

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO  
 Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa  
 Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)  
 e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)  
 1° stralcio

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. AN58

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**PROGETTISTI:**

*ing. VINCENZO MARZI*  
*Ordine Ingegneri di Bari n. 3594*

**IL GEOLOGO**

*Geol. FRANCESCO MATALONI*  
*Ordine Geologi del Lazio n. 725*

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

*Arch. GIOVANNI MAGARO*  
*Ordine Architetti di Roma n. 16183*

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

*Coor. FABIO QUONDAM*

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

*Dott. ing. ACHILLE DEVITOFRANCESCHI*

PROTOCOLLO

DATA:

**OPERE D'ARTE MINORI**  
**VASCA DI SICUREZZA GALLERIA GUINZA**

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE				
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00OM02STRRE01_B						
L0702M	D	1801	CODICE ELAB.	T00	OM02	STR	RE01	B	varie
D									
C									
B	AGGIORNAMENTO			Luglio 19					
A	EMISSIONE			Giugno 2018					
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO			

<b>INDICE</b>		<b>Pagina</b>
<b>1</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE</b>	<b>3</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>7</b>
3.1	CALCESTRUZZO	7
3.2	ACCIAIO PER ARMATURA LENTA	7
<b>4</b>	<b>QUADRO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>12</b>
6.1	PESI PROPRI STRUTTURALI	12
6.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI	12
6.3	SOVRACCARICHI VARIABILI SULLA COPERTURA	13
6.4	FRENATURA	14
6.5	SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO	15
6.6	AZIONE TERMICA	16
6.7	RITIRO	16
6.8	AZIONI SISMICHE	17
6.8.1	Forze sismiche orizzontali	17
6.8.2	Spinta del terreno in fase sismica	18
6.9	AZIONE DELL'ACQUA	19
6.9.1	Peso dell'acqua sulla fondazione	19
6.9.2	Pressione idrostatica sulle pareti	19
6.9.3	Pressioni idrodinamiche	19
<b>7</b>	<b>CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI</b>	<b>24</b>
7.1	CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	24
7.2	COMBINAZIONI DI CARICO	24
<b>8</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE</b>	<b>34</b>
9.1	SOLETTA SUPERIORE IN CAMPATA (CDC SPINTA IDR.)	34
9.2	SOLETTA SUPERIORE ALL'INCASTRO (CDC SPINTA TERR.)	35

9.3	PIEDRITTO ALLO SPICCATO (CDC SPINTA TERR.)	36
9.4	PIEDRITTO IN SOMMITA' (CDC SPINTA TERR.)	37
9.5	SOLETTA INFERIORE IN CAMPATA (CDC SPINTA IDR.)	38
9.6	SOLETTA INFERIORE ALL'INCASTRO (CDC SPINTA TERR.)	39
<b>10</b>	<b>VERIFICHE A TAGLIO</b>	<b>40</b>
<b>11</b>	<b>VERIFICHE DI FESSURAZIONE</b>	<b>41</b>
11.1	SOLETTA SUPERIORE IN CAMPATA (CDC SPINTA IDR.)	41
11.2	SOLETTA SUPERIORE ALL'INCASTRO (CDC SPINTA TERR.)	44
11.3	PIEDRITTO ALLO SPICCATO (CDC SPINTA TERR.)	46
11.4	PIEDRITTO IN SOMMITA' (CDC SPINTA TERR.)	48
11.5	SOLETTA INFERIORE IN CAMPATA (CDC SPINTA IDR.)	50
11.6	SOLETTA INFERIORE ALL'INCASTRO (CDC SPINTA TERR.)	52
<b>12</b>	<b>VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO</b>	<b>54</b>

## 1 INQUADRAMENTO GENERALE

La presente relazione riguarda il dimensionamento della vasca di sicurezza posta all'uscita della galleria sul lato Marche, prevista nell'ambito dei lavori inerenti il progetto definitivo di "adeguamento a due corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2°) e del Tratto Guinza - Mercatello Ovest (Lotto 3°)". L'intervento è localizzato tra le Regioni Umbria e Marche, nei Comuni di San Giustino (PG) e Mercatello sul Metauro (PU). Più dettagliatamente, il 2° Lotto comprende la Galleria della Guinza, mentre il 3° Lotto comprende tutte le opere dall'uscita della Guinza sul lato marchigiano, fino al termine dell'intervento.

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche generali dell'opera e vengono esposte le modalità di calcolo, i risultati delle analisi e le verifiche degli elementi strutturali.



Figura 1: Inquadramento dell'opera

### 1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Oggetto della presente relazione di calcolo è la nuova vasca di sicurezza posta all'uscita della Galleria Lato Marche. La vasca è una struttura in c.a. completamente interrata, con pianta quadrata 5.60x5.60 m ed altezza netta interna di 2.50 m. La platea di fondazione ha spessore di 40 cm, mentre le pareti laterali e la soletta di copertura sono spesse rispettivamente 30 cm e 35 cm.

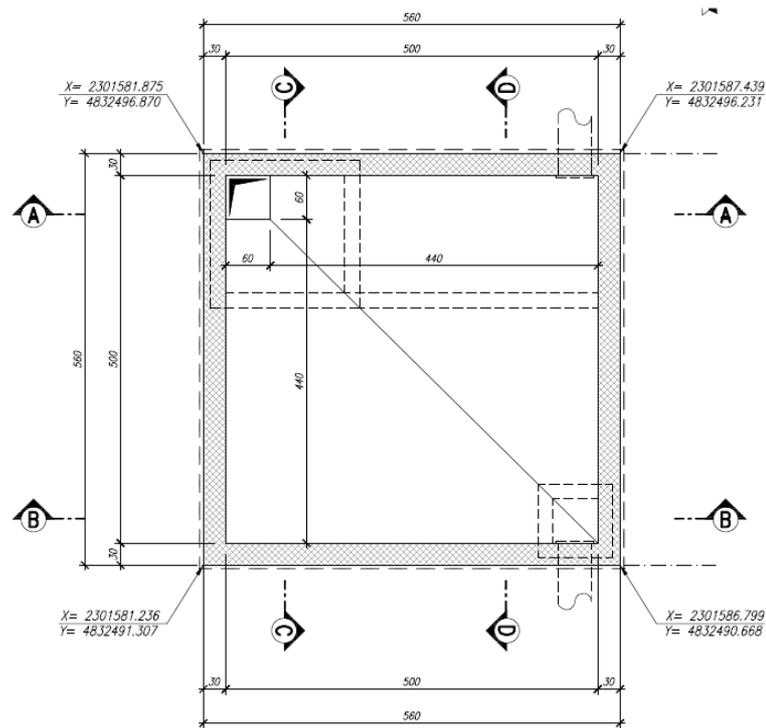


Figura 2: Pianta fondazioni

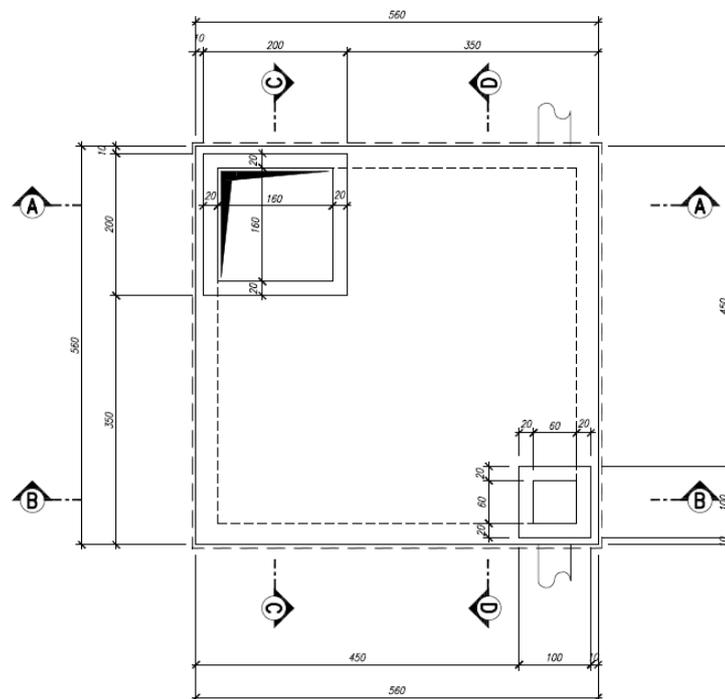


Figura 3: Pianta copertura

Vasca di sicurezza Galleria Guinza – Relazione tecnica e di calcolo

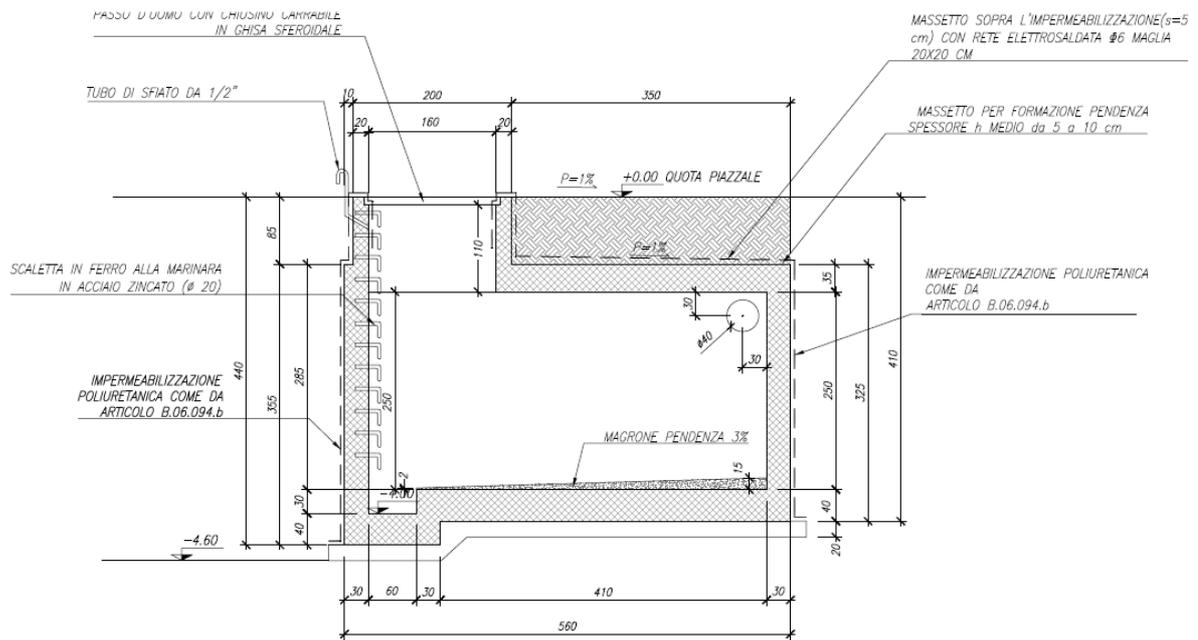


Figura 4: Sezione A-A

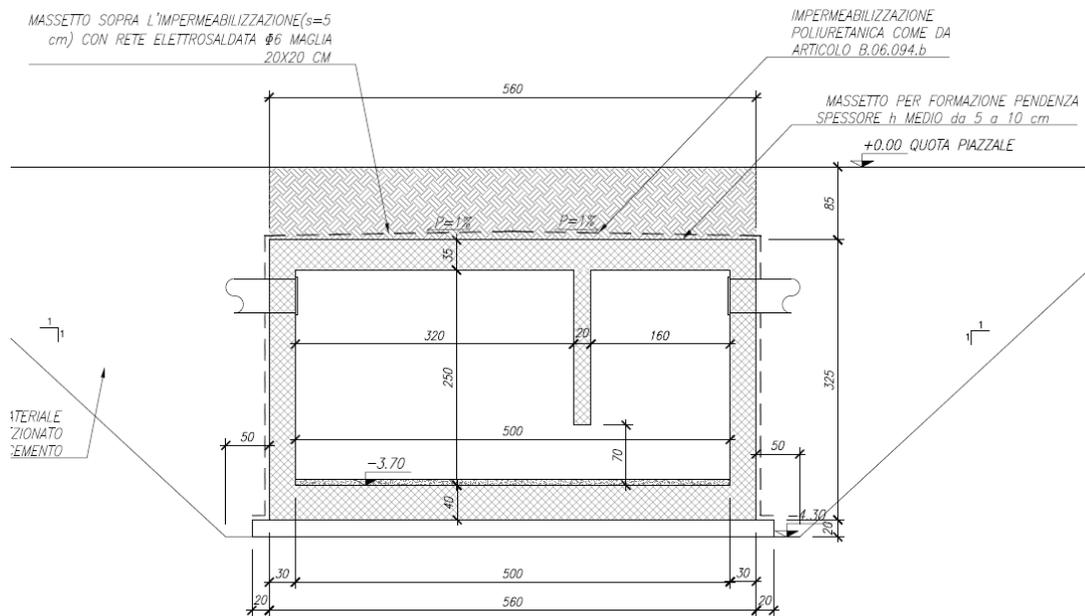


Figura 5: Sezione D-D

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nella progettazione sono state prese in considerazione le normative di seguito riportate:

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Decreto del ministero dei Lavori Pubblici 9 gennaio 1996 - Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 15 Ottobre 1996, n. 252 AA.GG/STC -Istruzioni per l'applicazione delle «Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al decreto ministeriale del 9 Gennaio 1996».
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 4 luglio 1996, n. 156 AA.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 gennaio 1996.
- Legge 5 febbraio 1974, n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 24 settembre 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.
- Decreto Ministero Infrastrutture 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare Ministero Infrastrutture 02 febbraio 2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Decreto Ministero Infrastrutture 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare Ministero Infrastrutture 21 gennaio 2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- Eurocodici UNI EN 1990:2006; UNI EN 1991; UNI EN 1992; UNI EN 1997; UNI EN 1998.
- Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità (UNI EN 206-1:2006).

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO

La classe di esposizione prevista per l'opera risulta XC2/XA1, per la quale è richiesta una classe di resistenza minima del calcestruzzo C30/37.

Il copriferro minimo prescritto è pari a 40 mm.

Calcestruzzo - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005		
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	37 [MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	30 [MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1.5 [-]
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	0.85 [-]
Valore medio della resistenza a compressione cilindrica	$f_{cm}$	38 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	$f_{ctm}$	2.9 [MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 5%)	$f_{ctk0,05}$	2.0 [MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 95%)	$f_{ctk0,95}$	3.8 [MPa]
Modulo di elasticità secante del calcestruzzo	$E_{cm}$	32837 [MPa]
Deformazione di contrazione nel calcestruzzo alla tensione $f_c$	$\epsilon_{c1}$	0.0020 [-]
Deformazione ultima di contrazione nel calcestruzzo	$\epsilon_{cu}$	0.0035 [-]
Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo	$f_{cd}$	17.00 [MPa]
Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo	$f_{ctd}$	1.35 [MPa]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	18 [MPa]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	13.5 [MPa]

#### 3.2 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Acciaio - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005		
Resistenza a snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	450 [MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio	$\gamma_s$	1.15 [-]
Modulo di elasticità secante dell'acciaio	$E_s$	200000 [MPa]
Deformazione a snervamento dell'acciaio	$\epsilon_{yd}$	0.001957 [-]
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{su}$	0.01 [-]
Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	391.3 [MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360 [MPa]

#### 4 QUADRO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Sulla base dei dati sintetizzati nella "Relazione Geotecnica Generale" allegata al progetto, ed in riferimento ai terreni tipo ivi caratterizzati e alle ricostruzioni stratigrafiche eseguite nella medesima relazione e nel profilo geotecnico, in corrispondenza della vasca di interesse le indagini hanno riscontrato la presenza in affioramento della formazione marnoso-arenacea (unità geotecnica FMA), che costituisce il substrato flyschoidale dell'area.

La formazione è presente sotto forma di alternanze decimetriche di marne compatte e arenarie fini dure, con preponderanza della componente pelitica.

Il modello stratigrafico di riferimento è più compiutamente ricostruibile sulla base della seguente sezione, redatta lungo l'asse del tracciato, che conferma la presenza nel volume "significativo" dell'opera (volume di terreno che influenza il comportamento dell'opera e dal quale l'opera ne risulta a sua volta influenzata), in pratica, del solo flysch marnoso-arenaceo.

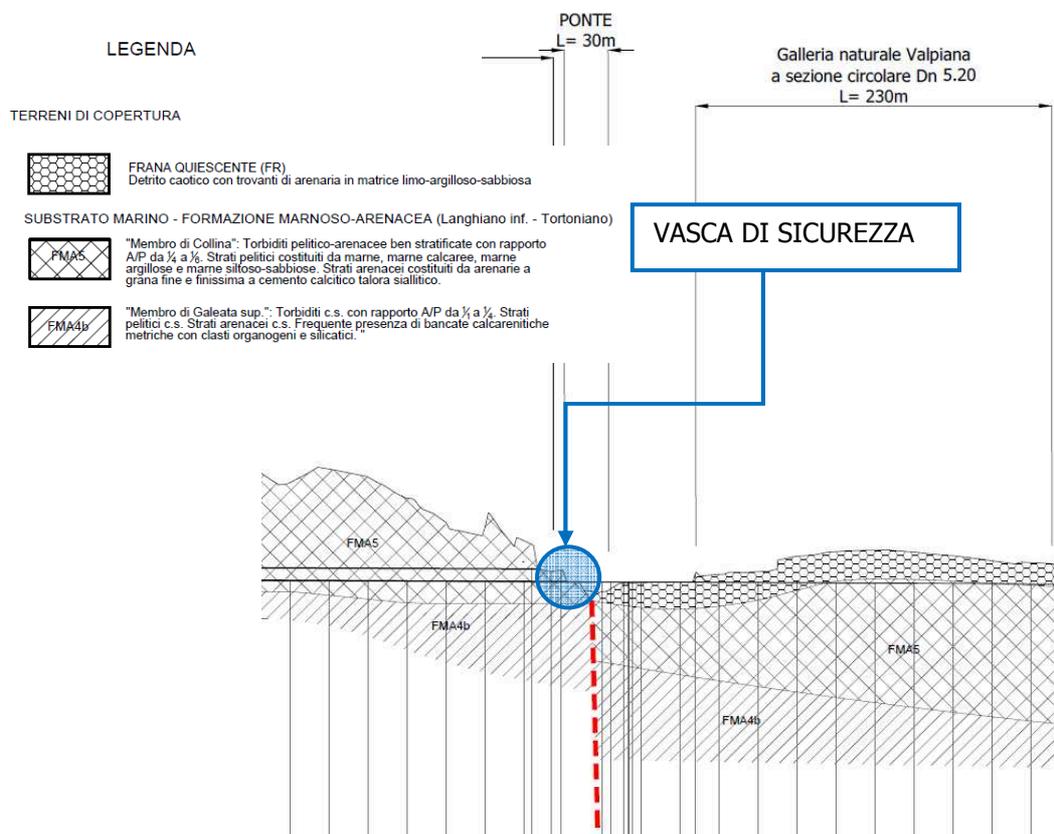


Figura 6 – Imbocco galleria Guinza lato Marche: sezione stratigrafica lungo l'asse stradale.

Per il flysch marnoso-arenaceo FMA vengono di seguito riepilogati gli intervalli di variazione dei parametri fisico-meccanici definiti nell'apposita sezione di caratterizzazione geotecnica contenuta nella "Relazione Geotecnica Generale":

- Peso specifico terreno  $\gamma = 21.0 \div 23.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo attrito interno  $\phi' = 35 \div 45^\circ$
- Coesione efficace  $c' = 100 \div 200 \text{ kPa}$

La vasca è inoltre interessata dal materiale con cui viene rinfiancata/rinterrata superiormente l'opera, costituito da materiale arido selezionato/misto cementato a seconda dei casi, opportunamente rullati e compattati.

Per il materiale di rinfianco/rinterro possono prudenzialmente adottarsi i seguenti parametri geotecnici:

- Peso specifico terreno  $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo attrito interno  $\phi' = 35^\circ$
- Coesione efficace  $c' = 0$

In definitiva, per semplicità e a vantaggio di sicurezza, ai fini del dimensionamento geotecnico i terreni di imposta e di rinfianco sono stati accorpati nella medesima unità geotecnica.

I relativi parametri geotecnici considerati sono i seguenti:

- Peso specifico terreno  $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo attrito interno  $\phi' = 35^\circ$
- Coesione efficace  $c' = 0$

Nei calcoli successivi si assume inoltre:

$K_w = 25000 \text{ kN/m}^3$                       coefficiente di sottofondo alla Winkler

Come analizzato nella Relazione Geotecnica, inoltre, in rapporto alla litostratigrafia marnoso-arenacea a prevalente componente pelitica, si esclude che le opere in progetto possano intercettare orizzonti idrici significativamente in rete.

Pertanto, non è presente una falda lateralmente continua e, dunque, nelle verifiche non viene modellata una superficie piezometrica.

## 5 MODELLO DI CALCOLO

A vantaggio di sicurezza e per rapidità di calcolo, il dimensionamento della struttura è condotto estraendo dalla stessa un telaio piano di larghezza unitaria in corrispondenza della zona centrale delle pareti laterali, ovvero dove meno si risente del grado di vincolo fornito dalle pareti ortogonali a quelle considerate.

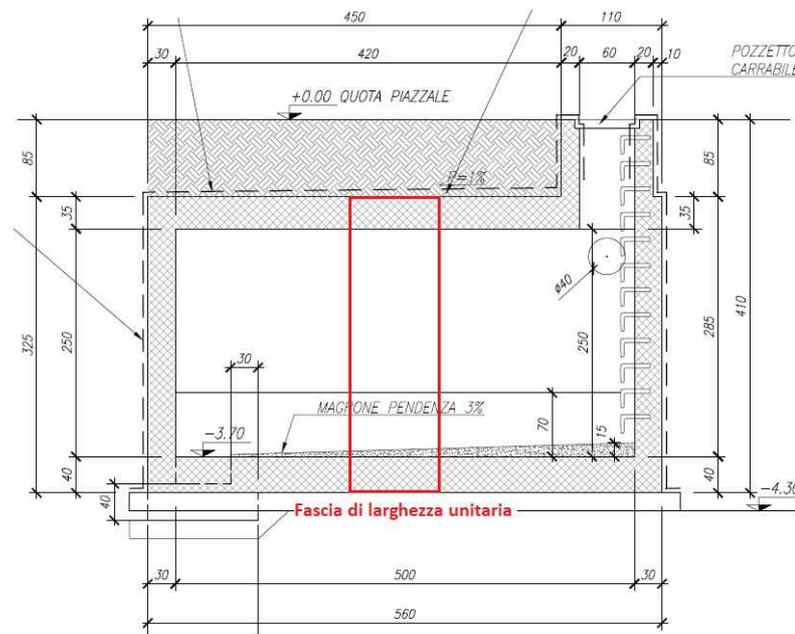
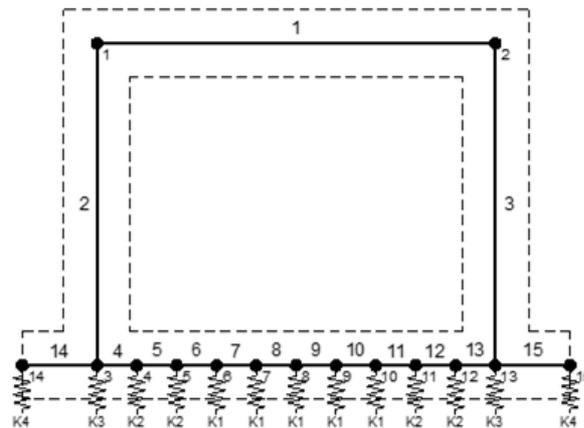


Figura 7: Sezione B-B - Porzione di struttura estratta per il calcolo

Come modello di calcolo si è assunto quindi lo schema statico di telaio chiuso, risolto attraverso un'analisi elastico-lineare mediante il programma di calcolo agli elementi finiti "CsiBridge v19.2.1" della *Computer and Structures Inc.*

Tale telaio viene discretizzato con elementi "frame" di larghezza unitaria, mentre il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler. La soletta inferiore è divisa in 12 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno struttura:

Terreno di fondazione	Kw		25000	kN/m <sup>3</sup>
<b>Rigidezze molle</b>				
Interasse molle	i	$(0.30/2 + 5.00 + 0.30/2) / 10 =$	0.53	m
Molle centrali	K1	$25000 \cdot 0.53 =$	13'250	kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 25000 \cdot 0.53 =$	19'875	kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 25000 \cdot (0.53/2 + 0.30/2) =$	20'750	kN/m
Molle risolto	K4	-	0	kN/m



Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.

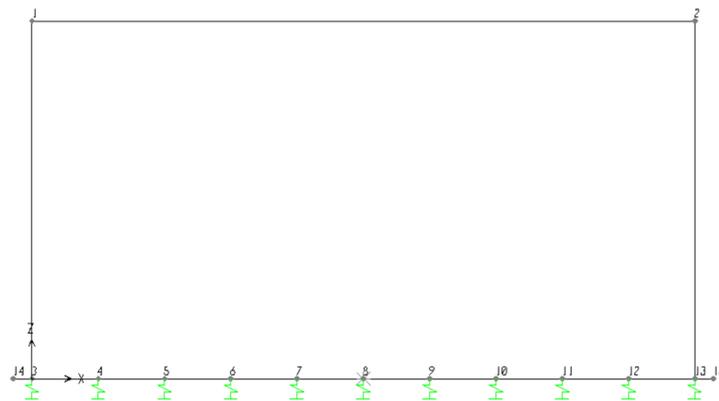


Figura 8: Numerazione nodi

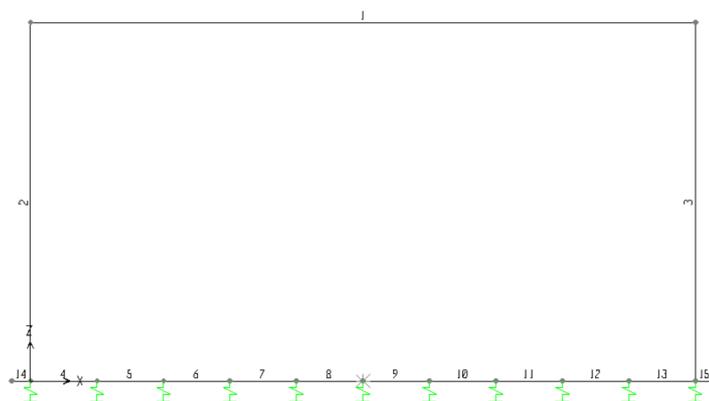


Figura 9: Numerazione aste

## 6 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi agenti è di seguito condotta sulla base delle prescrizioni di norma (D.M. 17-01-2018) e dell'effettiva destinazione e geometria dell'opera oggetto della presente relazione.

Si evidenzia che la spinta del terreno e quella idrostatica, e le relative sovraspinte sismiche, non si considerano agenti simultaneamente in modo da non ridurre le sollecitazioni sulla struttura.

### 6.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

Il peso proprio della struttura in c.a. è computato automaticamente dal software di calcolo considerando per il calcestruzzo armato un peso specifico pari a  $\gamma=25.0 \text{ kN/m}^3$ .

### 6.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI

I carichi permanenti sono rappresentati dal rinterro e dalla pavimentazione stradale.

#### Carichi permanenti

Soletta superiore

Peso pacchetto stradale	Ps	$0.12 \cdot 24 =$	2.88	$\text{kN/m}^2$
Peso del rinterro	Pr	$0.85 \cdot 21 =$	17.85	$\text{kN/m}^2$
Totale			<b>20.73</b>	<b><math>\text{kN/m}^2</math></b>

Risvolti soletta inferiore

Peso pacchetto stradale	Ps	-	0.00	$\text{kN/m}^2$
Peso del rinterro	Pr	-	0.00	$\text{kN/m}^2$
Totale			<b>0.00</b>	<b><math>\text{kN/m}^2</math></b>

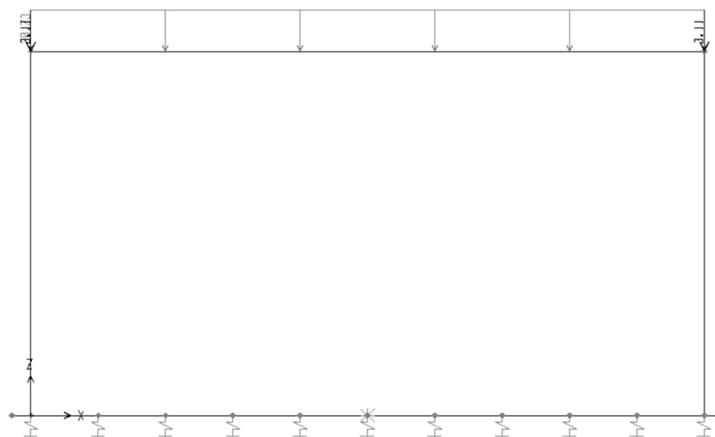


Figura 10: Carichi permanenti (PERM)

### 6.3 SOVRACCARICHI VARIABILI SULLA COPERTURA

Si considerano agenti sul rinterro al di sopra della copertura i carichi stradali da traffico definiti dal cap. 5 delle NTC.

In particolare, secondo quanto specificato al par. C5.1.3.3.5.1 della Circolare n.7 del 2019, si applica la Corsia 1 dello schema di carico 1 in cui, per semplicità, i carichi tandem sono sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3.00 m e lunga 2.20 m.

Si assume una diffusione del carico nel terreno con angolo di 30°, ed attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta secondo un angolo di 45°.

#### Carichi accidentali sulla copertura

Tandem

Ldiffusione x			2.20	m
Ldiffusione y			3.00	m
Impronta di carico x	Ld1	$2.20 + 2 \cdot (0.12 + \tan 30^\circ \cdot 0.85 + 0.35/2) =$	3.77	m
Impronta di carico y	Ld2	$3.00 + 2 \cdot (0.12 + \tan 30^\circ \cdot 0.85 + 0.35/2) =$	4.57	m
Impronta sull'impalcato		$3.77 \cdot 4.57 =$	17.24	m <sup>2</sup>
carico q1 (totale)			600	kN
carico q1 (ripartito)	Q <sub>1k</sub>	$600 / 17.24 =$	<b>34.80</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Carico distribuito

Ld3	$3.00 + 2 \cdot (0.12 + \tan 30^\circ \cdot 0.85 + 0.35/2) =$	4.57	m
q <sub>1k</sub>	$9.00 \cdot (3.00 / 4.57) =$	<b>5.91</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Si prendono in considerazione due differenti disposizioni dei carichi tandem, illustrate nelle figure seguenti, tali da massimizzare rispettivamente la sollecitazione flettente ed il taglio sul trasverso.

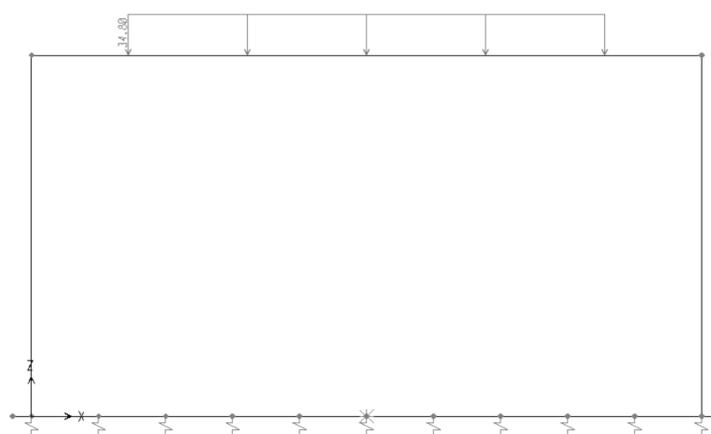


Figura 11: Carichi da traffico tandem – CdC Mmax (Q1k-M)

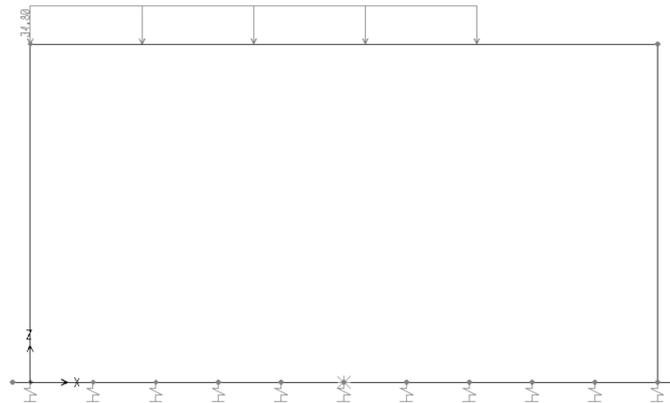


Figura 12: Carichi da traffico tandem – CdC Vmax (Q1k-T)

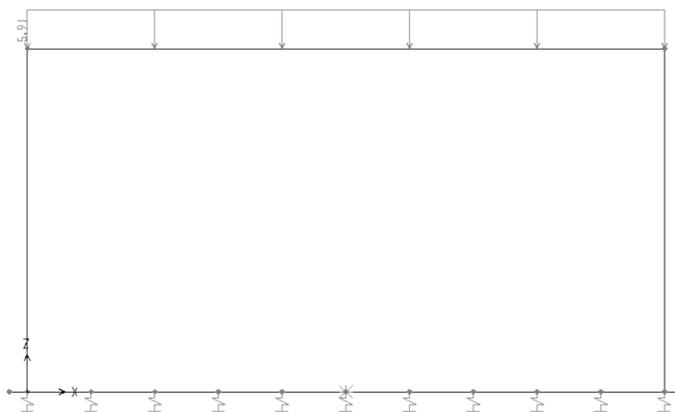


Figura 13: Carichi da traffico distribuiti (Q2)

## 6.4 FRENATURA

La forza di frenamento  $q_3$  è valutata con la formulazione fornita al par. 5.1.3.5 delle NTC-18.

### Frenamento $q_3$

$$q_3 \quad q_3 \quad 180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN} \quad \mathbf{82.06 \quad kN/m}$$

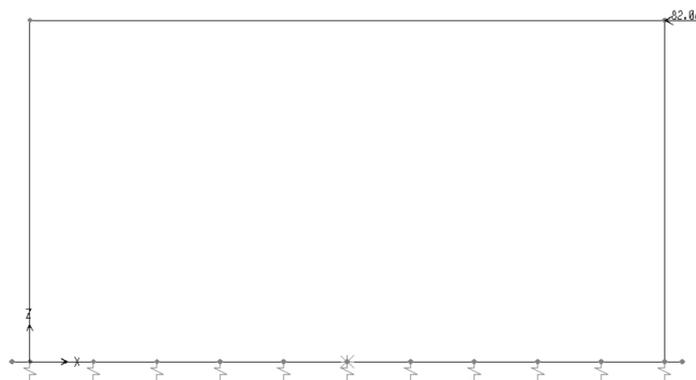


Figura 14: Frenatura (Q3)

## 6.5 SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo, assumendo condizioni di spinta bilanciata (spinta SX ed DX sfavorevoli) e sbilanciata (spinta SX favorevole e DX sfavorevole) sui piedritti al fine di massimizzare le sollecitazioni.

Sul rilevato ai lati del tombino si considera un sovraccarico accidentale stradale di 20 kN/m<sup>2</sup>.

### Spinta del terreno

K0		$1 - \tan(35^\circ) =$	0.426	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.426 \cdot 20.73 =$	8.84	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (20.73 + 21 \cdot 0.35/2) =$	<b>10.41</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [20.73 + 21 \cdot (0.35/2 + 2.50 + 0.40/2)] =$	<b>36.15</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [20.73 + 21 \cdot (0.35/2 + 2.50 + 0.40)] =$	37.94	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(8.84 + 10.41)/2 \cdot 0.35/2$	<b>1.68</b>	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(36.15 + 37.94)/2 \cdot 0.40/2$	<b>7.41</b>	<b>kN/m</b>

### Spinta del carico accidentale

Spinta dovuta a q = 20 kN/m <sup>2</sup>	p	$0.426 \cdot 20$	<b>8.53</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
--	---	------------------	-------------	-------------------------

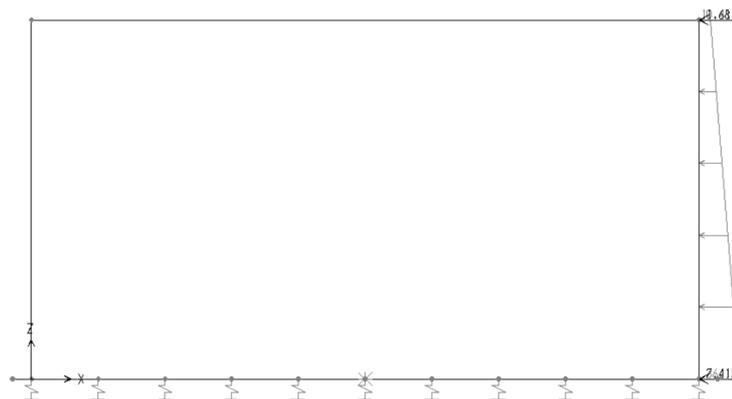


Figura 15: Spinta del terreno sulla parete dx (SPTDX)

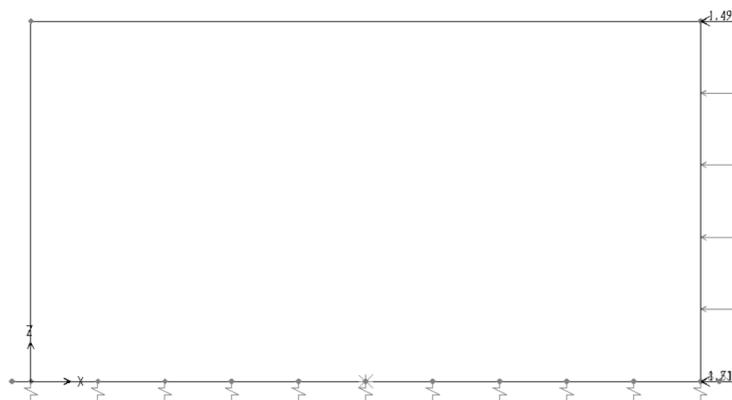


Figura 16: Spinta del sovraccarico sulla parete dx (SPACCDX)

## 6.6 AZIONE TERMICA

Si considera una variazione termica uniforme ed una differenziale applicate alla soletta superiore, di seguito valutate.

Variazioni termiche		
Zona termica		III
Quota del suolo sul livello del mare	$a_s$	580 m
Temperatura massima dell'aria all'ombra	$T_{max}$	41.8 °C
Temperatura minima dell'aria all'ombra	$T_{min}$	-12.1 °C
<b>Variazione termica uniforme</b>		
Temperatura interna scatolare - Estate	$T_{in,sum}$	31 °C
Temperatura interna scatolare - Inverno	$T_{in,win}$	6 °C
Profondità sotto la quota campagna		maggiore di 1m
Temperatura indicativa esterna - Estate	$T_{out,sum}$	5 °C
Temperatura indicativa esterna - Inverno	$T_{out,win}$	-3 °C
Temperatura media attuale	$T$	18.0 °C
Temperatura iniziale	$T_0$	10 °C
Variazione termica uniforme calcolata	$\Delta t_{u,calc}$	8.0 °C
<b>Variazione termica uniforme assunta</b>	<b><math>\Delta T_u</math></b>	<b>10 °C</b>
<b>Variazione termica differenziale</b>		
Variazione termica differenziale calcolata	$\Delta t_{M,calc}$	25.9 °C
<b>Variazione termica differenziale assunta</b>	<b><math>\Delta t_M</math></b>	<b>30 °C</b>
Variazione termica a farfalla equivalente	$\pm \Delta T$	15 °C

## 6.7 RITIRO

Si considera una variazione termica uniforme equivalente applicata al traverso, di seguito calcolata.

Ritiro della soletta		
<b>Deformazione da ritiro</b>		
Spessore soletta superiore	$h_{sol}$	40 cm
Resistenza caratteristica cubica del cls	$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica del cls	$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione del cls	$f_{cm}$	38.71 N/mm <sup>2</sup>
Tipo di cemento		N
Coefficienti dipendenti dal tipo di cemento	$\alpha_{ds1}$	4
	$\alpha_{ds2}$	0.12
Umidità relativa	RH	70 %
Coefficiente per umidità relativa	$\beta_{RH}$	1.018
Deformazione base per ritiro da essiccazione	$\epsilon_{cd0}$	0.000359
Area della sezione trasversale di cls	$A_c$	400000 mm <sup>2</sup>
Perimetro della sezione esposto all'aria	$u$	2000 mm

Dimensione fittizia della sezione	$h_0$	400.00	mm
Valore di $k_h$ per interpolazione lineare	$k_h$	0.725	
Età del cls al momento considerato	$t$	20833	gg
Età del cls all'inizio del ritiro da essiccamento	$t_s$	1	gg
Coefficiente dipendente dal tempo	$\beta_{ds}(t;t_s)$	0.985	
Deformazione per ritiro da essiccamento	$\epsilon_{cd}(t)$	0.000256	
Coefficiente dipendente dal tempo	$\beta_{as}(t)$	1.00	
Deformazione da ritiro autogeno	$\epsilon_{ca}(t)$	0.000052	
Deformazione totale da ritiro calcolata	$\epsilon_{cs}(t)$	0.000308	
<b>Deformazione totale da ritiro assunta</b>	<b><math>\epsilon_{cs}</math></b>	<b>0.0003</b>	
<b>Variazione termica equivalente al ritiro (<math>E_c/3</math>)</b>	<b><math>\Delta_{T,r}</math></b>	<b>-10</b>	<b>°C</b>

## 6.8 AZIONI SISMICHE

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (par. 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico, senza subire amplificazione dell'accelerazione al suolo.

### 6.8.1 Forze sismiche orizzontali

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico, con cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico:

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

con  $\beta_m = 1.0$  per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

#### Sisma orizzontale

Stato limite	Salvaguardia della vita - SLU -		SLV
Vita nominale	$V_r$		50 anni
Classe d'uso	$C_u$		IV
accelerazione orizzontale	$a_g/g$		0.288
amplificazione spettrale	$F_o$		2.397
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$		1.124
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$		1.2
Coefficiente S	$S = S_s \cdot S_t$		1.349
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g = a_g/g \cdot S$		0.388
Fattore di struttura	$q$		1.00
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	$F_{Hs}$	$0.388 \cdot (0.35 \cdot 25 + 20.73 + 0.2 \cdot 30.67) / 1.00 =$	<b>13.83</b> <b>kN/m<sup>2</sup></b>
Forza orizz. sui piedritti	$F_{Hp}$	$0.388 \cdot (0.30 \cdot 25) / 1.00 =$	<b>2.91</b> <b>kN/m<sup>2</sup></b>

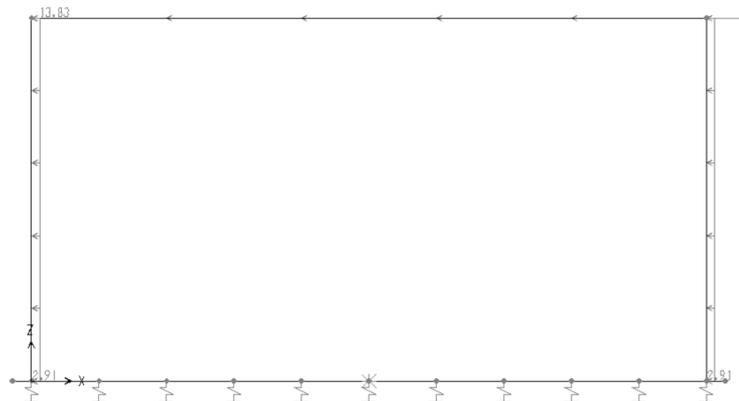


Figura 17: Forze d'inerzia (SISMAH)

### 6.8.2 Spinta del terreno in fase sismica

L'incremento dinamico di spinta del terreno è calcolato adottando la trattazione di Wood valida per opere che subiscono piccoli spostamenti, che va a sommarsi alle all'azione statica valutata in condizioni di spinta a riposo.

Si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza dello scatolare.

#### Spinta del terreno in fase sismica

Coefficiente sismico orizzontale	$k_h = a_{max}/g$	0.388
Coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$	0.194
Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f)^2$	111.87 kN/m
Pressione risultante	$\Delta p_E = \Delta S_E / H$	<b>34.42 kN/m<sup>2</sup></b>

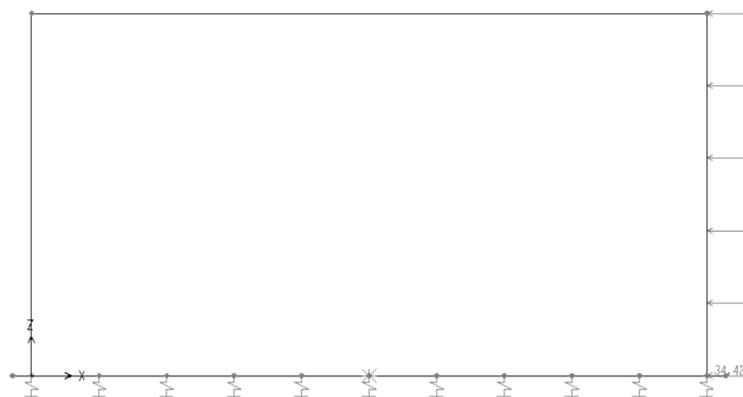


Figura 18: Sovrappinta sismica terreno (SPSDX)

## 6.9 AZIONE DELL'ACQUA

### 6.9.1 Peso dell'acqua sulla fondazione

Il livello idraulico massimo previsto all'interno della vasca è di circa 2.0 m.

Il corrispondente carico sulla platea di fondazione è pari a **20.00 kN/m<sup>2</sup>**.

### 6.9.2 Pressione idrostatica sulle pareti

La pressione sulle pareti dovuta al liquido immagazzinato nella vasca è data da:

$$p = \gamma_w \cdot z$$

dove:

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso specifico dell'acqua}$$

$$z \quad \text{profondità dal pelo libero}$$

La pressione idrostatica alla base delle pareti è dunque pari a **20.00 kN/m<sup>2</sup>**.

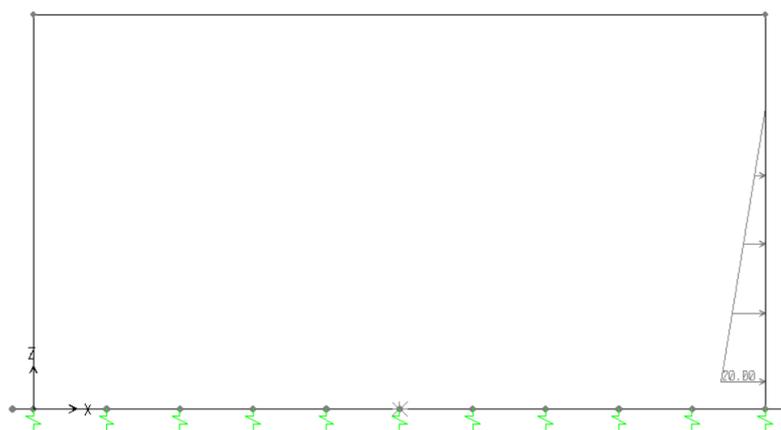


Figura 19: Pressione idrostatica sulla parete dx (SPIDX)

### 6.9.3 Pressioni idrodinamiche

Il moto del fluido all'interno della vasca per effetto dell'azione sismica orizzontale determina l'insorgere di pressioni idrodinamiche sulle pareti e sulla base del serbatoio che vanno ad aggiungersi a quella idrostatica, la quale subisce inoltre un incremento causato dall'accelerazione sismica verticale.

Queste sovrappressioni possono essere valutate facendo ricorso ad un modello dinamico equivalente del serbatoio: il liquido nella parte bassa del serbatoio si comporta come una massa rigidamente connessa alle pareti, determinando una componente impulsiva di pressioni sulle pareti e sulla base, mentre quello nella parte alta si muove oscillando con moto ondoso (sloshing), dando vita ad una componente convettiva di pressioni.

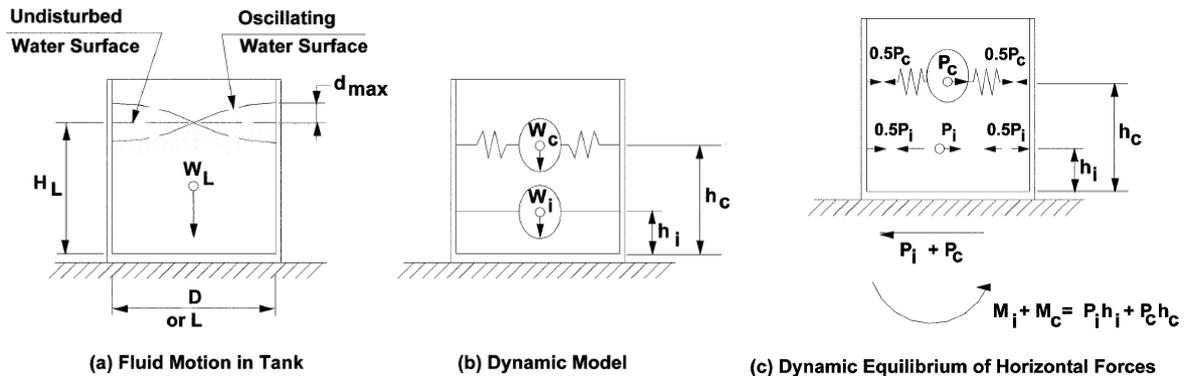


Figura 20: Modello dinamico equivalente del serbatoio

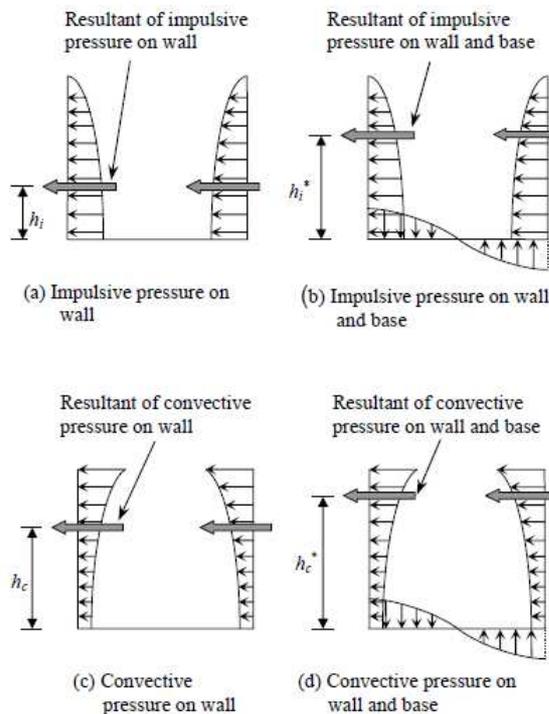


Figura 21: Pressioni idrodinamiche impulsive e convettive

Si riporta di seguito la valutazione analitica delle pressioni idrodinamiche sulle pareti e sulla base del serbatoio, condotta con l'ausilio di un foglio di calcolo in accordo alle indicazioni della ACI 350.3-06 "Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary".

Geometria serbatoio		
Altezza interna serbatoio (altezza netta pareti)	$H_w$	250 cm
Larghezza interna in dir. perpendicolare al sisma	B	500 cm
Larghezza interna in dir. parallela al sisma	L	500 cm
Volume utile di accumulo	$W_L$	50 m <sup>3</sup>
Altezza del liquido	$H_L$	200 cm

Rapporto larghezza interna - altezza liquido	$L/H_L$	2.50
<b>Pressioni idrostatiche</b>		
Risultante idrostatica	$P_h$	100.0 kN
Forza idrostatica alla base	$P_{hy}(0)$	100
Pressione idrostatica alla base	$q_{hy}(0)$	<b>20.00 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Modello dinamico equivalente</b>		
<b>Massa sismica del liquido</b>		
Peso totale del liquido	$W_L$	500.0 kN
Peso della componente impulsiva	$W_i$	224.9 kN
	$W_i/W_L$	0.450
Peso della componente convettiva	$W_c$	281.2 kN
	$W_c/W_L$	0.562
<b>Caso EPB (excluding base pressure) - Per calcolo pressione agente sulle pareti</b>		
Quota risultante impulsiva sulle pareti	$h_i$	75.0 cm
	$h_i/H_L$	0.375
Quota risultante convettiva sulle pareti	$h_c$	111.5 cm
	$h_c/H_L$	0.557
<b>Caso IPB (including base pressure) - Per verifica a ribaltamento e portanza terreno</b>		
Quota risultante impulsiva su pareti e fondazione	$h_i'$	197.3 cm
	$h_i'/H_L$	0.986
Quota baricentro componente convettiva su pareti e fondazione	$h_c'$	209.6 cm
	$h_c'/H_L$	1.048
<b>Proprietà dinamiche serbatoio</b>		
Coefficiente $\lambda$	$\lambda$	5.140
Fattore $2\pi/\lambda$	$2\pi/\lambda$	1.222
Periodo naturale del primo modo convettivo (sloshing)	$T_c$	<b>2.73 s</b>
Periodo fondamentale di oscillazione del serbatoio	$T_i = T_B$	<b>0.145 s</b>
<b>Parametri sismici di progetto</b>		
<b>Spettro di risposta con smorzamento 5%</b>		
Ordinata spettro elastico orizzontale in corrispondenza di $T_i$	$C_i = S_e(T_i)$	<b>0.775 g</b>
Ordinata spettro elastico orizzontale in corrispondenza di $T_c$	$S_e(T_c)_{5\%}$	0.123 g
Ordinata spettro elastico verticale	$C_t = S_{ve}$	<b>0.310 g</b>
<b>Spettro di risposta con smorzamento 0,5%</b>		
Fattore per smorzamento diverso dal 5%	$\eta$	1.35
Ordinata spettro elastico orizzontale in corrispondenza di $T_c$	$C_c = S_e(T_c)$	<b>0.166 g</b>
<b>Azioni idrodinamiche</b>		
<b>Forze laterali</b>		

Risultante idrodinamica impulsiva	$P_i$	174.3 kN
Risultante idrodinamica convettiva	$P_c$	46.6 kN
<b>Momenti alla base - Caso EPB (excluding base pressure)</b>		
Momento della componente impulsiva	$M_i$	130.7 kNm
Momento della componente convettiva	$M_c$	52.0 kNm
<b>Momenti alla base - Caso IPB (including base pressure)</b>		
Momento della componente impulsiva	$M'_i$	343.9 kNm
Momento della componente convettiva	$M'_c$	97.8 kNm
<b>Pressioni idrodinamiche sulle pareti</b>		
<i>Le pareti perpendicolari alla direzione dell'azione sismica sono caricate da metà delle forze <math>P_i</math> e <math>P_c</math></i>		
<b>Componente impulsiva</b>		
Forza impulsiva per unità di altezza della parete - sul pelo libero	$P_{iy}(H_L)$	10.90 kN/m
Forza impulsiva per unità di altezza della parete - a metà altezza	$P_{iy}(H_L/2)$	43.58 kN/m
Forza impulsiva per unità di altezza della parete - alla base	$P_{iy}(0)$	76.27 kN/m
Pressione impulsiva - sul pelo libero	$p_{iy}(H_L)$	<b>2.18 kN/m<sup>2</sup></b>
Pressione impulsiva - a metà altezza	$p_{iy}(H_L/2)$	8.72 kN/m <sup>2</sup>
Pressione impulsiva - alla base	$p_{iy}(0)$	<b>15.25 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Componente convettiva</b>		
Forza convettiva per unità di altezza della parete - sul pelo libero	$P_{cy}(H_L)$	15.68 kN/m
Forza convettiva per unità di altezza della parete - a metà altezza	$P_{cy}(H_L/2)$	11.66 kN/m
Forza convettiva per unità di altezza della parete - alla base	$P_{cy}(0)$	7.64 kN/m
Pressione convettiva - sul pelo libero	$p_{cy}(H_L)$	<b>3.14 kN/m<sup>2</sup></b>
Pressione convettiva - a metà altezza	$p_{cy}(H_L/2)$	2.33 kN/m <sup>2</sup>
Pressione convettiva - alla base	$p_{cy}(0)$	<b>1.53 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Incremento pressione idrostatica per sisma verticale</b>		
Rapporto tra accelerazione sismica verticale ed orizzontale	$b$	0.40
Accelerazione spettrale efficace	$u_v$	0.155 g
Incremento pressione idrostatica alla base	$p_{vy}$	<b>3.10 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Pressioni idrodinamiche sulla base</b>		
<i>Si assume una distribuzione delle pressioni di tipo rettangolare (uniforme) in luogo di quella parabolica</i>		
<b>Componente impulsiva</b>		
Momento sulla base - componente impulsiva	$M_{bi}$	213.2 kNm
Braccio della coppia	$d_x$	2.50 m
Pressione impulsiva sulla base	$p_{bi}$	<b>6.82 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Componente convettiva</b>		
Momento sulla base - componente convettiva	$M_{bc}$	45.8 kNm
Braccio della coppia	$d_x$	2.50 m
Pressione convettiva sulla base	$p_{bc}$	<b>1.46 kN/m<sup>2</sup></b>



## 7 CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI

### 7.1 CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

<b>PERM</b>	Carichi permanenti (pavimentazione + rinterro)
<b>Q1k-M</b>	Carico accid. Q1k sul solettone di copertura (disposizione per Mmax)
<b>Q1k-T</b>	Carico accid. Q1k sul solettone di copertura (disposizione per Vmax)
<b>Q2</b>	Carico acc. q1k sul solettone di copertura (disposizione per Vmax)
<b>Q3</b>	Frenamento
<b>SPTSX</b>	Spinta del terreno sulla parete SX
<b>SPTDX</b>	Spinta del terreno sulla parete DX
<b>SPACCSX</b>	Spinta del carico accid. sulla parete SX
<b>SPACCDX</b>	Spinta del carico accid. sulla parete DX
<b>TERM</b>	Variazione termica uniforme e a farfalla sul solettone sup.
<b>RITIRO</b>	Variazione termica equivalente al ritiro sul solettone sup.
<b>SISMAH</b>	Azione sismica (forze d'inerzia)
<b>SPSDX</b>	Incremento sismico della spinta del terreno sulla parete DX
<b>SPISX</b>	Spinta idrostatica sulla parete SX
<b>SPIDX</b>	Spinta idrostatica sulla parete DX
<b>SPSI</b>	Sovraspinta sismica idrodinamica

### 7.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le condizioni di carico di cui al paragrafo precedente sono state combinate secondo quanto indicato dalle norme tecniche sulle costruzioni NTC18:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidezza.

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si considerano le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV delle NTC.

La Tab. 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

I valori dei coefficienti  $\psi$  per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI.

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m <sup>2</sup>
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(\*) Ponti pedonali  
(\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
(\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni 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, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}$ , $\gamma_{e3}$ , $\gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combi- nazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequent)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 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
	4 (folla)	–	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Si riportano a seguire le combinazioni di carico utilizzate ai fini del calcolo della struttura in oggetto.

• Analisi con spinta del terreno

Gruppo	N	PERM	Q1k-M	Q1k-T	Q2	Q3	SPTSX	SPTDX	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RITIRO	SISMAH	SPSDX	
S 1-	11M 01	01S1-11M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0
S 1-	11T 02	02S1-11T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0
S 1-	12M 03	03S1-12M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0	0	0
S 1-	12T 04	04S1-12T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0	0	0
S 1-	13M 05	05S1-13M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.35	0	1.35	0.9	0	0	0
S 1-	13T 06	06S1-13T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.35	0	1.35	0.9	0	0	0
S 1-	14- 07	07S1-14-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0	0	0
S 1-	15- 08	08S1-15-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	1.35	0.9	0	0	0
S 1-	21M 09	09S1-21M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0
S 1-	21T 10	10S1-21T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0
S 1-	22M 11	11S1-22M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0	0
S 1-	22T 12	12S1-22T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0	0
S 1-	23M 13	13S1-23M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.35	0	1.35	-0.9	1.2	0	0
S 1-	23T 14	14S1-23T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.35	0	1.35	-0.9	1.2	0	0
S 1-	24- 15	15S1-24-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0	0

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO-FANO – Tratto Selici Lama (E45) - S. Stefano di Gaifa  
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2) e del tratto Guinza-Mercatello Ovest (Lotto 3) – 1° Stralcio  
PROGETTO DEFINITIVO

Vasca di sicurezza Galleria Guinza – Relazione tecnica e di calcolo

S	1-	25-	16	16S1-25-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	1.35	-0.9	1.2	0	0
S	1T	11M	17	17S1T11M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	11T	18	18S1T11T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	12M	19	19S1T12M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	0.54	0.54	1.5	0	0	0
S	1T	12T	20	20S1T12T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	0.54	0.54	1.5	0	0	0
S	1T	13M	21	21S1T13M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	0.54	1.5	0	0	0
S	1T	13T	22	22S1T13T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	0.54	1.5	0	0	0
S	1T	14-	23	23S1T14-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	0.54	0.54	1.5	0	0	0
S	1T	15-	24	24S1T15-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	0.54	1.5	0	0	0
S	1T	21M	25	25S1T21M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	21T	26	26S1T21T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	22M	27	27S1T22M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	0.54	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	1T	22T	28	28S1T22T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	0.54	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	1T	23M	29	29S1T23M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	1T	23T	30	30S1T23T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	1T	24-	31	31S1T24-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	0.54	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	1T	25-	32	32S1T25-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	2-	11M	33	33S2-11M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0
S	2-	11T	34	34S2-11T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0
S	2-	12M	35	35S2-12M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.35	1.35	0.54	0.54	0.9	0	0	0
S	2-	12T	36	36S2-12T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	0.54	0.54	0.9	0	0	0
S	2-	13M	37	37S2-13M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.35	0	0.54	0.9	0	0	0
S	2-	13T	38	38S2-13T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0	0.54	0.9	0	0	0
S	2-	21M	39	39S2-21M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	2-	21T	40	40S2-21T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	2-	22M	41	41S2-22M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.35	1.35	0.54	0.54	-0.9	1.2	0	0
S	2-	22T	42	42S2-22T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	0.54	0.54	-0.9	1.2	0	0
S	2-	23M	43	43S2-23M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.35	0	0.54	-0.9	1.2	0	0
S	2-	23T	44	44S2-23T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0	0.54	-0.9	1.2	0	0
S	2T	11M	45	45S2T11M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0
S	2T	11T	46	46S2T11T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0
S	2T	12M	47	47S2T12M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	0.54	0.54	1.5	0	0	0
S	2T	12T	48	48S2T12T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	0.54	0.54	1.5	0	0	0
S	2T	13M	49	49S2T13M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	0.54	1.5	0	0	0
S	2T	13T	50	50S2T13T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	0.54	1.5	0	0	0
S	2T	21M	51	51S2T21M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	2T	21T	52	52S2T21T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	2T	22M	53	53S2T22M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	0.54	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	2T	22T	54	54S2T22T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	0.54	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	2T	23M	55	55S2T23M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	0.54	-1.5	1.2	0	0

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO-FANO – Tratto Selici Lama (E45) - S. Stefano di Gaifa  
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2) e del tratto Guinza-Mercatello Ovest (Lotto 3) – 1° Stralcio  
PROGETTO DEFINITIVO

Vasca di sicurezza Galleria Guinza – Relazione tecnica e di calcolo

S	2T	23T	56	56S2T23T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	0.54	-1.5	1.2	0	0
S	ED	1-	57	57SED1-	1	0.2	0	0.2	0	0.7	1	0	0	0.5	0	1	1
S	ED	2-	58	58SED2-	1	0.2	0	0.2	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	1	1
Q	1-	11-	59	59Q1-11-	1	0	0	0	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
Q	1-	12-	60	60Q1-12-	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0	0
Q	1-	13-	61	61Q1-13-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0	0.5	0	0	0
Q	1-	21-	62	62Q1-21-	1	0	0	0	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
Q	1-	22-	63	63Q1-22-	1	0	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0	0
Q	1-	23-	64	64Q1-23-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	11M	65	65F1-11M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	11T	66	66F1-11T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	12M	67	67F1-12M	1	0.75	0	0.4	0	1	1	0.4	0.4	0.5	0	0	0
F	1-	12T	68	68F1-12T	1	0	0.75	0.4	0	1	1	0.4	0.4	0.5	0	0	0
F	1-	13M	69	69F1-13M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	1	0	0.4	0.5	0	0	0
F	1-	13T	70	70F1-13T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	1	0	0.4	0.5	0	0	0
F	1-	14-	71	71F1-14-	1	0	0	0	0	1	1	0.4	0.4	0.5	0	0	0
F	1-	15-	72	72F1-15-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0.4	0.5	0	0	0
F	1-	21M	73	73F1-21M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	21T	74	74F1-21T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	22M	75	75F1-22M	1	0.75	0	0.4	0	1	1	0.4	0.4	-0.5	1	0	0
F	1-	22T	76	76F1-22T	1	0	0.75	0.4	0	1	1	0.4	0.4	-0.5	1	0	0
F	1-	23M	77	77F1-23M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	1	0	0.4	-0.5	1	0	0
F	1-	23T	78	78F1-23T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	1	0	0.4	-0.5	1	0	0
F	1-	24-	79	79F1-24-	1	0	0	0	0	1	1	0.4	0.4	-0.5	1	0	0
F	1-	25-	80	80F1-25-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0.4	-0.5	1	0	0

• *Analisi con spinta dell'acqua*

Gruppo	N	PERM	Q1k-M	Q1k-T	Q2	Q3	SPIX	SPIDX	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RIIRO	SISMAH	SPSI			
S	1-	11M	01	01S1-11M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0
S	1-	11T	02	02S1-11T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0
S	1-	12M	03	03S1-12M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.35	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	1-	12T	04	04S1-12T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.35	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	1-	13M	05	05S1-13M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	1-	13T	06	06S1-13T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	1-	14-	07	07S1-14-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	1-	15-	08	08S1-15-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	1-	21M	09	09S1-21M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	1-	21T	10	10S1-21T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	1-	22M	11	11S1-22M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO-FANO – Tratto Selici Lama (E45) - S. Stefano di Gaifa  
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2) e del tratto Guinza-Mercatello Ovest (Lotto 3) – 1° Stralcio  
PROGETTO DEFINITIVO

Vasca di sicurezza Galleria Guinza – Relazione tecnica e di calcolo

S	1-	22T	12	12S1-22T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	1-	23M	13	13S1-23M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	1-	23T	14	14S1-23T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	1-	24-	15	15S1-24-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	1-	25-	16	16S1-25-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	1T	11M	17	17S1T11M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	11T	18	18S1T11T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	12M	19	19S1T12M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	12T	20	20S1T12T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	13M	21	21S1T13M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	13T	22	22S1T13T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	14-	23	23S1T14-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	15-	24	24S1T15-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	1T	21M	25	25S1T21M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	21T	26	26S1T21T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	22M	27	27S1T22M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	22T	28	28S1T22T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	23M	29	29S1T23M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	23T	30	30S1T23T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	24-	31	31S1T24-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	1T	25-	32	32S1T25-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	2-	11M	33	33S2-11M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0
S	2-	11T	34	34S2-11T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0
S	2-	12M	35	35S2-12M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.35	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	2-	12T	36	36S2-12T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	2-	13M	37	37S2-13M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	2-	13T	38	38S2-13T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0	0	0.9	0	0	0
S	2-	21M	39	39S2-21M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	2-	21T	40	40S2-21T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	2-	22M	41	41S2-22M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	2-	22T	42	42S2-22T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	2-	23M	43	43S2-23M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	2-	23T	44	44S2-23T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0	0	-0.9	1.2	0	0
S	2T	11M	45	45S2T11M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0
S	2T	11T	46	46S2T11T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0
S	2T	12M	47	47S2T12M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	2T	12T	48	48S2T12T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	2T	13M	49	49S2T13M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	2T	13T	50	50S2T13T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	0	1.5	0	0	0
S	2T	21M	51	51S2T21M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO-FANO – Tratto Selici Lama (E45) - S. Stefano di Gaifa  
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2) e del tratto Guinza-Mercatello Ovest (Lotto 3) – 1° Stralcio  
PROGETTO DEFINITIVO

Vasca di sicurezza Galleria Guinza – Relazione tecnica e di calcolo

S	2T	21T	52	52S2T21T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	2T	22M	53	53S2T22M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	2T	22T	54	54S2T22T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	2T	23M	55	55S2T23M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	2T	23T	56	56S2T23T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	0	-1.5	1.2	0	0
S	ED	1-	57	57SED1-	1	0.2	0	0.2	0	0.7	1	0	0	0.5	0	1	1
S	ED	2-	58	58SED2-	1	0.2	0	0.2	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	1	1
Q	1-	11-	59	59Q1-11-	1	0	0	0	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
Q	1-	12-	60	60Q1-12-	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0	0
Q	1-	13-	61	61Q1-13-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0	0.5	0	0	0
Q	1-	21-	62	62Q1-21-	1	0	0	0	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
Q	1-	22-	63	63Q1-22-	1	0	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0	0
Q	1-	23-	64	64Q1-23-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	11M	65	65F1-11M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	11T	66	66F1-11T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	12M	67	67F1-12M	1	0.75	0	0.4	0	1	1	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	12T	68	68F1-12T	1	0	0.75	0.4	0	1	1	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	13M	69	69F1-13M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	1	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	13T	70	70F1-13T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	1	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	14-	71	71F1-14-	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	15-	72	72F1-15-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0	0.5	0	0	0
F	1-	21M	73	73F1-21M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	21T	74	74F1-21T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	22M	75	75F1-22M	1	0.75	0	0.4	0	1	1	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	22T	76	76F1-22T	1	0	0.75	0.4	0	1	1	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	23M	77	77F1-23M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	23T	78	78F1-23T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	24-	79	79F1-24-	1	0	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0	0
F	1-	25-	80	80F1-25-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	0	0

## 8 SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le schermate estratte dal modello di calcolo rappresentative delle caratteristiche di sollecitazione allo SLU sugli aste del telaio.

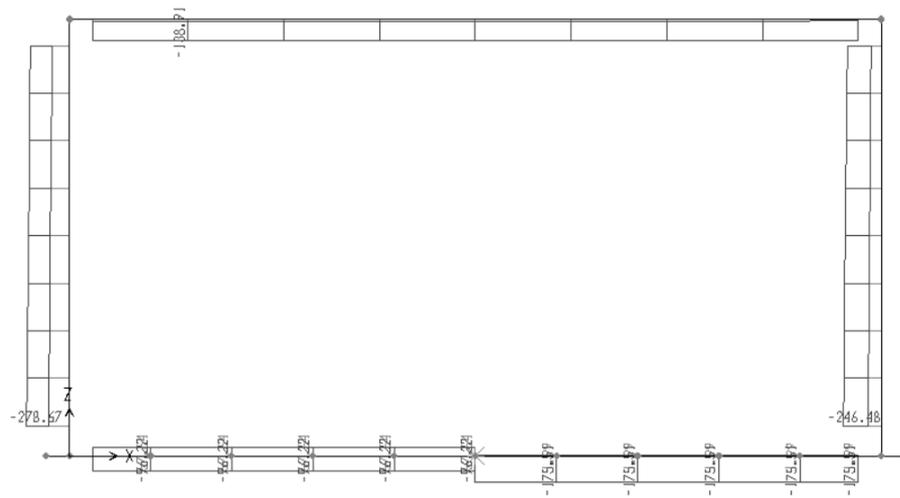


Figura 23: Sforzo normale – Involuppo SLU con spinta terreno

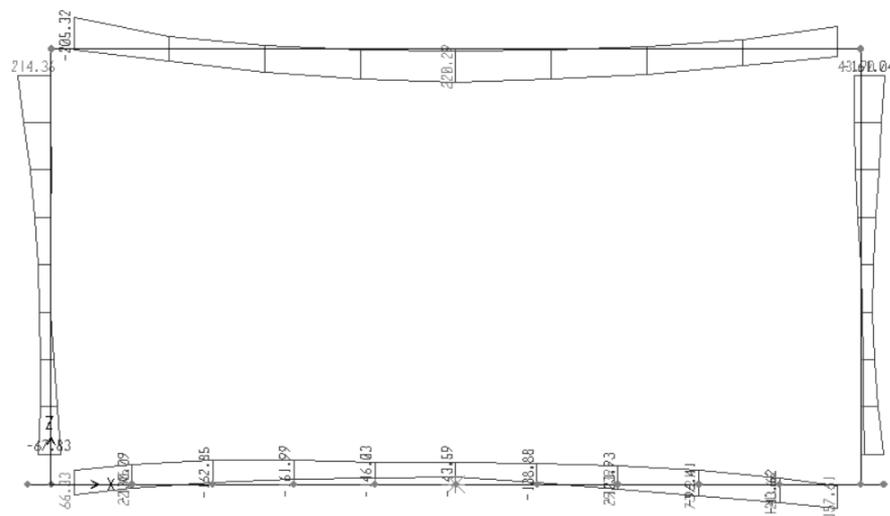


Figura 24: Momento flettente – Involuppo SLU con spinta terreno



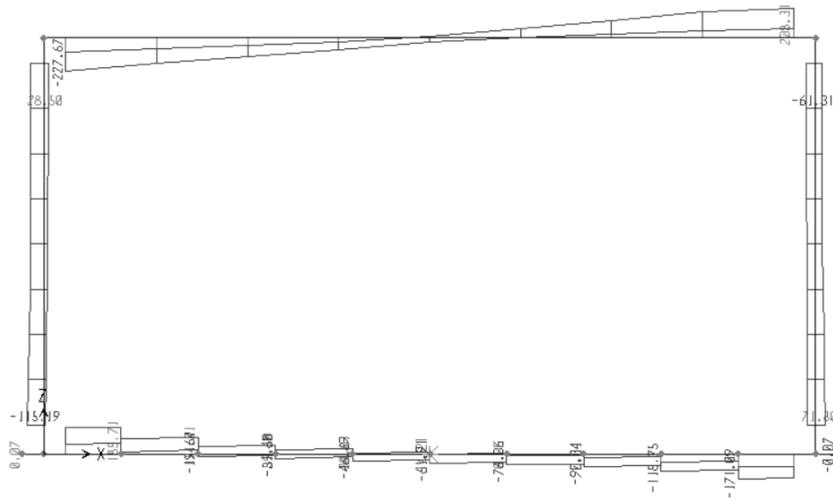
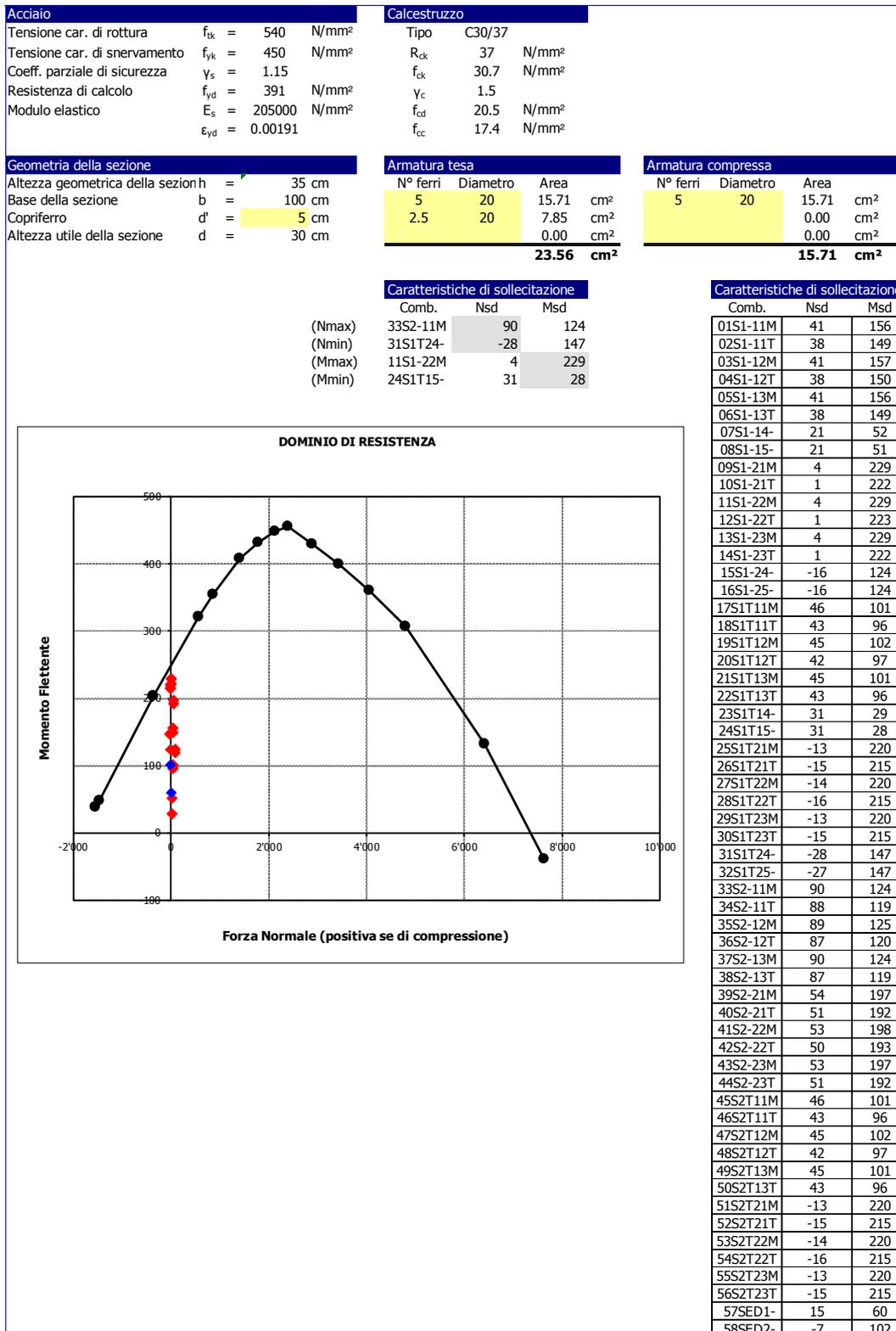


Figura 28: Taglio – Involuppo SLU con spinta terreno

## 9 VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE

### 9.1 SOLETTA SUPERIORE IN CAMPATA (cdc spinta idr.)



## 9.2 SOLETTA SUPERIORE ALL'INCASTRO (cdc spinta terr.)

Acciaio			Calcestruzzo		
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm <sup>2</sup>	Tipo	C30/37	
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm <sup>2</sup>	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$		$f_{ck}$	30.71	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_c$	1.5	
Modulo elastico	$E_s = 205000$	N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	20.5	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$		$f_{cc}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

Geometria della sezione			Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h = 35$	cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area
Base della sezione	$b = 100$	cm	5	20	15.71	5	20	15.71
Copriferro	$d' = 5$	cm	2.5	20	7.85			0.00
Altezza utile della sezione	$d = 30$	cm			0.00			0.00
					<b>23.56</b>			<b>15.71</b>
					<b>cm<sup>2</sup></b>			<b>cm<sup>2</sup></b>

	Caratteristiche di sollecitazione		
	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	35S2-12M	139	199
(Nmin)	32S1T25-	14	-4
(Mmax)	37S2-13M	131	205
(Mmin)	31S1T24-	22	-10

	Caratteristiche di sollecitazione		
	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	73	140	
02S1-11T	70	133	
03S1-12M	100	146	
04S1-12T	97	138	
05S1-13M	87	157	
06S1-13T	84	149	
07S1-14	80	88	
08S1-15-	67	99	
09S1-21M	37	67	
10S1-21T	34	60	
11S1-22M	64	73	
12S1-22T	61	65	
13S1-23M	50	84	
14S1-23T	47	76	
15S1-24-	44	15	
16S1-25-	30	26	
17S1T11M	78	145	
18S1T11T	76	140	
19S1T12M	95	149	
20S1T12T	92	144	
21S1T13M	86	155	
22S1T13T	84	150	
23S1T14-	81	109	
24S1T15-	72	115	
25S1T21M	20	27	
26S1T21T	17	21	
27S1T22M	36	30	
28S1T22T	34	25	
29S1T23M	28	37	
30S1T23T	26	31	
31S1T24-	22	-10	
32S1T25-	14	-4	
33S2-11M	122	195	
34S2-11T	120	190	
35S2-12M	139	199	
36S2-12T	137	193	
37S2-13M	131	205	
38S2-13T	128	200	
39S2-21M	86	122	
40S2-21T	84	117	
41S2-22M	102	126	
42S2-22T	100	120	
43S2-23M	94	132	
44S2-23T	92	127	
45S2T11M	78	145	
46S2T11T	76	140	
47S2T12M	95	149	
48S2T12T	92	144	
49S2T13M	86	155	
50S2T13T	84	150	
51S2T21M	20	27	
52S2T21T	17	21	
53S2T22M	36	30	
54S2T22T	34	25	
55S2T23M	28	37	
56S2T23T	26	31	
57SED1-	100	149	
58SED2-	79	107	

**DOMINIO DI RESISTENZA**

Y-asse: Momento Flettente (Nmm)

X-asse: Forza Normale (positiva se di compressione) (N)

### 9.3 PIEDRITTO ALLO SPICCATO (cdc spinta terr.)

Acciaio			Calcestruzzo		
Tensione car. di rottura	$f_{tk} =$	540 N/mm <sup>2</sup>	Tipo	C30/37	
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} =$	450 N/mm <sup>2</sup>	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	$f_{ck}$	30.71	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yd} =$	391 N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_c$	1.5	
Modulo elastico	$E_s =$	200000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	20.5	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} =$	0.00196	$f_{cc}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

Geometria della sezione			Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h =$	30 cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area
Base della sezione	$b =$	100 cm	5	20	15.71 cm <sup>2</sup>	5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
Copriferro	$d' =$	5 cm			0.00 cm <sup>2</sup>			0.00 cm <sup>2</sup>
Altezza utile della sezione	$d =$	25 cm			0.00 cm <sup>2</sup>			0.00 cm <sup>2</sup>
					<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>			<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	01S1-11M	246	47
(Nmin)	57SED1-	86	124
(Mmax)	43S2-23M	179	150
(Mmin)	23S1T14-	137	22

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
	01S1-11M	246	47
	02S1-11T	220	45
	03S1-12M	246	51
	04S1-12T	220	49
	05S1-13M	241	70
	06S1-13T	214	68
	07S1-14-	137	30
	08S1-15-	131	49
	09S1-21M	246	71
	10S1-21T	220	69
	11S1-22M	246	75
	12S1-22T	220	73
	13S1-23M	241	94
	14S1-23T	214	92
	15S1-24-	137	54
	16S1-25-	131	73
	17S1T11M	212	34
	18S1T11T	192	32
	19S1T12M	212	36
	20S1T12T	192	35
	21S1T13M	208	48
	22S1T13T	188	46
	23S1T14-	137	22
	24S1T15-	133	34
	25S1T21M	212	71
	26S1T21T	192	70
	27S1T22M	212	73
	28S1T22T	192	72
	29S1T23M	208	85
	30S1T23T	188	84
	31S1T24-	137	59
	32S1T25-	133	71
	33S2-11M	182	111
	34S2-11T	162	110
	35S2-12M	182	113
	36S2-12T	162	112
	37S2-13M	179	125
	38S2-13T	159	124
	39S2-21M	182	136
	40S2-21T	162	134
	41S2-22M	182	138
	42S2-22T	162	137
	43S2-23M	179	150
	44S2-23T	159	148
	45S2T11M	212	34
	46S2T11T	192	32
	47S2T12M	212	36
	48S2T12T	192	35
	49S2T13M	208	48
	50S2T13T	188	46
	51S2T21M	212	71
	52S2T21T	192	70
	53S2T22M	212	73
	54S2T22T	192	72
	55S2T23M	208	85
	56S2T23T	188	84
	57SED1-	86	124
	58SED2-	86	139

## 9.4 PIEDRITTO IN SOMMITA' (cdc spinta terr.)

Acciaio		Calcestruzzo	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm <sup>2</sup>	Tipo	C30/37
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm <sup>2</sup>	$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{y,d} = 391$ N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_c$	1.5
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	20.5 N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{y,d} = 0.00191$	$f_{cc}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>

Geometria della sezione		Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h = 30$ cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area
Base della sezione	$b = 100$ cm	5	20	15.71 cm <sup>2</sup>	5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
Copriferro	$d' = 5$ cm	2.5	20	7.85 cm <sup>2</sup>			0.00 cm <sup>2</sup>
Altezza utile della sezione	$d = 25$ cm			0.00 cm <sup>2</sup>			0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>23.56 cm<sup>2</sup></b>			<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>		

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	06S1-13T	253	171
(Nmin)	07S1-14-	111	90
(Mmax)	37S2-13M	219	214
(Mmin)	31S1T24-	111	2

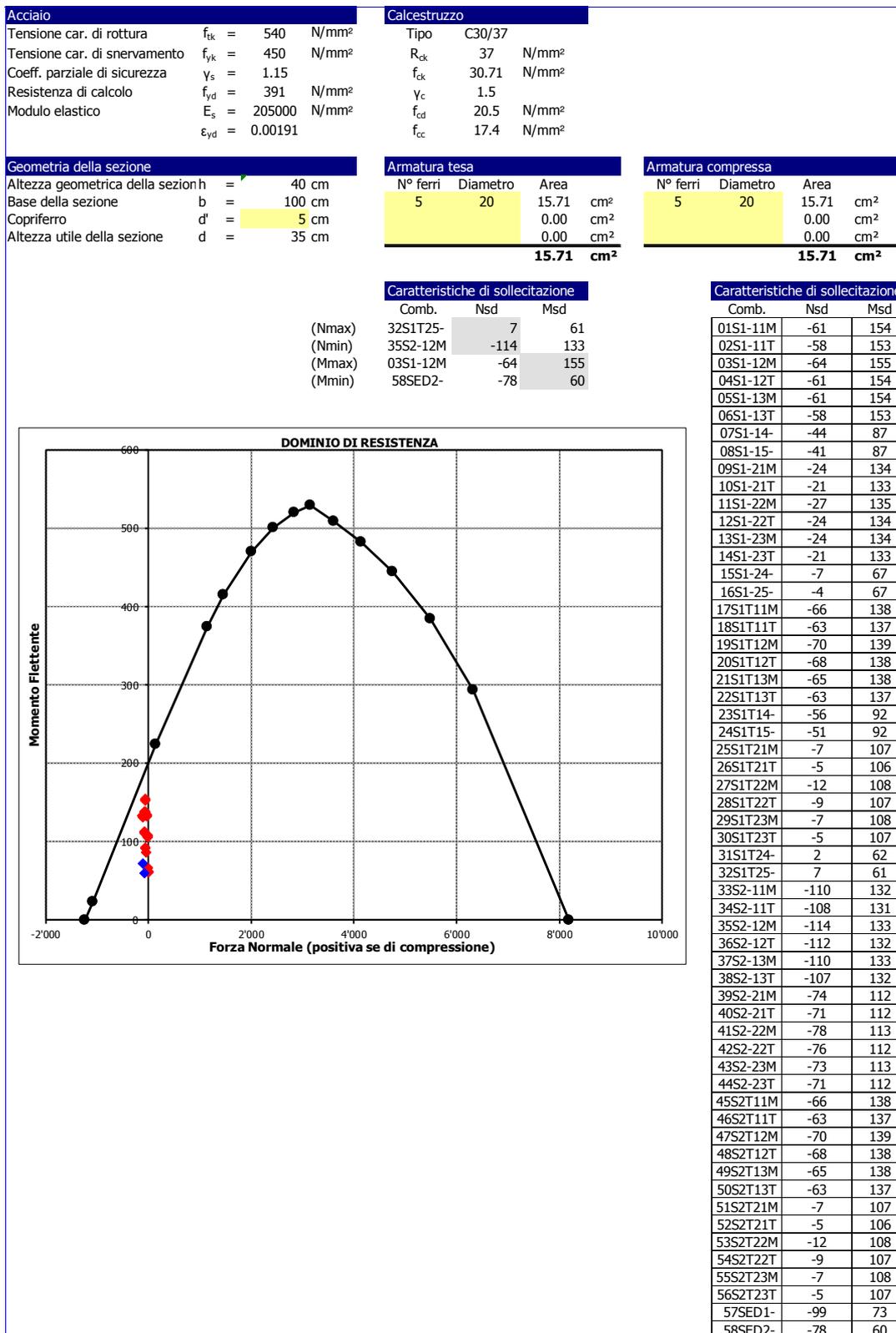
Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
	01S1-11M	221	159
	02S1-11T	248	156
	03S1-12M	221	161
	04S1-12T	248	158
	05S1-13M	227	174
	06S1-13T	253	171
	07S1-14-	111	90
	08S1-15-	117	104
	09S1-21M	221	93
	10S1-21T	248	89
	11S1-22M	221	94
	12S1-22T	248	91
	13S1-23M	227	108
	14S1-23T	253	105
	15S1-24-	111	24
	16S1-25-	117	37
	17S1T11M	186	159
	18S1T11T	206	156
	19S1T12M	186	160
	20S1T12T	206	157
	21S1T13M	190	168
	22S1T13T	210	165
	23S1T14-	111	111
	24S1T15-	115	119
	25S1T21M	186	50
	26S1T21T	206	48
	27S1T22M	186	51
	28S1T22T	206	49
	29S1T23M	190	59
	30S1T23T	210	57
	31S1T24-	111	2
	32S1T25-	115	10
	33S2-11M	216	205
	34S2-11T	236	203
	35S2-12M	216	206
	36S2-12T	236	204
	37S2-13M	219	214
	38S2-13T	239	212
	39S2-21M	216	139
	40S2-21T	236	136
	41S2-22M	216	140
	42S2-22T	236	137
	43S2-23M	219	148
	44S2-23T	239	145
	45S2T11M	186	159
	46S2T11T	206	156
	47S2T12M	186	160
	48S2T12T	206	157
	49S2T13M	190	168
	50S2T13T	210	165
	51S2T21M	186	50
	52S2T21T	206	48
	53S2T22M	186	51
	54S2T22T	206	49
	55S2T23M	190	59
	56S2T23T	210	57
	57SED1-	131	150
	58SED2-	131	112

**DOMINIO DI RESISTENZA**

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	221	159
02S1-11T	248	156
03S1-12M	221	161
04S1-12T	248	158
05S1-13M	227	174
06S1-13T	253	171
07S1-14-	111	90
08S1-15-	117	104
09S1-21M	221	93
10S1-21T	248	89
11S1-22M	221	94
12S1-22T	248	91
13S1-23M	227	108
14S1-23T	253	105
15S1-24-	111	24
16S1-25-	117	37
17S1T11M	186	159
18S1T11T	206	156
19S1T12M	186	160
20S1T12T	206	157
21S1T13M	190	168
22S1T13T	210	165
23S1T14-	111	111
24S1T15-	115	119
25S1T21M	186	50
26S1T21T	206	48
27S1T22M	186	51
28S1T22T	206	49
29S1T23M	190	59
30S1T23T	210	57
31S1T24-	111	2
32S1T25-	115	10
33S2-11M	216	205
34S2-11T	236	203
35S2-12M	216	206
36S2-12T	236	204
37S2-13M	219	214
38S2-13T	239	212
39S2-21M	216	139
40S2-21T	236	136
41S2-22M	216	140
42S2-22T	236	137
43S2-23M	219	148
44S2-23T	239	145
45S2T11M	186	159
46S2T11T	206	156
47S2T12M	186	160
48S2T12T	206	157
49S2T13M	190	168
50S2T13T	210	165
51S2T21M	186	50
52S2T21T	206	48
53S2T22M	186	51
54S2T22T	206	49
55S2T23M	190	59
56S2T23T	210	57
57SED1-	131	150
58SED2-	131	112

## 9.5 SOLETTA INFERIORE IN CAMPATA (cdc spinta idr.)



## 9.6 SOLETTA INFERIORE ALL'INCASTRO (cdc spinta terr.)

Acciaio			Calcestruzzo		
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm <sup>2</sup>	Tipo	C30/37	
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm <sup>2</sup>	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$		$f_{ck}$	30.71	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm <sup>2</sup>	$\gamma_c$	1.5	
Modulo elastico	$E_s = 205000$	N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	20.5	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$		$f_{cc}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

Geometria della sezione			Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h = 40$	cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area
Base della sezione	$b = 100$	cm	5	20	15.71	5	20	15.71
Copriferro	$d' = 5$	cm			0.00			0.00
Altezza utile della sezione	$d = 35$	cm			0.00			0.00
					<b>15.71</b>			<b>15.71</b>
					<b>cm<sup>2</sup></b>			<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	58SED2-	176	158
(Nmin)	17S1T11M	-2	10
(Mmax)	58SED2-	176	158
(Mmin)	17S1T11M	-2	10

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
	01S1-11M	3	21
	02S1-11T	6	21
	03S1-12M	40	30
	04S1-12T	43	31
	05S1-13M	53	52
	06S1-13T	56	53
	07S1-14-	60	24
	08S1-15-	73	46
	09S1-21M	39	52
	10S1-21T	42	53
	11S1-22M	76	61
	12S1-22T	79	62
	13S1-23M	90	83
	14S1-23T	93	84
	15S1-24-	96	56
	16S1-25-	110	77
	17S1T11M	-2	10
	18S1T11T	0	11
	19S1T12M	23	16
	20S1T12T	25	17
	21S1T13M	31	29
	22S1T13T	34	30
	23S1T14-	37	13
	24S1T15-	45	26
	25S1T21M	56	58
	26S1T21T	59	59
	27S1T22M	81	64
	28S1T22T	84	65
	29S1T23M	90	77
	30S1T23T	92	78
	31S1T24-	95	61
	32S1T25-	104	74
	33S2-11M	64	100
	34S2-11T	67	101
	35S2-12M	89	106
	36S2-12T	92	107
	37S2-13M	98	119
	38S2-13T	100	120
	39S2-21M	101	131
	40S2-21T	103	132
	41S2-22M	126	137
	42S2-22T	128	138
	43S2-23M	134	151
	44S2-23T	136	151
	45S2T11M	-2	10
	46S2T11T	0	11
	47S2T12M	23	16
	48S2T12T	25	17
	49S2T13M	31	29
	50S2T13T	34	30
	51S2T21M	56	58
	52S2T21T	59	59
	53S2T22M	81	64
	54S2T22T	84	65
	55S2T23M	90	77
	56S2T23T	92	78
	57SED1-	154	139
	58SED2-	176	158

## 10 VERIFICHE A TAGLIO

Si prevedono legature  $\Phi 14$  passo 40x40 cm per la soletta superiore e  $\Phi 12$  passo 40x40 cm per i piedritti e la soletta inferiore, quale armatura trasversale a taglio.

### Calcestruzzo

Tipo	C30/37	
$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.7	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

### Acciaio

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

### Sollecitazioni

		Soletta sup	Soletta inf	Piedritto sx	Piedritto dx
$V_{Ed}$	kN	233	190	132	154
$N_{Ed}$	kN	0	0	0	0

### Armatura a taglio

		Soletta sup	Soletta inf	Piedritto sx	Piedritto dx
Diametro	mm	14	12	12	12
Numero barre		2.5	2.5	2.5	2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	3.85	2.83	2.83	2.83
Passo s	cm	40	40	40	40
Angolo $\alpha$	°	90	90	90	90

### Armatura longitudinale

$n_1$		-	-	-	-
$\varnothing_1$	mm	-	-	-	-
$n_2$		-	-	-	-
$\varnothing_2$	mm	-	-	-	-
Asl	cm <sup>2</sup>	-	-	-	-

### Sezione

$b_w$	cm	100	100	100	100
H	cm	35	40	30	30
c	cm	5	5	5	5
d	cm	30	35	25	25
k	N/mm <sup>2</sup>	1.82	1.76	1.89	1.89
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.47	0.45	0.51	0.51
$\rho$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00
$\alpha_c$		1.00	1.00	1.00	1.00

### Resistenza senza armatura a taglio

$V_{Rd}$	kN	142	158	126	126
----------	----	-----	-----	-----	-----

### Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8	21.8	21.8	21.8
$V_{RSd}$	kN	254	218	156	156
$V_{RCd}$	kN	810	945	675	675
$V_{Rd}$	kN	254	218	156	156

## 11 VERIFICHE DI FESSURAZIONE

La verifica a fessurazione è condotta in combinazione frequente assumendo il limite di apertura delle fessure previsto dalle NTC per condizioni ambientali aggressive, ovvero  $w_2 = 0.30$  mm.

In accordo a quanto previsto dalla EN 1992-3:2006 par. 7.3.1 e dalla EN 1998-4:2006 par. 4.5.1.1, le pareti della vasca sono inoltre verificate in comb. quasi permanente assumendo una Classe di Tenuta 1, ovvero limitando l'apertura delle fessure a  $w_{k1}$ , di seguito calcolato:

### Limite ampiezza di fessurazione - Eurocodice 2

Altezza del liquido	$h_D$	200	cm
Spessore della parete	$h$	30	cm
Rapporto pressione idrostatica/spessore parete	$h_D/h$	6.67	
Ampiezza massima fessure - Classe Tenuta 1	$w_{k1}$	<b>0.19</b>	mm

Tale limite risulta quindi inferiore a quello imposto dalle NTC, ovvero  $w_1 = 0.20$  mm.

### 11.1 SOLETTA SUPERIORE IN CAMPATA (cdc spinta idr.)

- *Comb. frequente*

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	140.4	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

#### Materiali

Res. caratteristica cubica cls	$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica cilindrica cls	$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.8	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	15	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	35	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5	Ø 20	$c_{s1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>		Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>		Ø	$c_2 =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	23.56	cm <sup>2</sup>	7.5	Ø 20	$c_{i1} = 5$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	8.2	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	227.4	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	10.6	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4050	cm <sup>2</sup>	

Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	449331	cm <sup>4</sup>
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	180102	cm <sup>4</sup>

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	51	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	$k_t$	0.4		
Altezza efficace	$d_{eff}$	8.1	cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	814.972	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_s$	23.6	cm <sup>2</sup>	
	$\rho\rho_{eff}$	0.02891		
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	$E_{cm}$	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	$\alpha_E$	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.00086		
	$k_1$	0.8		
	$k_2$	0.5		
	$k_3$	3.4		
	$k_4$	0.425		
Copriferro netto	$c'$	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	$\varnothing_{eq}$	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	25.4	cm	
Ampiezza delle fessure	$w_d = w_k$	0.22	mm	

Valore limite di apertura delle fessure  $w_2=0.3$  mm

- Comb. quasi perm.

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	86.3	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

### Materiali

Res. caratteristica cubica cls	$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica cilindrica cls	$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.8	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	35	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	$A_{s1}'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5	Ø 20	$c_{s1} =$	5 cm
Armatura compressa (2° strato)	$A_{s2}'$	0.00	cm <sup>2</sup>		Ø	$c_{s2} =$	cm
Armatura tesa (2° strato)	$A_{s2}$	0.00	cm <sup>2</sup>		Ø	$c_{i2} =$	cm
Armatura tesa (1° strato)	$A_{s1}$	23.56	cm <sup>2</sup>	7.5	Ø 20	$c_{i1} =$	5 cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.1</b>	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>139.8</b>	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	10.6	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4050	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	449331	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	180102	cm <sup>4</sup>	

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	M <sub>fess*</sub>	51	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	8.1	cm	
Area efficace	A <sub>c,eff</sub>	814.972	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	A <sub>s</sub>	23.6	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_{p,eff}$	0.02891		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	$\alpha_E$	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.00044		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	$\varnothing_{eq}$	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	25.4	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	<b>0.11</b>	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>1</sub>=0.19 mm

## 11.2 SOLETTA SUPERIORE ALL'INCASTRO (cdc spinta terr.)

- Comb. frequente

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	92.2	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	35	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	23.56	cm <sup>2</sup>

5	∅	20	c <sub>s1</sub> =	5	cm
			c <sub>s2</sub> =		cm
			c <sub>2</sub> =		cm
7.5	∅	20	c <sub>1</sub> =	5	cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	5.4	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	149.3	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	10.6	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4050	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	449331	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	180102	cm <sup>4</sup>		

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess*</sub>	51	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	8.1	cm	
Area efficace	AC <sub>eff</sub>	814.972	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	23.6	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.02891		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00049		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	∅ <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	25.4	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	0.12	mm	
Valore limite di apertura delle fessure	w <sub>2</sub>	0.3	mm	

• *Comb. quasi perm.*

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	59.1	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	35	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅	20	c <sub>s1</sub> = 5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		∅		c <sub>s2</sub> = cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		∅		c <sub>i2</sub> = cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	23.56	cm <sup>2</sup>	7.5	∅	20	c <sub>i1</sub> = 5 cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	95.7	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	10.6	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4050	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	449331	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	180102	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess*</sub>	51	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	8.1	cm	
Area efficace	A <sub>Ceff</sub>	814.972	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	23.6	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.02891		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00027		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	∅ <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	25.4	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	0.07	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>1</sub>=0.19 mm

### 11.3 PIEDRITTO ALLO SPICCATO (cdc spinta terr.)

- *Comb. frequente*

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	57.7	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅	20	Cs <sub>1</sub> = 5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		∅		Cs <sub>2</sub> = cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		∅		C <sub>2</sub> = cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅	20	C <sub>1</sub> = 5 cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	5.3	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	167.8	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	8.1	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	3440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	272124	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	87273.6	cm <sup>4</sup>	

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess*</sub>	36	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	7.3	cm	
Area efficace	AC <sub>eff</sub>	730.754	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	15.7	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.0215		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00051		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	∅ <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	29.4	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	0.15	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>2</sub>=0.3 mm

- *Comb. quasi perm.*

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	43	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅	20	c <sub>s1</sub> = 5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		∅		c <sub>s2</sub> = cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		∅		c <sub>i2</sub> = cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅	20	c <sub>i1</sub> = 5 cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	4.0	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	125.1	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	8.1	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	3440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	272124	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	87273.6	cm <sup>4</sup>	

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess*</sub>	36	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	7.3	cm	
Area efficace	A <sub>Ceff</sub>	730.754	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	15.7	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.0215		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00036		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	∅ <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	29.4	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	0.11	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>1</sub>=0.19 mm

## 11.4 PIEDRITTO IN SOMMITA' (cdc spinta terr.)

- *Comb. frequente*

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	103.5	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	Ø 20	C <sub>s1</sub> =	5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		Ø	C <sub>s2</sub> =	cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		Ø	C <sub>i2</sub> =	cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	23.56	cm <sup>2</sup>	7.5	Ø 20	C <sub>i1</sub> =	5 cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	8.3	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	204.3	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	9.4	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	3550	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	283905	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	118256	cm <sup>4</sup>	

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fress*</sub>	38	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	6.9	cm	
Area efficace	A <sub>Ceff</sub>	685.387	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	23.6	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.03438		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00078		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	Ø <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	23.5	cm	
Ampiezza delle fessure	w <sub>d</sub> = w <sub>k</sub>	0.18	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>2</sub>=0.3 mm

- *Comb. quasi perm.*

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	64.2	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	30	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅ 20	c <sub>s1</sub> =	5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		∅	c <sub>s2</sub> =	cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		∅	c <sub>i2</sub> =	cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	23.56	cm <sup>2</sup>	7.5	∅ 20	c <sub>i1</sub> =	5 cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	5.1	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	126.7	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	9.4	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	3550	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	283905	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	118256	cm <sup>4</sup>	

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess</sub> *	38	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	6.9	cm	
Area efficace	A <sub>Ceff</sub>	685.387	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	23.6	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.03438		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00041		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	∅ <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	23.5	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	0.10	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>1</sub>=0.19 mm

## 11.5 SOLETTA INFERIORE IN CAMPATA (cdc spinta idr.)

- *Comb. frequente*

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	97.3	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	40	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅ 20	C <sub>s1</sub> =	5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		∅	C <sub>s2</sub> =	cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		∅	C <sub>t2</sub> =	cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅ 20	C <sub>t1</sub> =	5 cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	5.1	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	197.3	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	9.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	639362	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	186429	cm <sup>4</sup>	

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fress*</sub>	63	kN m	La sezione è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	10.1	cm	
Area efficace	A <sub>Ceff</sub>	1006.56	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	15.7	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.01561		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00056		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	∅ <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	35.4	cm	
Ampiezza delle fessure	w <sub>d</sub> = w <sub>k</sub>	0.20	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>2</sub>=0.3 mm

• *Comb. quasi perm.*

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	63	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	40	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅ 20	c <sub>s1</sub> =	5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		∅	c <sub>s2</sub> =	cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		∅	c <sub>i2</sub> =	cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅ 20	c <sub>i1</sub> =	5 cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	3.3	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	127.7	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	9.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	639362	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	186429	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess*</sub>	63	kN m	La sezione non è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	10.1	cm	
Area efficace	A <sub>Ceff</sub>	1006.56	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	15.7	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.01561		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	σ <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00036		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	∅ <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	35.4	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	-	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>l</sub>=0.19 mm

## 11.6 SOLETTA INFERIORE ALL'INCASTRO (cdc spinta terr.)

- *Comb. frequente*

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	50.7	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	40	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	Ø 20	C <sub>s1</sub> =	5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		Ø	C <sub>s2</sub> =	cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		Ø	C <sub>i2</sub> =	cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	15.71	cm <sup>2</sup>	5	Ø 20	C <sub>i1</sub> =	5 cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	2.7	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	102.8	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	9.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	639362	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	186429	cm <sup>4</sup>	

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess</sub> *	63	kN m	La sezione non è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	10.1	cm	
Area efficace	AC <sub>eff</sub>	1006.56	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	15.7	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.01561		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	α <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00029		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diametro equivalente delle barre	Ø <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	s <sub>r,max</sub>	35.4	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	-	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>2</sub>=0.3 mm

• *Comb. quasi perm.*

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	41.7	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	40	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	As <sub>1</sub> '	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅ 20	c <sub>s1</sub> =	5 cm
Armatura compressa (2° strato)	As <sub>2</sub> '	0.00	cm <sup>2</sup>		∅	c <sub>s2</sub> =	cm
Armatura tesa (2° strato)	As <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup>		∅	c <sub>i2</sub> =	cm
Armatura tesa (1° strato)	As <sub>1</sub>	15.71	cm <sup>2</sup>	5	∅ 20	c <sub>i1</sub> =	5 cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	σ <sub>c</sub>	2.2	N/mm <sup>2</sup>
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ <sub>s</sub>	84.5	N/mm <sup>2</sup>

Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	9.8	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A <sub>id</sub>	4440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J <sub>id</sub>	639362	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J <sub>id*</sub>	186429	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione (f <sub>ctk</sub> )	M <sub>fess*</sub>	63	kN m	La sezione non è fessurata
Fattore che tiene conto della durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4		
Altezza efficace	d <sub>eff</sub>	10.1	cm	
Area efficace	A <sub>Ceff</sub>	1006.56	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	As	15.7	cm <sup>2</sup>	
	ρ <sub>p,eff</sub>	0.01561		
Resistenza cilindrica media	f <sub>cm</sub>	37.1	N/mm <sup>2</sup>	
Modulo elastico del cls	E <sub>cm</sub>	32'588	N/mm <sup>2</sup>	
	σ <sub>E</sub>	6.4		
Deform. media dell'arm. - quella del cls	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.00024		
	k <sub>1</sub>	0.8		
	k <sub>2</sub>	0.5		
	k <sub>3</sub>	3.4		
	k <sub>4</sub>	0.425		
Copriferro netto	c'	4.0	cm	
Diámetro equivalente delle barre	∅ <sub>eq</sub>	20.0	mm	
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	35.4	cm	
Ampiezza delle fessure	wd = wk	-	mm	

Valore limite di apertura delle fessure w<sub>l</sub>=0.19 mm

## 12 VERIFICA PRESSIONI SUL TERRENO

In base alle analisi strutturali, adottando come carico di verifica  $N$  quello massimo agente localmente in combinazione SLU lungo lo sviluppo della platea di fondazione, risulta una pressione di contatto massima  $E_d$  (a ml di fondazione):

$$\begin{aligned} N &= 176 \text{ kN}; \\ B &= 5.6 \text{ m}; \\ E_d &= 32 \text{ kN/m}. \end{aligned}$$

Riguardo alla problematica del carico limite, in considerazione delle ridotte azioni strutturali di progetto  $E_d$ , del notevole affondamento della fondazione in relazione all'entità dei carichi e alla presenza sul piano di fondazione del substrato roccioso marnoso-arenaceo, si è ritenuto di non procedere con la verifica di portanza dal punto di vista analitico, in quanto certamente soddisfatta con ampi margini di sicurezza.

In particolare, in relazione all'affondamento, la presenza del terreno disposto lateralmente alla fondazione induce un carico stabilizzante favorevole, che contrasta eventuali superfici di rottura che dal piano di fondazione della vasca si sviluppano lateralmente, determinando elevati margini di sicurezza nei confronti del collasso.

Per quanto concerne la presenza del substrato roccioso marnoso-arenaceo, si segnala che la verifica di portanza non costituisce mai una verifica dimensionante in presenza di terreni rocciosi, traducendosi in rapporti molto elevati fra carico ultimo e massima pressione al suolo.

Riguardo la tematica dei cedimenti, anche facendo cautelativamente riferimento sempre all'entità del carico di progetto  $E_d$  in combinazione SLU (relativamente ai cedimenti, i carichi di verifica dovrebbero riferirsi alle combinazioni SLE), la pressione geostatica esistente  $\gamma \cdot D$  (a ml di fondazione,  $D$  affondamento del p.p.) connessa con lo sbancamento risulta:

$$\gamma \times D = 21 \text{ kN/m}^3 \times 4.0 \text{ m} / \text{ml} = 84 \text{ kN/ml},$$

in eccesso rispetto alle azioni strutturali  $E_d$ .

La fondazione, dunque, risulta integralmente compensata ed i cedimenti nulli.