328	1635007	-56164	42.3	ok
3	100	35	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	28701	-1167	1816897	-73902	63.3	ok
3	110	34	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	20616	-1015	2110972	-103911	102	ok
3	120	34	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	14209	-870	2513092	-153897	177	ok
3	130	33	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	9286	-733	2761104	-218073	297	ok
4	140	33	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	5653	-605	2586237	-276681	458	ok
4	150	32	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	3113	-484	2222095	-345452	714	ok
4	160	32	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	1472	-371	1644305	-414591	>999	ok
4	170	31	6.9	5.7	7	5.7	ok	STR-2	123	-316	203658	-524673	>999	ok
5	180	31	5.3	5.7	5.4	5.7	ok	STR-2	-15	-206	-36470	-516861	>999	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>f</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	40	SLE-1	94641	-2324	241	-7	ok	SLE-1	94641	-2324	-	-	ok

0	10	39	SLE-1	80533	-2168	199	-6	ok	SLE-1	80533	-2168	-	-	ok
1	20	39	SLE-1	67974	-2016	198	-6	ok	SLE-1	67974	-2016	-	-	ok
1	30	38	SLE-1	56792	-1869	193	-5	ok	SLE-1	56792	-1869	-	-	ok
1	40	38	SLE-1	46905	-1726	115	-4	ok	SLE-1	46905	-1726	-	-	ok
1	50	37	SLE-1	38236	-1588	72	-3	ok	SLE-1	38236	-1588	-	-	ok
2	60	37	SLE-1	30703	-1453	51	-3	ok	SLE-1	30703	-1453	-	-	ok
2	70	36	SLE-1	24228	-1322	33	-2	ok	SLE-1	24228	-1322	-	-	ok
2	80	36	SLE-1	18731	-1196	20	-2	ok	SLE-1	18731	-1196	-	-	ok
2	90	35	SLE-1	14132	-1074	10	-1	ok	SLE-1	14132	-1074	-	-	ok
3	100	35	SLE-1	10350	-955	4	-1	ok	SLE-1	10350	-955	-	-	ok
3	110	34	SLE-1	7308	-841	1	-1	ok	SLE-1	7308	-841	-	-	ok
3	120	34	SLE-1	4924	-731	0	0	ok	SLE-1	4924	-731	-	-	ok
3	130	33	SLE-1	3119	-626	0	0	ok	SLE-1	3119	-626	-	-	ok
4	140	33	SLE-1	1813	-524	0	0	ok	SLE-1	1813	-524	-	-	ok
4	150	32	SLE-1	927	-426	0	0	ok	SLE-1	927	-426	-	-	ok
4	160	32	SLE-1	381	-333	0	0	ok	SLE-1	381	-333	-	-	ok
4	170	31	SLE-1	94	-243	0	0	ok	SLE-1	94	-243	-	-	ok
5	180	31	SLE-1	-11	-158	0	0	ok	SLE-1	-11	-158	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	40	SIS-3	-3998	15561	-	-	ok
0	10	39	SIS-3	-3607	15380	-	-	ok
1	20	39	SIS-3	-3239	15200	-	-	ok
1	30	38	SIS-3	-2891	15022	-	-	ok
1	40	38	SIS-3	-2562	14844	-	-	ok
1	50	37	SIS-3	-2254	14666	-	-	ok
2	60	37	SIS-3	-1965	14490	-	-	ok
2	70	36	SIS-3	-1696	14314	-	-	ok
2	80	36	SIS-3	-1446	14138	-	-	ok
2	90	35	SIS-3	-1217	13964	-	-	ok
3	100	35	SIS-3	-1007	13789	-	-	ok
3	110	34	SIS-3	-817	13616	-	-	ok
3	120	34	SIS-3	-647	13443	-	-	ok
3	130	33	SIS-3	-497	13270	-	-	ok
4	140	33	SIS-3	-367	13098	-	-	ok
4	150	32	SIS-3	-256	12927	-	-	ok
4	160	32	SIS-3	-165	12756	-	-	ok
4	170	31	SIS-3	-94	12585	-	-	ok
5	180	31	SIS-3	-43	12415	-	-	ok

Mensola di fondazione a valle (mensola sinistra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	V <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
-20	-20	40	6.9	5.7	6.9	5.7	ok	SIS-3	45887	10	904991	191	19.7	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>f</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	V <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
-20	-20	40	SLE-1	18684	0	86	-2	ok	SLE-1	18684	0	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	V <sub>Sd</sub>	V <sub>Rdc</sub>	V <sub>Rdmax</sub>	V <sub>Rds</sub>	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
-20	-20	40	SIS-3	4341	15154	-	-	ok

Mensola di fondazione a monte (mensola destra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	V <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
20	-20	40	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	-271545	-1758	-1131144	-7324	4.17	ok
30	-20	40	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	-221402	-1753	-1162358	-9205	5.25	ok
40	-20	40	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	-175314	-1748	-1209584	-12064	6.9	ok
50	-20	40	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-3	-134282	-1744	-1285473	-16692	9.57	ok
60	-20	40	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-1	-89649	-1183	-1291221	-17044	14.4	ok
70	-20	40	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	SIS-1	-62838	-1179	-1456815	-27323	23.2	ok
80	-20	40	7.7	5.7	7.7	5.7	ok	STR-2	-39894	-1174	-1884305	-55474	47.2	ok
90	-20	40	6.9	5.7	6.9	5.7	ok	STR-2	-21291	-1174	-3336528	-184052	157	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>f</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	V <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
20	-20	40	SLE-1	-153548	-903	573	-12	ok	SLE-1	-153548	-903	-	-	ok
30	-20	40	SLE-1	-132765	-903	487	-10	ok	SLE-1	-132765	-903	-	-	ok
40	-20	40	SLE-1	-111012	-903	398	-9	ok	SLE-1	-111012	-903	-	-	ok
50	-20	40	SLE-1	-89108	-903	308	-7	ok	SLE-1	-89108	-903	-	-	ok
60	-20	40	SLE-1	-67873	-903	221	-5	ok	SLE-1	-67873	-903	-	-	ok
70	-20	40	SLE-1	-48127	-903	140	-4	ok	SLE-1	-48127	-903	-	-	ok
80	-20	40	SLE-1	-30690	-903	69	-2	ok	SLE-1	-30690	-903	-	-	ok
90	-20	40	SLE-1	-16381	-903	17	-1	ok	SLE-1	-16381	-903	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
20	-20	40	SIS-3	-5110	15380	-	-	ok
30	-20	40	SIS-3	-4855	15380	-	-	ok
40	-20	40	SIS-3	-4358	15379	-	-	ok
50	-20	40	SIS-3	-3847	15379	-	-	ok
60	-20	40	SIS-3	-3323	15378	-	-	ok
70	-20	40	SIS-3	-2789	15377	-	-	ok
80	-20	40	SIS-3	-2242	15377	-	-	ok
90	-20	40	SIS-3	-1684	15376	-	-	ok

## 7. \_ PARATIA DI MICROPALI

La berlinese è costituita da micropali di diametro foro  $\phi=240$  mm armati con tubi in acciaio di diametro 168.3 mm e spessore 14.2 mm posti ad interasse 40 cm e collegati in testa da un cordolo di coronamento in c. a. La paratie saranno ancorate con più ordini di tiranti a tre, quattro o cinque trefoli, fino a un massimo di tre ordini in corrispondenza della sezione dove si raggiunge la massima altezza fuori terra, pari a circa 9.3 m. I tiranti, di lunghezza compresa fra 17 m e 20 m circa, sono posti a interasse orizzontale di 2 m e hanno inclinazione variabile pari a 15°.

L'azione di contrasto dei tiranti è distribuita sui micropali da travi di ripartizione costituite da doppi profilati metallici HEB 200 in acciaio S 355.

Le opere di stabilizzazione e sostegno degli scavi sono realizzate mediante paratie di micropali armati con tubolari in acciaio con più livelli di tiranti.

### 7.1 VERIFICHE DI STABILITÀ DELLA PARATIA E DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Le analisi di stabilità locale delle opere di sostegno e quelle per la valutazione delle sollecitazioni negli elementi resistenti (micropali e tiranti) sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE (release 7.00 – CeAS). In tale codice la schematizzazione dell'interazione tra paratia e terreno avviene considerando:

- la paratia come una serie di elementi il cui comportamento è caratterizzato dalla rigidità flessionale  $EJ$ ,
- il terreno come una serie di molle di tipo elasto-plastico connesse ai nodi della paratia.

Questo modello numerico consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle configurazioni di carico, delle fasi esecutive e di esercizio. Nel caso in esame, in una generica fase di calcolo dell'analisi di interazione tra paratia e terreno la soluzione viene a dipendere dal percorso tensio-deformativo seguito dagli elementi schematizzanti il terreno nelle fasi precedenti; dalle variazioni di spinta o reazione del terreno indotte dalla progressione degli scavi, dall'inserimento di tiranti, dalle variazioni delle condizioni idrostatiche e di sovraccarico, etc.

La legge costitutiva, rappresentativa del comportamento elasto-plastico del terreno, è identificata dai parametri di spinta e di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta del terreno sono:

- il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , corrispondente alla condizione iniziale in deformata per terreni normal consolidati, calcolato mediante l'espressione  $K_0 = 1 - \text{sen } \varphi'$ ;

- i coefficienti di spinta attiva  $K_A$  e passiva  $K_P$ , corrispondenti alle condizioni di equilibrio limite attivo e passivo, calcolati rispettivamente mediante le espressioni di Coulomb e Caquot e Kerisel, tenendo conto di un angolo di attrito tra terreno e paratia pari a 0.5 dell'angolo di attrito del terreno stesso. Il coefficiente di spinta passiva non è ridotto in ingresso mediante coefficienti di sicurezza, ma la parte infissa della paratia viene dimensionata in tutti i casi in modo da garantire che il valore di spinta passiva mobilitata a valle della stessa non superi il 60 % del valore totale di spinta mobilitabile.

I parametri di deformabilità del terreno, che compaiono nella definizione della rigidità delle molle, sono assegnati sulla base dei valori di modulo di Young (E) dei vari strati, tenendo conto della diversa rigidità in fase di carico vergine oppure di scarico e ricarica. In particolare il modulo di ricarica è assunto pari al doppio del modulo vergine.

Nella tabella seguente è riportata la successione tipica delle fasi di modellazione eseguita per l'analisi delle strutture di sostegno degli imbocchi:

FASE	DESCRIZIONE
1	Condizione iniziale geostatica
2	Realizzazione paratia
3	I fase di scavo
4	Applicazione del I ordine di tiranti/puntoni
5	II fase di scavo
6	Applicazione del II ordine di tiranti/puntoni
-	-
N-2	Applicazione dell'ultimo ordine di tiranti/puntoni
N-1	Ultima fase di scavo
N	Applicazione delle azioni sismiche

Nelle verifiche sismiche le azioni generate dal sisma ed agenti in direzione orizzontale sulla struttura sono considerate come segue:

- Incremento di spinta dovuto al terreno a tergo della berlinese  $\Delta F = F_s - F$ , dove:  
F rappresenta la spinta esercitata dal terreno in condizioni statiche, calcolata come integrale, sull'altezza di scavo, della tensione orizzontale esercitata dal terreno in condizioni di equilibrio limite attivo e fornita dall'espressione:  
$$\sigma_h = K_a \sigma_{v0} - 2 c (K_a)^{0.5}$$
- $F_s$  rappresenta la spinta esercitata dal terreno in condizioni sismiche, calcolata come integrale, sull'altezza di scavo, della tensione orizzontale esercitata dal terreno in condizioni sismiche e fornita dall'espressione:  
$$\sigma_{hs} = K_{as} \sigma_{v0} - 2 c (K_{as})^{0.5}$$

Nelle due espressioni i simboli rappresentano:

$\sigma_{v0} = \gamma z$  = tensione verticale

$c$  = coesione

$K_a, K_{as}$  = rispettivamente coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche (calcolato con il metodo di Coulomb) e sismico (calcolato con il metodo di Mononobe-Okabe).

Nelle verifiche effettuate, l'incremento di spinta  $\Delta F$  così calcolato è applicato a tergo della paratia come una pressione orizzontale con andamento uniforme sull'altezza della paratia (a vantaggio di sicurezza).

## 7.2 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DI CALCOLO

I valori dei parametri geotecnici utilizzati nei calcoli di verifica della presente relazione sono riportati nella tabella seguente

Di seguito sono riportati i parametri di resistenza e deformabilità dei terreni presenti.

Parametri	Strato alterato (metareniti e meta siltiti)
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
Coesione efficace $c'$ (kPa)	25÷35
Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ (°)	26÷30
Modulo elastico $E'$ (MPa)	30÷60

## 7.3 CARATTERISTICHE E CRITERI DI VERIFICA DEI MATERIALI STRUTTURALI

È previsto l'impiego dei seguenti materiali strutturali:

- Calcestruzzo:

SLU

Calcestruzzo C25/30

$R_{ck} \geq 30$  MPa resistenza a compressione cubica caratteristica (frattile 5%)

$\gamma_c = 1.5$  coefficiente parziale per SLU

$\alpha = 0.85$  fattore che tiene conto degli effetti dei carichi di lunga durata

$f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 24.90$  MPa resistenza a compressione cilindrica caratteristica (frattile 5%)

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$  MPa resistenza a compressione cilindrica media per SLU

$f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c = 14.11$  MPa resistenza a compressione cilindrica di progetto per SLU

$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{(2/3)} = 2.56$  MPa resistenza a trazione media (frattile 50%)

$f_{ctk,0.05} = 0.7 f_{ctm} = 1.79$  MPa resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)

$f_{ctk\ 0.95} = 1.3 f_{ctm} = 3.33$  MPa resistenza a trazione caratteristica (frattile 95%)

$f_{ctd} = f_{ctk\ 0.05} / \gamma_C = 1.19$  MPa resistenza a trazione di progetto

$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm} = 3.07$  MPa resistenza a trazione per flessione media (frattile 50%)

$f_{ctk\ 0.05} = 0.7 f_{cfm} = 2.15$  MPa resistenza a trazione per flessione caratteristica (frattile 5%)

$f_{ctk\ 0.95} = 1.3 f_{cfm} = 3.99$  MPa resistenza a trazione per flessione caratteristica (frattile 95%)

$E_{Cm} = 22000(f_{cm} / 10)^{0.3} = 31447$  MPa modulo di elasticità medio

#### SLE

$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.13$  MPa stato limite di formazione delle fessure

$\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 14.94$  MPa stato limite delle tensioni di esercizio (per combinazione rara)

$\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 11.21$  MPa stato limite delle tensioni di esercizio (combinaz. quasi perm.)

- Acciaio per cemento armato:

B450C

#### SLU

$f_{yk} \geq 450$  MPa tensione di snervamento caratteristica (frattile 5%)

$\gamma_S = 1.15$  coefficiente parziale per SLU

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 391.30$  MPa tensione di snervamento di calcolo

$E_S = 210000$  MPa modulo elastico

#### SLE

$\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360$  MPa stato limite delle tensioni di esercizio

$n = 15$  coefficiente di omogeneizzazione

copriferro = 5 cm

- Acciaio per tubi e profilati

UNI EN 10025-2 - S 355

$\gamma_M = 1.05$  coefficiente parziale per SLU

$f_{tk} = 510$  MPa tensione di rottura caratteristica (frattile 5%)

$f_{yk} = 355$  MPa tensione di snervamento caratteristica (frattile 5%)

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M = 338.10$  MPa tensione di snervamento di calcolo

$E_S = 210000$  MPa modulo elastico

- Acciaio armonico per tiranti in trefoli da 0.6"

$f_{ptk} \geq 1860$  MPa tensione di rottura a trazione nell'acciaio

$f_{p(1)k} \geq 1670$  MPa tensione di snervamento dell'acciaio

$E_S = 210000$  MPa modulo elastico

## 7.4 VERIFICA DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI

Nel seguito vengono riportate le verifiche per la sezione a 3 ordini di tiranti posizionata sul fronte di attacco alla galleria naturale (caratterizzata dall'altezza di scavo più elevata).

Sezione 1: berlinese di micropali in acciaio a 3 ordini di tiranti.

Nella tabella successiva, per la sezione esaminata, sono fornite le principali caratteristiche geometriche e stratigrafiche utilizzate nelle verifiche.

### 7.4.1 \_ Sezione 1

Opera di sostegno	Berlinese di micropali d=240mm – interasse 0.4 m
Tubolare	In acciaio d=168.3mm – spessore 14.2mm
Altezza totale paratia	H = 15.5 m
Lunghezza di infissione	L = 6.20 m
Sovraccarichi a monte dell'opera	q= 20 kPa
Stratigrafia di calcolo	Strato di Alterazione
Fondo scavo	-9.3 m
Ordini di tiranti	3
Passo orizzontale tiranti	2 m
Falda	N.D.

I parametri geotecnici di calcolo utilizzati nelle verifiche sono riportati nella tabella seguente.

Terreno	Strato di alterazione
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19
$\varphi$ (°)	28
c' (kPa)	30
E <sub>vc</sub> (MPa)	45
E <sub>ur</sub> (MPa)	90

Le verifiche sono state effettuate considerando le seguenti combinazioni di carico:

STATO LIMITE DI ESERCIZIO									
CASO	AZIONI $\gamma F$				PROPRIETA' TERRENO $\gamma M$			RESISTENZE $\gamma R$	
	PERMANENTI		VARIABILI		tan $\Phi'$	c'	Cu	q B	K p
	SFAV.	FA V.	SFAV.	FA V.					

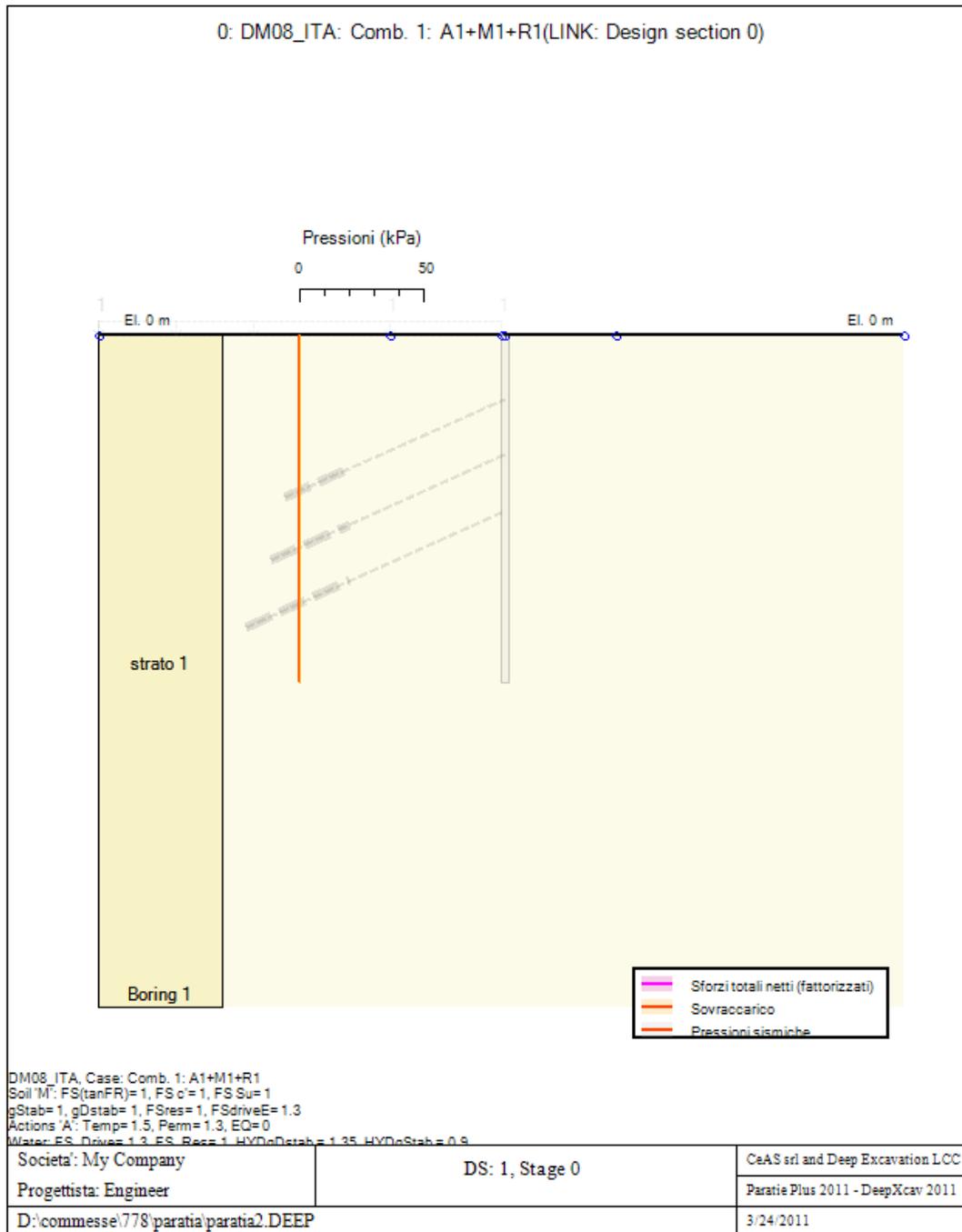
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1		
STATO LIMITE ULTIMO												
CASO	AZIONI $\gamma F$				PROPRIETA' TERRENO $\gamma M$			RESISTENZE $\gamma R$				
	PERMANENTI		VARIABILI		tan $\Phi'$	c'	Cu	q B	$\delta$	K p		
	SFAV.	FA V.	SFAV.	FA V.								
1 (A1+M1)	1.3	1	1.5	0	1	1	1	1	1	1		
2 (A2+M2)	1	1	1.3	0	1.25	1.25	1.4	1	1	1	$\psi_{2j}$	0.2
3	1.3	1	1.5	0	1	1	1	1.4	1.1	1.4		
4	1.3 strutt. 1 sp. terr.	1	1.5 strutt. 1 sp. terr.	0	1.25	1.25	1.4	1	1	1		

Le paratie sono state verificate nelle combinazioni allo SLU più gravose (1 e 2) e nella combinazione sismica (A2+M2+SISMA); per quanto riguarda il calcolo dell'azione sismica si è fatto riferimento ad una classe d'uso IV, vita utile 50 anni e SLU (SLC).

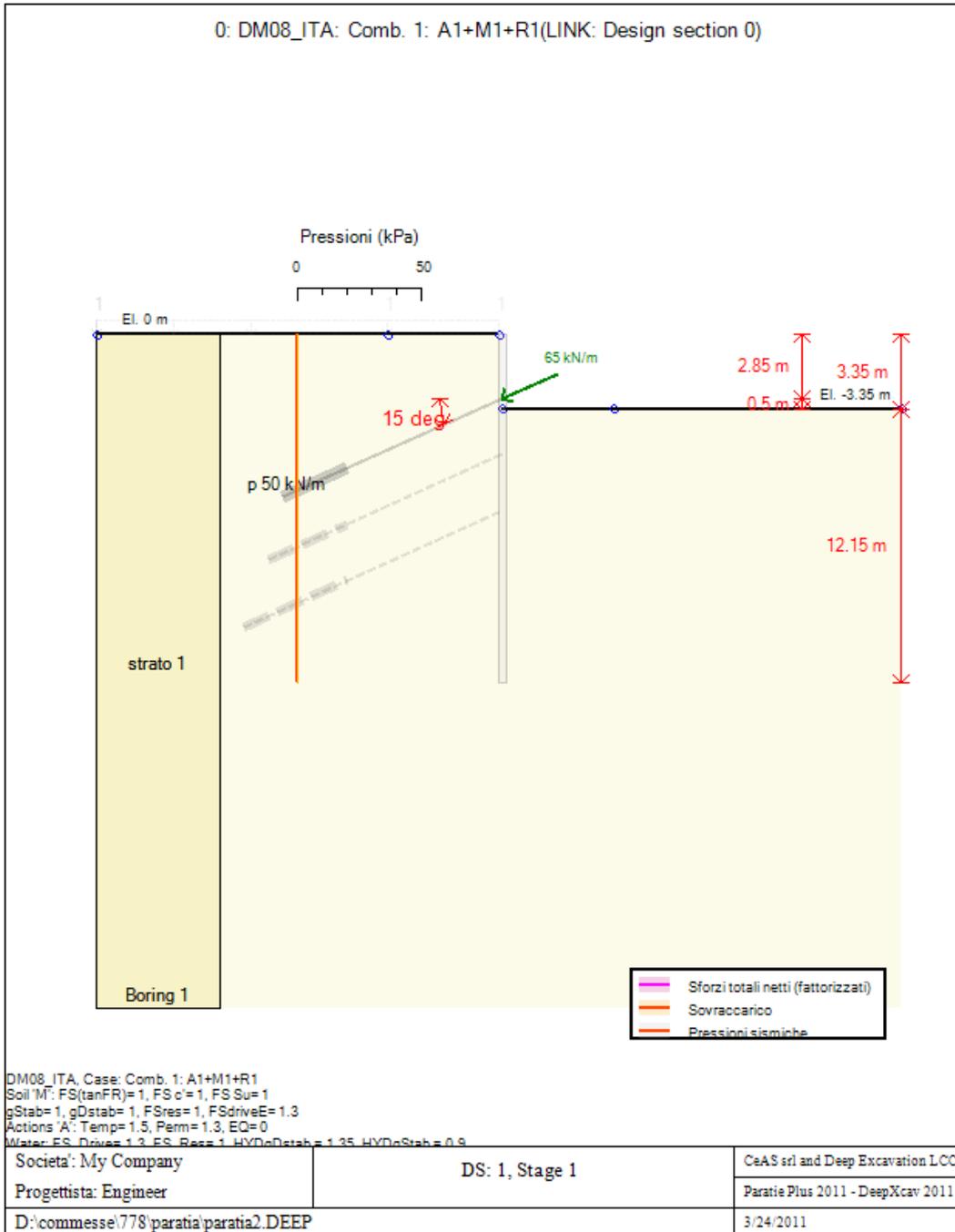
#### 7.4.2 \_ Fasi di calcolo

Si riporta nel seguito una schematizzazione degli step di calcolo dei modelli impiegati in condizioni di SLE e di SLU. Una descrizione completa di tutti i parametri che caratterizzano tali step è contenuta nei tabulati di calcolo che costituiscono l'allegato della presente relazione.

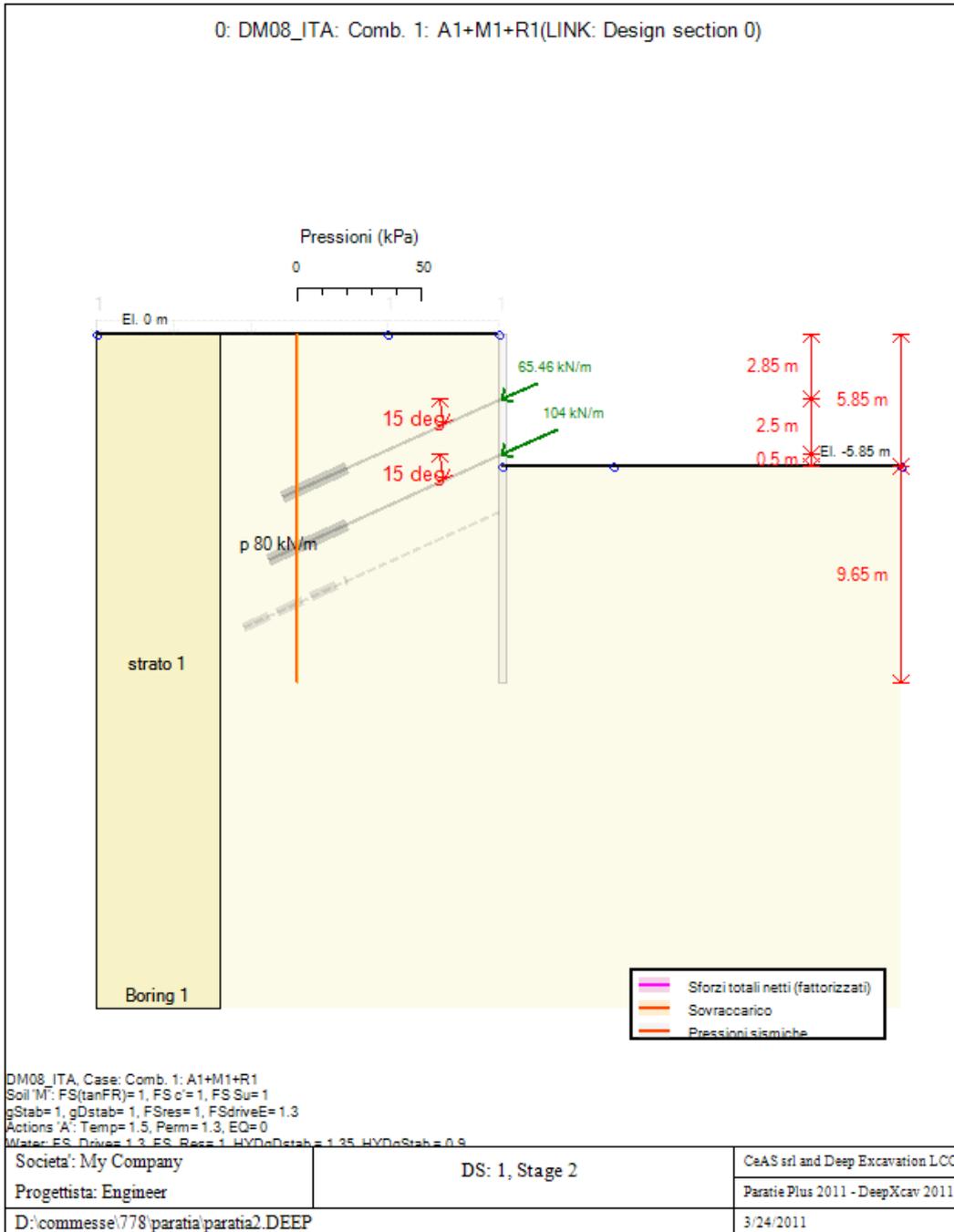
**fase1:** infissione del palo



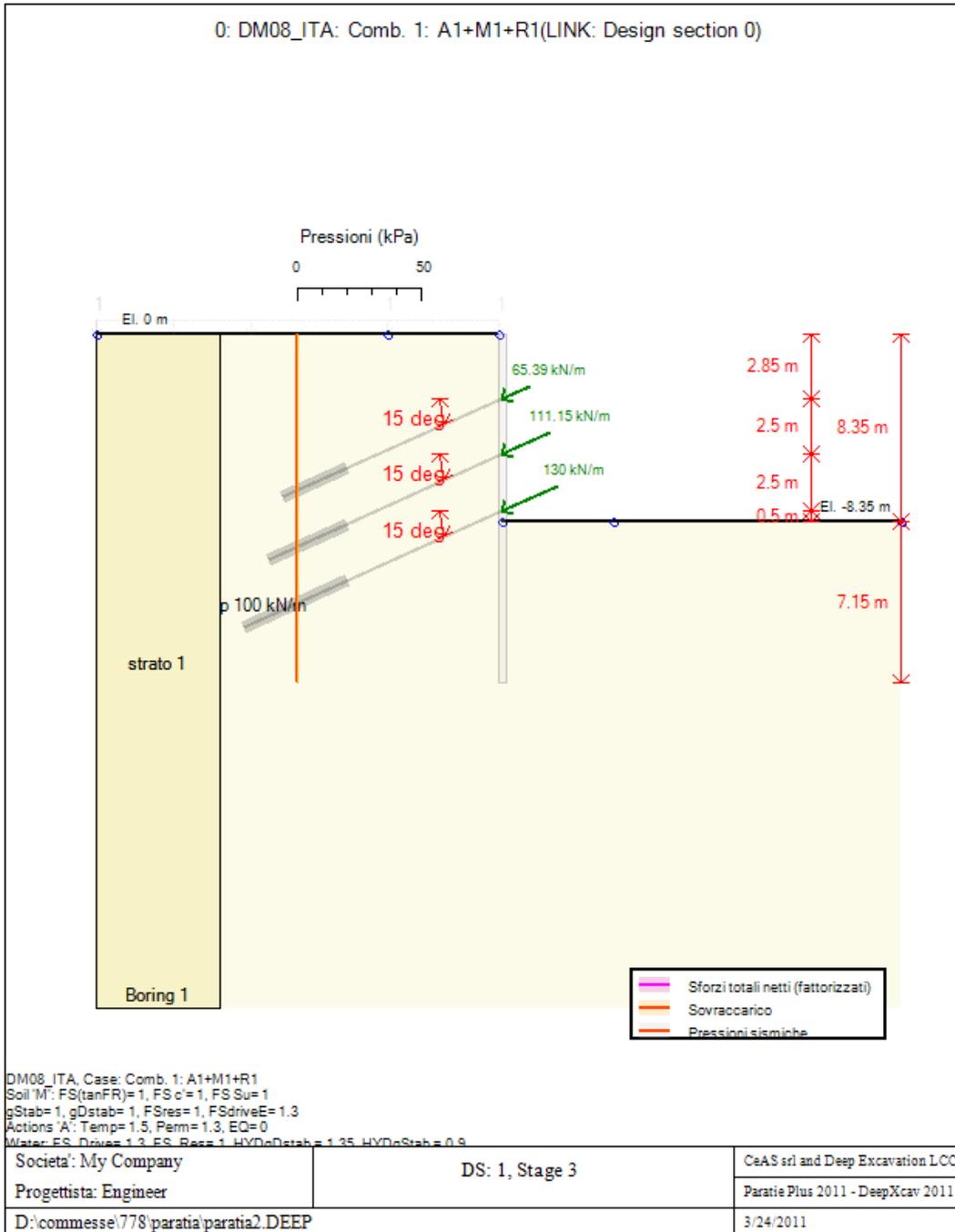
fase2: prescavo fino a quota -3.35m e realizzazione del tirante



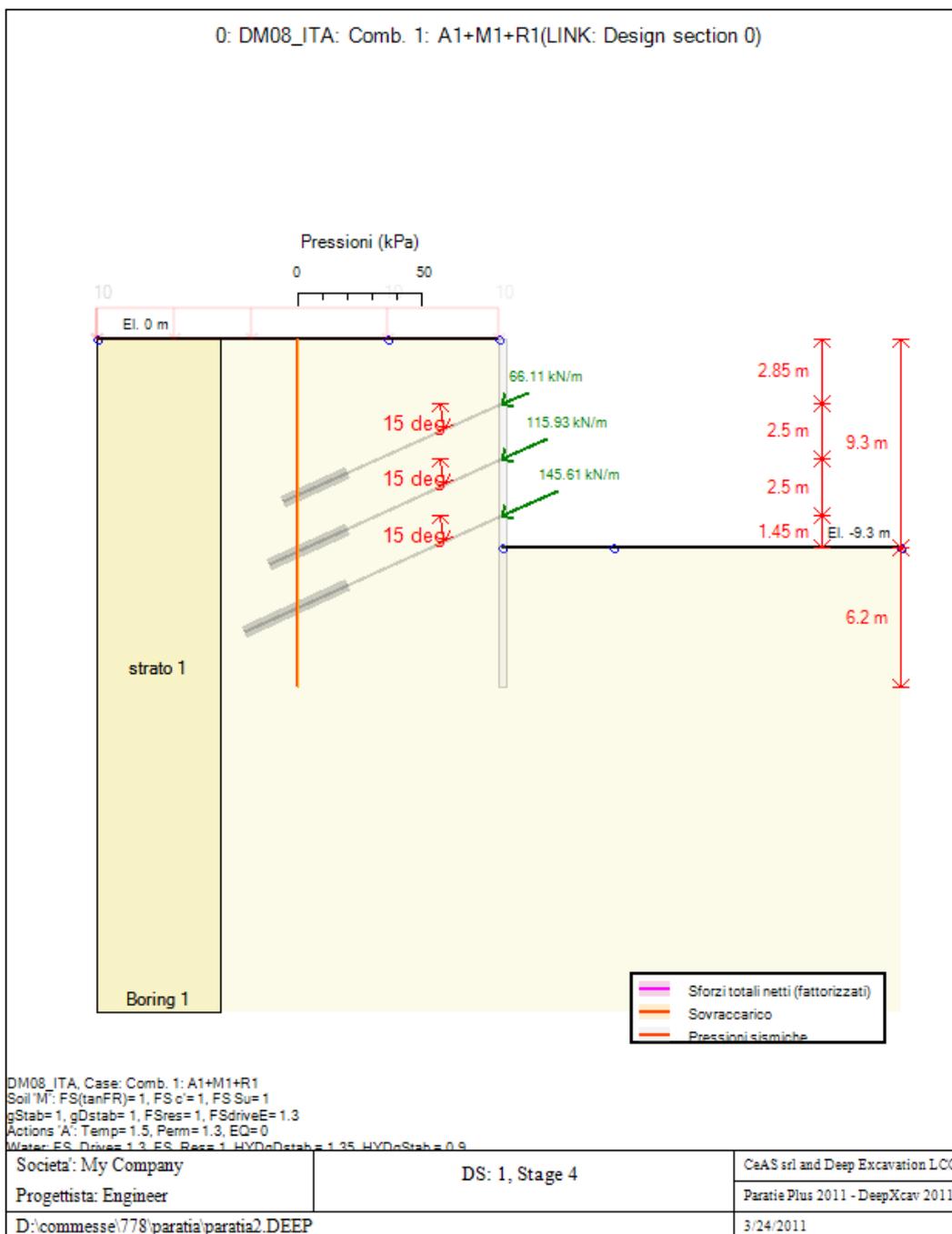
fase2: prescavo fino a quota -5.85m e realizzazione del 1° ordine di tiranti



fase3: prescavo fino a quota -8.35m e realizzazione del 2° ordine di tiranti

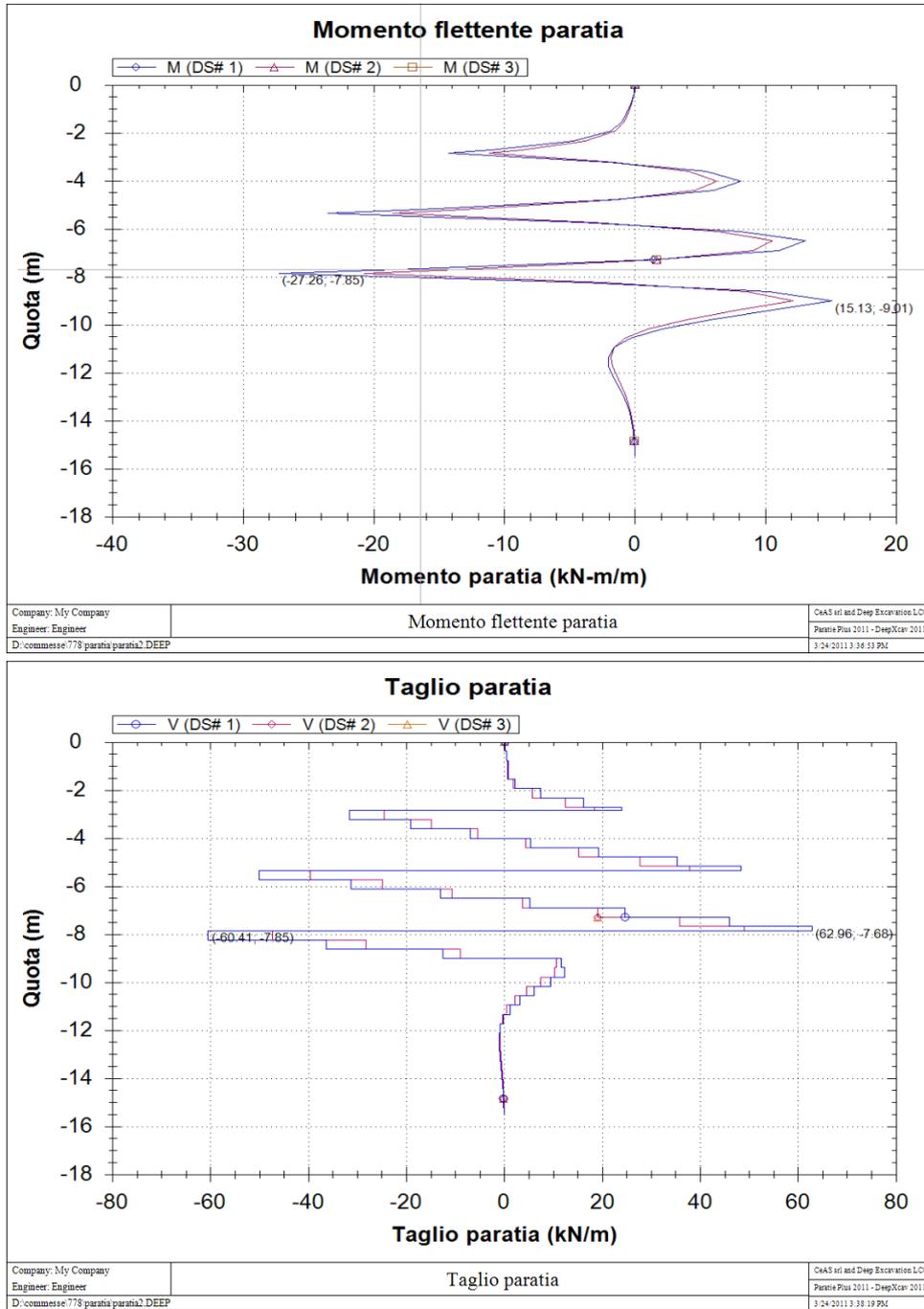


fase4: prescavo fino a quota -9.3m e realizzazione del 3° ordine di tiranti

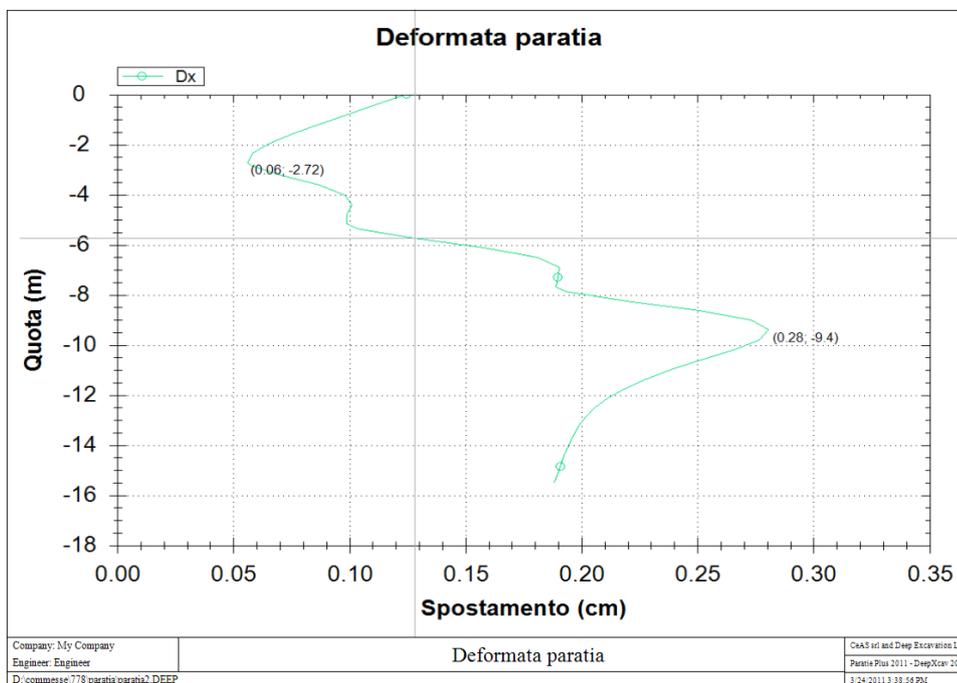


### 7.4.3 \_\_ Risultati delle analisi

Di seguito sono riportati i valori massimi in termini di sollecitazioni massime sulla paratia nelle combinazioni di carico esaminate.



e la deformata massima in condizione di esercizio.



#### 7.4.4 \_ Verifiche degli elementi strutturali

Di seguito sono elencate le verifiche effettuate per gli elementi strutturali.

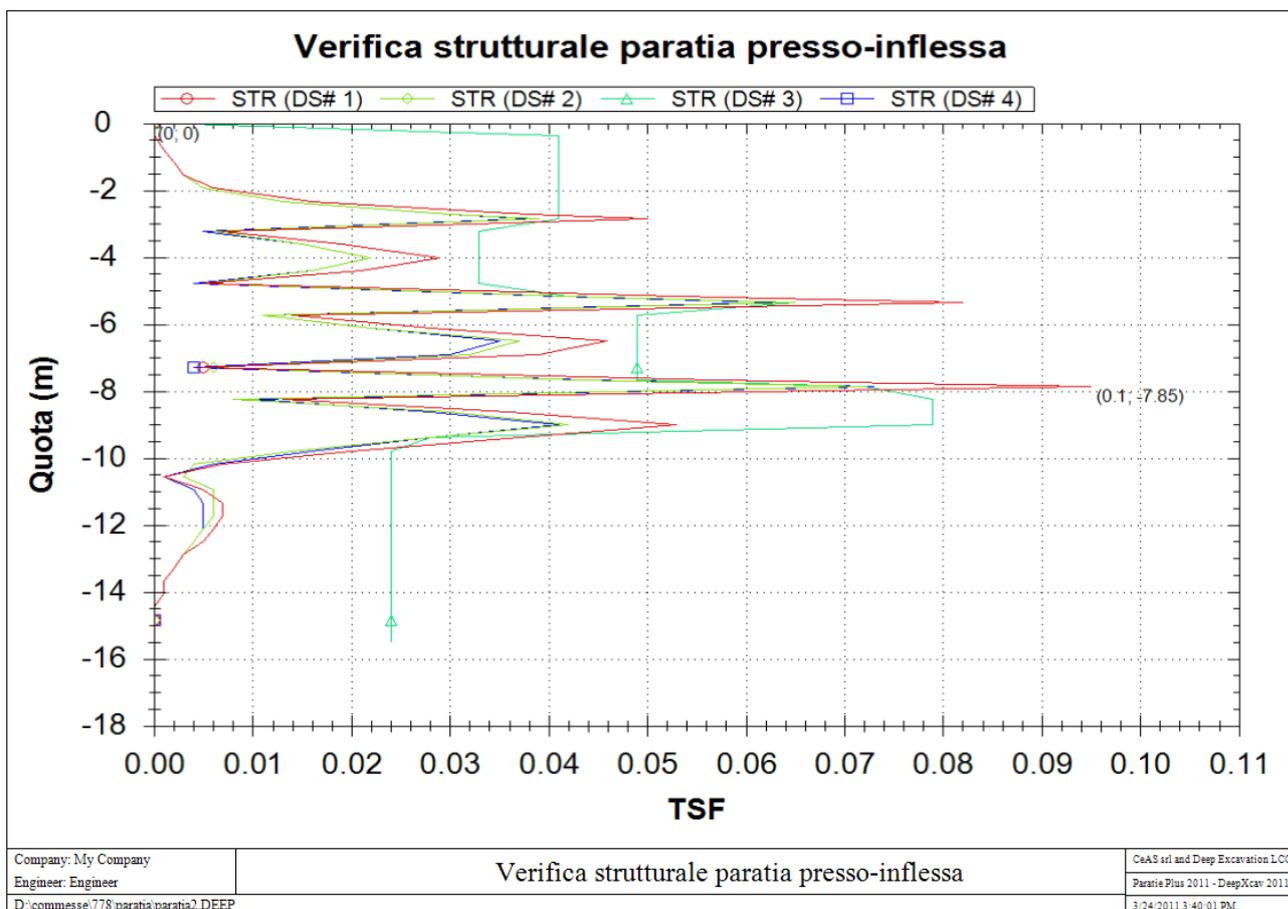
Per i tubi di armatura dei micropali è previsto l'impiego di acciaio Fe510 per i quali la tensione di snervamento caratteristica è pari a:

$$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

Nelle verifiche strutturali delle berlinesi si è considerata reagente la sola armatura del micropalo.

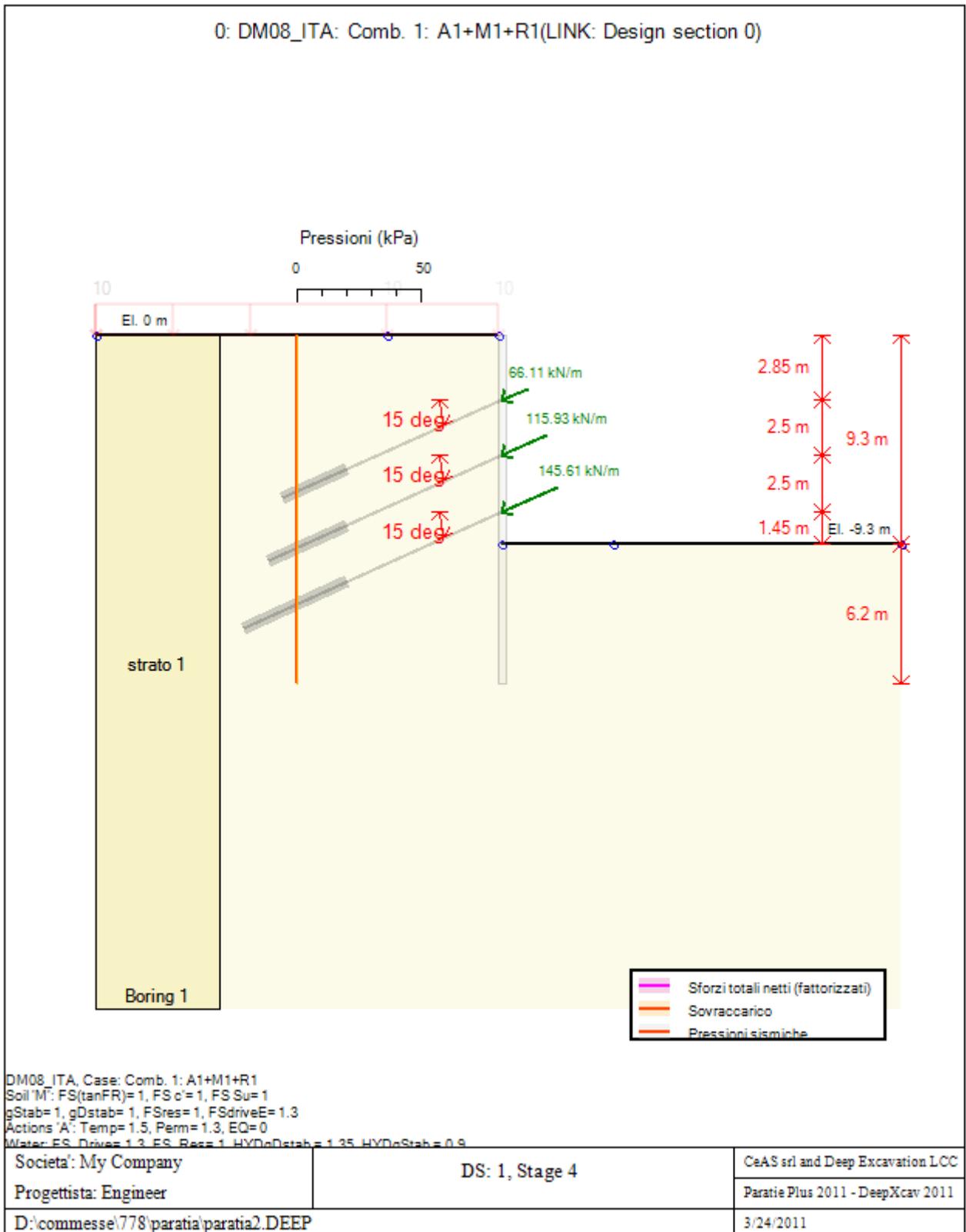
La verifica del tubolare viene condotta secondo quanto prescritto dalla norma nelle diverse combinazioni di calcolo valutando che il fattore di sicurezza nella condizione di presso flessione risulti minore di 1.

In allegato si riportano i valori dettagliati delle sollecitazioni per tutta la lunghezza del palo nelle diverse combinazioni di carico.



Per quanto concerne le verifiche dei tiranti, il tiro massimo di calcolo proveniente dall'analisi viene confrontato per ciascun ordine di tiranti con quello limite per i trefoli (verifica dell'armatura dei tiranti) e con quello limite della fondazione (verifica del bulbo d'ancoraggio).

Di seguito si riporta la verifica dei tre ordini di tiranti valutati ciascuno nella condizione di sollecitazione massima combo (A1+M1).



**TIRANTI DI ANCORAGGIO**

**LAVORO:**

1° ORDINE

**DATI DI INPUT:**

Terreno:	sabbia		
Tirante tipo:	ZPG 306		
Diametro trefolo:		$d_{tre} =$	42 (mm)
Numero trefoli:		$n =$	3
Area singolo trefolo $A_t$ :			140 (mm <sup>2</sup> )
Area complessiva dell'acciaio ( $A = n \cdot A_t$ ):			420 (mm <sup>2</sup> )
Diametro equivalente dei trefoli $Deq = (A \cdot 4/\pi)^{0.5}$		$Deq =$	23.12 (mm)
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio ( $f_{ptk}$ )			1860 (Mpa)
Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ( $f_{p(1)k}$ )			1670 (Mpa)
Malta di iniezione Rck:			30 (Mpa)
Adesione malta-acciaio e malta-corrugato: $\tau_{cls} =$			0.60 (Mpa)

coefficienti parziali		Azioni		Terreno
		permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_s$
Metodo di calcolo				
Stato limite ultimo	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.30	1.30
Tensioni ammissibili (permanenti)	<input type="radio"/>	1.00	1.00	2.50
Tensioni ammissibili (temporanei)	<input type="radio"/>	1.00	1.00	2.00
definiti dall'utente	<input type="radio"/>	1.10	1.20	1.30

n	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	T.A.	ut						
$\xi_3$	1.40	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25	1.00	1.00	1.00
$\xi_4$	1.40	1.27	1.23	1.20	1.15	1.12	1.08	1.00	1.00	1.00

$N_G$ Azione permanente sul tirante:	132.22	kN
$N_Q$ Azione variabile sul tirante:	0	kN
$N_t$ Azione di calcolo ( $N_G \cdot \gamma_g + N_Q \cdot \gamma_q$ ):	132.22	kN

**Aderenza Malta -Terreno**  $L = Nt \cdot Fs / (Ds \cdot \pi \cdot s_d)$

D (cm) Diametro della perforazione = 180 (mm)

$\alpha$  (-) Coeff. moltiplicativo = 1.2

Ds (cm) Diametro di calcolo ( $Ds = \alpha \cdot D$ ) = 216 (mm)

$s_k$  (MPa) tensione unitaria media di aderenza malta - terreno = 0.20 (Mpa)

$s_k$  (MPa) tensione unitaria minima di aderenza malta - terreno = 0.10 (Mpa)

$s_d$  (MPa) tensione unitaria di progetto aderenza malta - terreno = 0.11 (Mpa)

$$s_d = \text{Min}(s_{med}/\xi_3 \gamma_s ; s_{min}/\xi_4 \gamma_s)$$

L1 = 1.77 (m)

**Aderenza Malta - Corrugato**  $L = Nt / (D_{corr} \cdot \pi \cdot \tau_{cls})$

D<sub>corr</sub> Diametro del corrugato = 50 (mm)

L2 = 1.40 (m)

**Aderenza Acciaio - Malta**  $L = Nt / (d \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \pi \cdot \tau_{cls})$

d (cm) somma dei diametri dei fili, trefoli, barre, contenuti in una unica guaina

$d = n \cdot d_{tre}$  : 126

$\gamma$  coefficiente correttivo dipendente dallo stato delle superfici, e dall'eventuale presenza di dispositivi di ancoraggio profondi

$\gamma = 2$

Tabella 1 - Valori di  $\gamma$  per diversi tipi di tirante

TIPOLOGIA	$\gamma$
filo liscio, trefoli compatti, puliti allo stato naturale	1.3
trefolo normale o barre corrugate pulite allo stato naturale	2
fili lisci, barre lisce, trefoli compatti, unti o verniciati	0,75 - 0,85
fili lisci con ringrossi o "compression grip" alla estremità profonda, barre lisce con dado e rondella alla estremità profonda	1.7
trefoli normali con "compression grip" alla estremità profonda	2.5

$\alpha$  = coefficiente correttivo dipendente dal numero dei tiranti elementari contenuti in ciascuna guaina di perforazione

$$\alpha = 0.81$$

Tabella 2 - valori di  $\alpha$  separati da distanziatori che costringono ad allargamenti e strozzature del fascio

n	1	2	3	4	5	6
$\alpha$	1	0.89	0.81	0.72	0.63	0.55

n	7	8	9	10	11	12
$\alpha$	0.48	0.42	0.36	0.32	0.28	0.24

n.b.: n numero di fili, barre, trefoli contenuti nella stessa guaina o perforazione

Tabella 3 - valori di  $\alpha$  per guaina o perforazione

n	1	2	3	4
$\alpha$	1	0.8	0.6	0.5

Per più di quattro elementi in una sola perforazione o guaina, assumere il diametro minimo circoscritto a tutti gli elementi, anziché la somma dei singoli diametri.

$$L_3 = 0.34 \text{ (m)}$$

**L lunghezza della fondazione (bulbo)**

$$L = \max(L_1, L_2, L_3) = 1.77 \text{ (m)}$$

**Verifica a trazione dell'armatura**

$$N = N_G + N_Q = 132.22 \text{ (kN)}$$

$$\text{UNI EN 1537} \quad N \quad \alpha = 0.65 \quad 507.78 \text{ (kN)}$$

$$\text{AICAP} \quad N \quad \alpha = 0.64 \quad 420.84 \text{ (kN)}$$

**TIRANTI DI ANCORAGGIO**

**LAVORO:**

2° ORDINE

**DATI DI INPUT:**

Terreno:	sabbia		
Tirante tipo:	ZPG 406		
Diametro trefolo:		$d_{tre} =$	53 (mm)
Numero trefoli:		$n =$	4
Area singolo trefolo $A_t$ :			140 (mm <sup>2</sup> )
Area complessiva dell'acciaio ( $A = n \cdot A_t$ ):			560 (mm <sup>2</sup> )
Diametro equivalente dei trefoli $Deq = (A \cdot 4/\pi)^{0.5}$		$Deq =$	26.70 (mm)
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio ( $f_{ptk}$ )			1860 (Mpa)
Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ( $f_{p(1)k}$ )			1670 (Mpa)
Malta di iniezione Rck:			30 (Mpa)
Adesione malta-acciaio e malta-corrugato: $\tau_{cls} =$			0.60 (Mpa)

coefficienti parziali	Metodo di calcolo	Azioni		Terreno
		permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_s$
Stato limite ultimo	●	1.00	1.30	1.30
Tensioni ammissibili (permanenti)	○	1.00	1.00	2.50
Tensioni ammissibili (temporanei)	○	1.00	1.00	2.00
definiti dall'utente	○	1.10	1.20	1.30

n	1	2	3	4	5	7	10	T.A.	ut
$\xi_3$	1.40	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25	1.00	1.00
$\xi_4$	1.40	1.27	1.23	1.20	1.15	1.12	1.08	1.00	1.00

$N_G$ Azione permanente sul tirante:	231.86	kN
$N_Q$ Azione variabile sul tirante:	0	kN
$N_t$ Azione di calcolo ( $N_G \cdot \gamma_g + N_Q \cdot \gamma_q$ ):	231.86	kN

**Aderenza Malta - Terreno**  $L = Nt \cdot Fs / (Ds \cdot \pi \cdot s_d)$

D (cm) Diametro della perforazione = 180 (mm)

$\alpha$  (-) Coeff. moltiplicativo = 1.2

Ds (cm) Diametro di calcolo ( $Ds = \alpha \cdot D$ ) = 216 (mm)

$s_k$  (MPa) tensione unitaria media di aderenza malta - terreno = 0.20 (Mpa)

$s_k$  (MPa) tensione unitaria minima di aderenza malta - terreno = 0.10 (Mpa)

$s_d$  (MPa) tensione unitaria di progetto aderenza malta - terreno = 0.11 (Mpa)

$$s_d = \text{Min}(s_{med} / \zeta_3 \gamma_s ; s_{min} / \zeta_4 \gamma_s)$$

L1 = 3.11 (m)

**Aderenza Malta - Corrugato**  $L = Nt / (D_{corr} \cdot \pi \cdot \tau_{cls})$

D<sub>corr</sub> Diametro del corrugato = 50 (mm)

L2 = 2.46 (m)

**Aderenza Acciaio - Malta**  $L = Nt / (d \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \pi \cdot \tau_{cls})$

d (cm) somma dei diametri dei fili, trefoli, barre, contenuti in una unica guaina

$d = n \cdot d_{tre}$  : 212

$\gamma$  coefficiente correttivo dipendente dallo stato delle superfici, e dall'eventuale presenza di dispositivi di ancoraggio profondi

$\gamma = 2$

Tabella 1 - Valori di  $\gamma$  per diversi tipi di tirante

TIPOLOGIA	$\gamma$
filo liscio, trefoli compatti, puliti allo stato naturale	1.3
trefolo normale o barre corrugate pulite allo stato naturale	2
filii lisci, barre lisce, trefoli compatti, unti o verniciati	0,75 - 0,85
filii lisci con ringrossi o "compression grip" alla estremità profonda, barre lisce con dado e rondella alla estremità profonda	1.7
trefoli normali con "compression grip" alla estremità profonda	2.5

$\delta$  = coefficiente correttivo dipendente dal numero dei tiranti elementari contenuti  
in ciascuna guaina di perforazione

$$\delta = 0.81$$

Tabella 2 - valori di  $\delta$  per elementi di tensione contenuti in una stessa guaina o perforazione,  
separati da distanziatori che costringono ad allargamenti e strozzature del fascio

n	1	2	3	4	5	6
$\delta$	1	0.89	0.81	0.72	0.63	0.55

n	7	8	9	10	11	12
$\delta$	0.48	0.42	0.36	0.32	0.28	0.24

n.b.: n numero di fili, barre, trefoli contenuti nella stessa guaina o perforazione

Tabella 3 - valori di  $\delta$  per elementi di tensione paralleli contenuti in una stessa  
guaina o perforazione

n	1	2	3	4
$\delta$	1	0.8	0.6	0.5

Per più di quattro elementi in una sola perforazione o guaina, assumere il diametro  
minimo circoscritto a tutti gli elementi, anziché la somma dei singoli diametri.

$$L3 = 0.36 \quad (\text{m})$$

#### L lunghezza della fondazione (bulbo)

$$L = \max(L1, L2, L3) = 3.11 \quad (\text{m})$$

#### Verifica a trazione dell'armatura

$$N = N_G + N_Q = 231.86 \quad (\text{kN})$$

$$\text{UNI EN 1537} \quad N \leq 0.65 \cdot f_{ptk} \cdot n \cdot A_t = 677.04 \quad (\text{kN})$$

$$\text{AICAP} \quad N \leq 0.6 \cdot f_{p(1)k} \cdot n \cdot A_t = 561.12 \quad (\text{kN})$$

**TIRANTI DI ANCORAGGIO**

**LAVORO:**

3° ORDINE

**DATI DI INPUT:**

Terreno:	sabbia
Tirante tipo:	ZPG506
Diametro trefolo:	$d_{tre} = 53$ (mm)
Numero trefoli:	$n = 5$
Area singolo trefolo At:	140 (mm <sup>2</sup> )
Area complessiva dell'acciaio ( $A = n \cdot A_t$ ):	700 (mm <sup>2</sup> )
Diametro equivalente dei trefoli $Deq = (A \cdot 4/\pi)^{0.5}$	$Deq = 29.85$ (mm)
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio ( $f_{ptk}$ )	1860 (Mpa)
Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ( $f_{p(1)k}$ )	1670 (Mpa)
Malta di iniezione Rck:	30 (Mpa)
Adesione malta-acciaio e malta-corrugato: $\tau_{cls} =$	0.60 (Mpa)

coefficienti parziali	Metodo di calcolo	Azioni		Terreno
		permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_s$
Stato limite ultimo	●	1.00	1.30	1.30
Tensioni ammissibili (permanenti)	○	1.00	1.00	2.50
Tensioni ammissibili (temporanei)	○	1.00	1.00	2.00
definiti dall'utente	○	1.10	1.20	1.30

n	1	2	3	4	5	7	10	T.A.	ut
$\xi_3$	1.40	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25	1.00	1.00
$\xi_4$	1.40	1.27	1.23	1.20	1.15	1.12	1.08	1.00	1.00

$N_G$ Azione permanente sul tirante:	291.22	kN
$N_Q$ Azione variabile sul tirante:	0	kN
$N_t$ Azione di calcolo ( $N_G \cdot \gamma_g + N_Q \cdot \gamma_q$ ):	291.22	kN

**Aderenza Malta -Terreno  $L = Nt \cdot Fs / (Ds \cdot \pi \cdot s_d)$**

D (cm) Diametro della perforazione =	180	(mm)
$\alpha$ (-) Coeff. moltiplicativo =	1.2	
Ds (cm) Diametro di calcolo ( $Ds = \alpha \cdot D$ ) =	216	(mm)
$s_k$ (MPa) tensione unitaria media di aderenza malta - terreno =	0.20	(Mpa)
$s_k$ (MPa) tensione unitaria minima di aderenza malta - terreno =	0.10	(Mpa)
$s_d$ (MPa) tensione unitaria di progetto aderenza malta - terreno =	0.11	(Mpa)
$s_d = \text{Min}(s_{med}/\xi_3 \gamma_s ; s_{min}/\xi_4 \gamma_s)$		
L1 =	3.91	(m)

**Aderenza Malta - Corrugato  $L = Nt / (D_{corr} \cdot \pi \cdot \tau_{cls})$**

D <sub>corr</sub> Diametro del corrugato =	50	(mm)
L2 =	3.09	(m)

**Aderenza Acciaio - Malta  $L = Nt / (d \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \pi \cdot \tau_{cls})$**

d (cm) somma dei diametri dei fili, trefoli, barre, contenuti in una unica guaina d = n*dtre :	265	
$\gamma$ coefficiente correttivo dipendente dallo stato delle superfici, e dall'eventuale presenza di dispositivi di ancoraggio profondi	$\gamma =$	2

Tabella 1 - Valori di  $\gamma$  per diversi tipi di tirante

TIPOLOGIA	$\gamma$
filo liscio, trefoli compatti, puliti allo stato naturale	1.3
trefolo normale o barre corrugate pulite allo stato naturale	2
fili lisci, barre lisce, trefoli compatti, unti o verniciati	0,75 - 0,85
fili lisci con ringrossi o "compression grip" alla estremità profonda, barre lisce con dado e rondella alla estremità profonda	1.7
trefoli normali con "compression grip" alla estremità profonda	2.5

$\delta$  = coefficiente correttivo dipendente dal numero dei tiranti elementari contenuti in ciascuna guaina di perforazione

$$\delta = 0.81$$

Tabella 2 - valori di  $\delta$  per elementi di tensione contenuti in una stessa guaina o perforazione, separati da distanziatori che costringono ad allargamenti e strozzature del fascio

n	1	2	3	4	5	6
$\delta$	1	0.89	0.81	0.72	0.63	0.55

n	7	8	9	10	11	12
$\delta$	0.48	0.42	0.36	0.32	0.28	0.24

n.b.: n numero di fili, barre, trefoli contenuti nella stessa guaina o perforazione

Tabella 3 - valori di  $\delta$  per elementi di tensione paralleli contenuti in una stessa guaina o perforazione

n	1	2	3	4
$\delta$	1	0.8	0.6	0.5

Per più di quattro elementi in una sola perforazione o guaina, assumere il diametro minimo circoscritto a tutti gli elementi, anziché la somma dei singoli diametri.

$$L3 = 0.36 \quad (\text{m})$$

**L lunghezza della fondazione (bulbo)**

$$L = \max(L1, L2, L3) = 3.91 \quad (\text{m})$$

**Verifica a trazione dell'armatura**

$$N = N_G + N_Q = \frac{291.2}{2} \quad (\text{kN})$$

$$\text{UNI EN 1537} \quad N \leq 0.65 \cdot f_{ptk} \cdot n \cdot A_t = 846.30 \quad (\text{kN})$$

$$\text{AICAP} \quad N \leq 0.6 \cdot f_{p(1)k} \cdot n \cdot A_t = 701.40 \quad (\text{kN})$$

Travi di correa

I tiranti sono attestati sulla paratia mediante una trave di ripartizione costituita un profilato HEB200.

Le verifiche sono state effettuate, per il massimo carico sui tiranti, assumendo lo schema semplificato di trave continua su più appoggi fissi, in corrispondenza degli stessi, e caricata da un carico uniforme:  $q = F / i_{punt}$  ( $F = 291.22kN =$  carico massimo sul tirante,  $i_{punt} =$  interasse dei puntoni = 2).

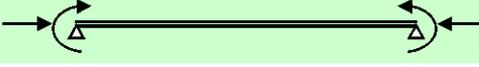
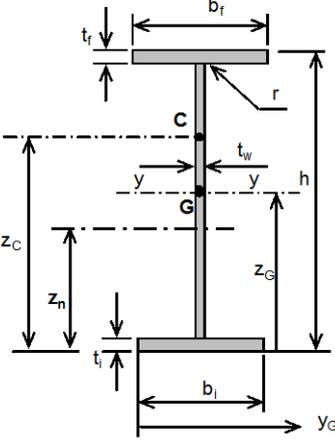
Il momento flettente massimo si può assumere pari a:

$$q_c = \frac{F_{max}}{i_{punt}} = 145.61kN/m$$

Il momento flettente massimo ed il taglio si possono assumere pari a:

$$M_{max} = \frac{q_c i_{punt}^2}{10} = 58.244kNm$$

$$T_{max} = 0.6 q_c i_{punt} = 174.73kN$$

ASTA SOGGETTA A FLESSIONE BIASSIALE, COMPRESSIONE E TAGLIO ( sezione uniforme doppiamente simmetrica )			
METODO DI CALCOLO SECONDO EN 1993-1-1 (Eurocodice 3)			
MATERIALE :	tipo (1,2,3,4,5)	<b>3</b>	S 355 EN 10027 - $f_y = 35.50$ kN/cm <sup>2</sup> $\epsilon = 0.81$
SEZIONE :	tipo (L / S)	<b>S</b>	PROFILO : <b>HEB 200</b> $\gamma_{M0} = 1.25$
<b>SOLLECITAZIONI DI PROGETTO :</b>		Mom. flett. princip. : $M_{y,Ed} =$ kNcm	<b>5825</b>
		Taglio congruente : $V_{z,Ed} =$ kN	<b>174.73</b>
		Mom. flett. laterale : $M_{z,Ed} =$ kNcm	
		Compress. assiale : $N_{Ed} =$ kN	<b>0</b>
<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE :</b>			
		Altezza totale (h)	cm <b>20</b>
		Larghezza piattab. sup. ( $b_f$ )	cm <b>20</b>
		Larghezza piattab. inf. ( $b_i$ )	cm <b>20</b>
		Spessore anima ( $t_w$ )	cm <b>0.9</b>
		Spessore piattab. sup. ( $t_f$ )	cm <b>1.5</b>
		Spessore piattab. inf. ( $t_i$ )	cm <b>1.5</b>
		Raccordo anima-piattabanda (r)	cm <b>1</b>
		Altezza netta anima (d)	cm <b>15</b>
		Sporgenza ala superiore ( $c_f$ )	cm <b>8.55</b>
		Sporgenza ala inferiore ( $c_i$ )	cm <b>8.55</b>
		Area della sezione (A)	cm <sup>2</sup> <b>76.16</b>
		Posiz. asse baricentrico ( $z_G$ )	cm <b>10.00</b>
		Posiz. asse neutro plastico ( $z_n$ )	cm <b>10.00</b>
		Posiz. a.n.p. per fless. pura ( $d_2$ )	cm <b>10.00</b>
		Posiz. centro di taglio ( $z_c$ )	cm <b>10.00</b>
		Momento di inerzia max. ( $J_y$ )	cm <sup>4</sup> <b>5575</b>
		Momento di inerzia min. ( $J_z$ )	cm <sup>4</sup> <b>2001</b>
		Momento di inerzia tors. ( $J_t$ )	cm <sup>4</sup> <b>50</b>
Moduli di resistenza elastici : .....		$W_{ys}$ esterno piattab. sup.	cm <sup>3</sup> <b>558</b>
		$W_{yi}$ esterno piattab. inf.	cm <sup>3</sup> <b>558</b>
		$W_{ya}$ estremità anima	cm <sup>3</sup> <b>656</b>
		$W_{el,min} = \text{MIN} (W_{ys}, W_{zi})$	cm <sup>3</sup> <b>558</b>
		$W_{zs}$ esterno piattabande	cm <sup>3</sup> <b>200</b>
		$W_{zc}$ sezione di raccordo piattab.	cm <sup>3</sup> <b>1380</b>
Moduli di resistenza plastici : .....		$W_{pl,y}$ .....	cm <sup>3</sup> <b>628</b>
		$W_{pl,z}$ .....	cm <sup>3</sup> <b>304</b>
<b>CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE</b>			
Rapporto effettivo larghezza / spessore :	Anima $d/t_w =$	<b>16.67</b>	$\alpha = 0.5$
	Piattabande $c/t =$	<b>5.70</b>	$\psi = -1.00$
Limite rapporto larghezza/spessore anima :	classe 1	<b>58.58</b>	
	classe 2	<b>67.53</b>	
	classe 3	<b>100.89</b>	
		<b>classe dell'anima</b>	<b>1</b>
Limite rapporto larghezza/spessore piattab.	classe 1	<b>7.32</b>	
	classe 2	<b>8.14</b>	
	classe 3	<b>11.39</b>	
		<b>classe piattabanda</b>	<b>1</b>
<b>CLASSE SEZIONE</b>		<b>1</b>	
Modulo di resistenza efficace: .....		$W_{el,min}$ .....	cm <sup>3</sup> <b>558</b>

VERIFICA DI RESISTENZA			
Area resistente a taglio :	$A_v = \eta \cdot h_w \cdot t_w$	$A_v =$	15.30 cm <sup>2</sup>
Limite di resistenza plastica a taglio :	$V_{pl,Rd} = A_v \cdot (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0}$	$V_{pl,Rd} =$	251 kN
$V_{Ed,max} > 50\% V_{pl,Rd}$	$\rho = (2 \cdot V_{Sd} / V_{pl,Rd} - 1)^2$	$\rho =$	0.154
Verifica di resistenza per sezione di classe	1	$f_d = f_y / \gamma_{M0} =$	28.40 kN/cm <sup>2</sup>
$r_y = (1-n) / (1-0.5 \cdot a) = 1.000$	$a = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A = 0.212$	$M_{N,y,Rd} = W_y \cdot f_{d,rid} =$	17834 kNcm
$r_z = 1 - [(n-a) / (1-a)]^2 = 0.927$	$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0.000$	$M_{N,z,Rd} = W_z \cdot f_{d,rid} =$	8637 kNcm
$N_{1,y,Rd} = 0.25 \cdot N_{pl,Rd} = 541$	$N_{2,y,Rd} = h_w \cdot t_w \cdot f_d / 2 = 217$	$N_{Ed} \leq N_{V,Rd} (cl \leq 2) =$	0 kN
$N_{Ed} < \min(N_{1,y,Rd}; N_{2,y,Rd})$	NO carico assiale	$N_{V,Rd} = A_v \cdot (1-\rho) \cdot f_y =$	459 kN
$\alpha = 1.000$	$\beta = 1.000$		
$[M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd}]^\alpha + [M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd}]^\beta$		$[N_{Ed} / A + (M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / W_y + (M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / W_z] / f_d =$	0.327 < 1
$M_{NV,y,Rd} = [W_y - 1 / (4 \cdot t_w) \cdot [\rho \cdot A_v^2 + N_{V,Rd}^2 / (1-\rho) / f_y^2]] \cdot f_d \leq M_{pl,y,Rd}$		$M_{NV,y,Rd} =$	17549 kNcm
$N_{z,Rd} = h_w \cdot t_w \cdot f_d = 435$		$N_{Ed} < N_{z,Rd}$	$M_{NV,z,Rd} =$
			8637 kNcm
per $V_{z,Ed} > 50\% V_{pl,Rd}$		$[M_{y,Ed} / M_{NV,y,Rd}]^\alpha + [M_{z,Ed} / M_{NV,z,Rd}]^\beta =$	0.332 < 1