



# ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

## PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

### Bolognetta S.c.p.a.

## - PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:  
Dott. Maurizio D'angelo



Titolo elaborato:

**MODIFICA TECNICA 258**  
**OPERE D'ARTE - TOMBIN IDRAULICI - VIABILITA' SECONDARIA**  
**Tombino TP21bis - Nuova realizzazione**  
**Relazione tecnica e di calcolo**

Codice Unico Progetto (CUP) : **F41B03000230001**

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	<b>P E</b>	<b>TP21B</b>	<b>R C 0 1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
0 7	PETP21BRC01_60_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		Maggio 2021	S. Fortino
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDDATTO
				VERIFICATO
				APPROVATO

Progettisti :

### ACS ingegneri

Via Catani,28/c - 59100 Prato  
tel 0574.527864 fax 0574.568066  
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile

Ing. Alberto Antonelli



Il Geologo

Dott. Geol. Enrico Cucuruto



Il Coordinatore per la Sicurezza

in fase di Esecuzione:  
Arch. Francesco Rondelli

Il Coordinatore per la  
Esecuzione dei Lavori  
arch. Francesco Rondelli

Il Direttore dei Lavori:

Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori  
Ing. Sandro Favero

ANAS S.p.A.

DATA:	PROTOCOLLO:	VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
CODICE PROGETTO	<b>L O 4 1 0 C E 1 1 0 1</b>	Dott. Ing. Luigi Mupo

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	1
1. OGGETTO DELLA MODIFICA TECNICA .....	2
2. Normativa e documenti di riferimento .....	5
3. ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO .....	6
4. SOFTWARE UTILIZZATI .....	7
5. stratigrafia e caratteristiche geotecniche di riferimento .....	8
6. Materiali .....	9
ACCIAIO .....	9
Acciaio per armatura strutture in c.a. ....	9
CALCESTRUZZO .....	9
Calcestruzzo paramento e fondazioni.....	9
7. Analisi e combinazione dei carichi .....	10
Criteri per la valutazione delle azioni sulla struttura .....	10
Azioni permanenti.....	10
Spinta statica del terreno sulle pareti.....	11
Azioni variabili da traffico.....	13
Azioni di neve e vento .....	15
Azioni sismiche .....	16
Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	16
Azione sismica di riferimento .....	16
Incremento di spinta sismica del terreno .....	18
Forze di inerzia della struttura e del terreno .....	18
Combinazioni di carico.....	20
Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU.....	20
Coefficienti per le azioni variabili per le combinazioni di carico agli SLE.....	20
Combinazioni di carico .....	21
8. Analisi e combinazione dei carichi.....	22

## 1. OGGETTO DELLA MODIFICA TECNICA

La presente nota di calcolo riguarda l'intervento di realizzazione del nuovo tombino scatolare idraulico TP21bis sul torrente Buffa previsto nell'ambito della Perizia di Variante PVn2 nel quadro dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo\_Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS. N.89 e SS. 121”.

Si precisa che la presente nota integra, senza sostituirla, la relazione di PED che, dunque continua a rappresentare l'elaborato di riferimento sia per tutti gli aspetti generali dell'intervento di realizzazione del nuovo tombino scatolare idraulico TP21bis, sia per le verifiche afferenti alle strutture o parti di esse, che non vengono interessate dalla modifica illustrata con la presente nota.

La presente nota viene emessa contestualmente alla revisione dell'elaborato grafico PETP21BN002\_50\_4137 in seguito ad un aggiornamento delle verifiche strutturali condotte sul tombino scatolare. In particolare, rispetto a quanto previsto dalla relazione di calcolo PETP21RC01\_50\_4137 (elaborato di PVn2), le verifiche strutturali del tombino scatolare sono state condotte, considerando gli effetti dovuti ai carichi accidentali da traffico valutati in funzione del reale posizionamento del tracciato stradale della viabilità secondaria rispetto allo scatolare.

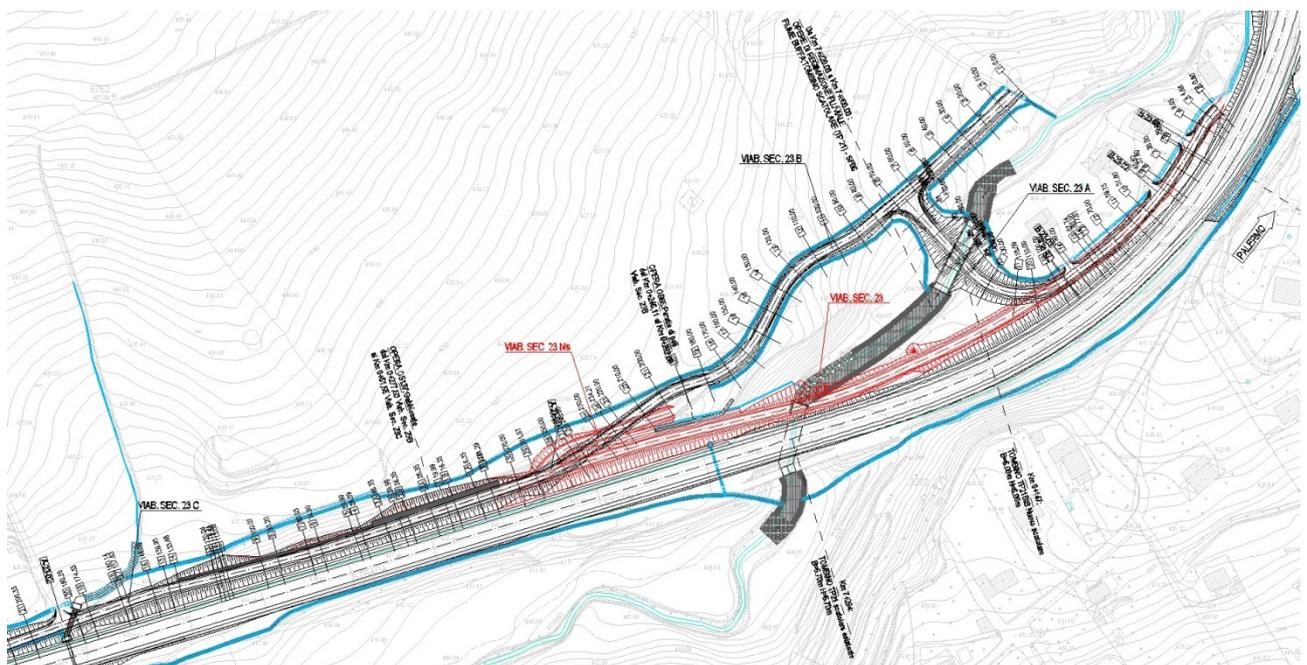


Figura 1 – Nuovo tracciato della viabilità secondaria VS23A-B-C e, in rosso, tracciato di PEA della viabilità secondaria VS23-23bis.

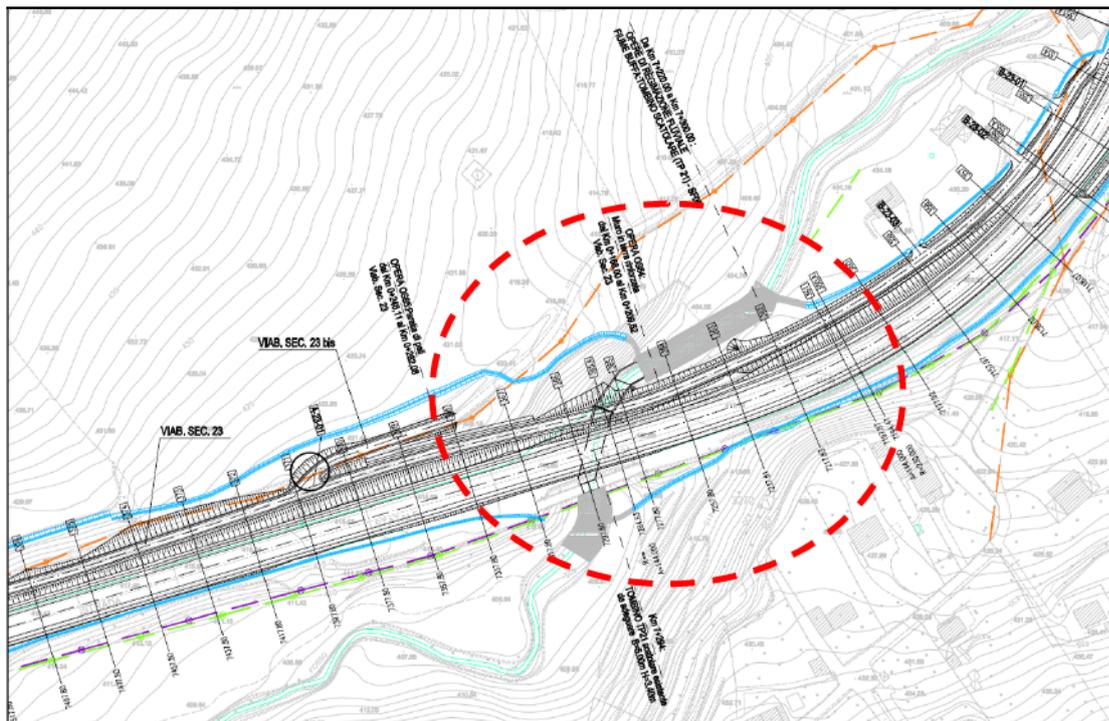


Figura 2 - Stralcio planimetrico intervento di PEA.

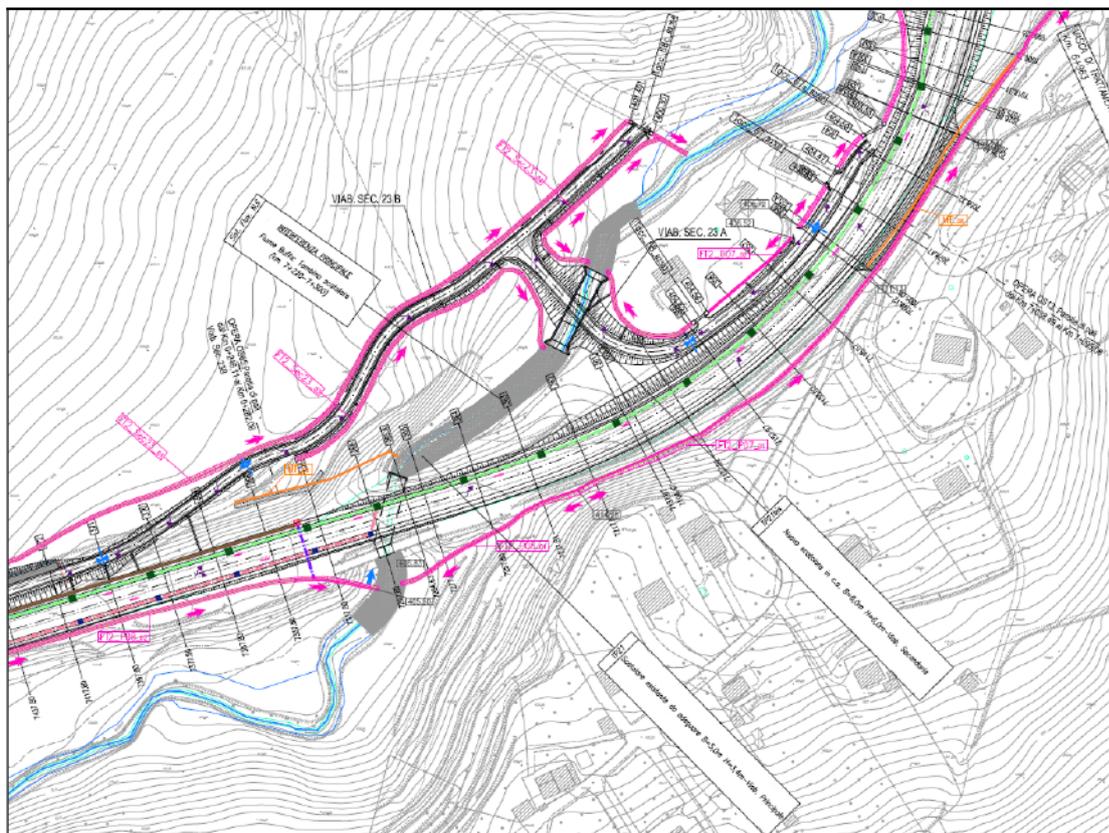


Figura 3 - Stralcio planimetrico intervento di modifica PED

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINI IDRAULICO TP21Bis - Relazione Tecnica e di Calcolo

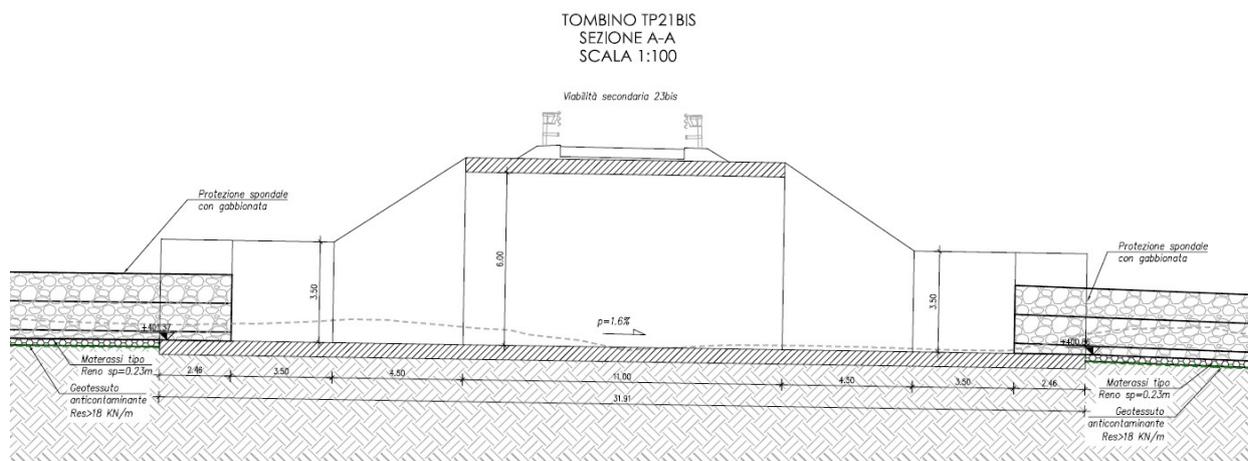


Figura 4: sezione longitudinale manufatto

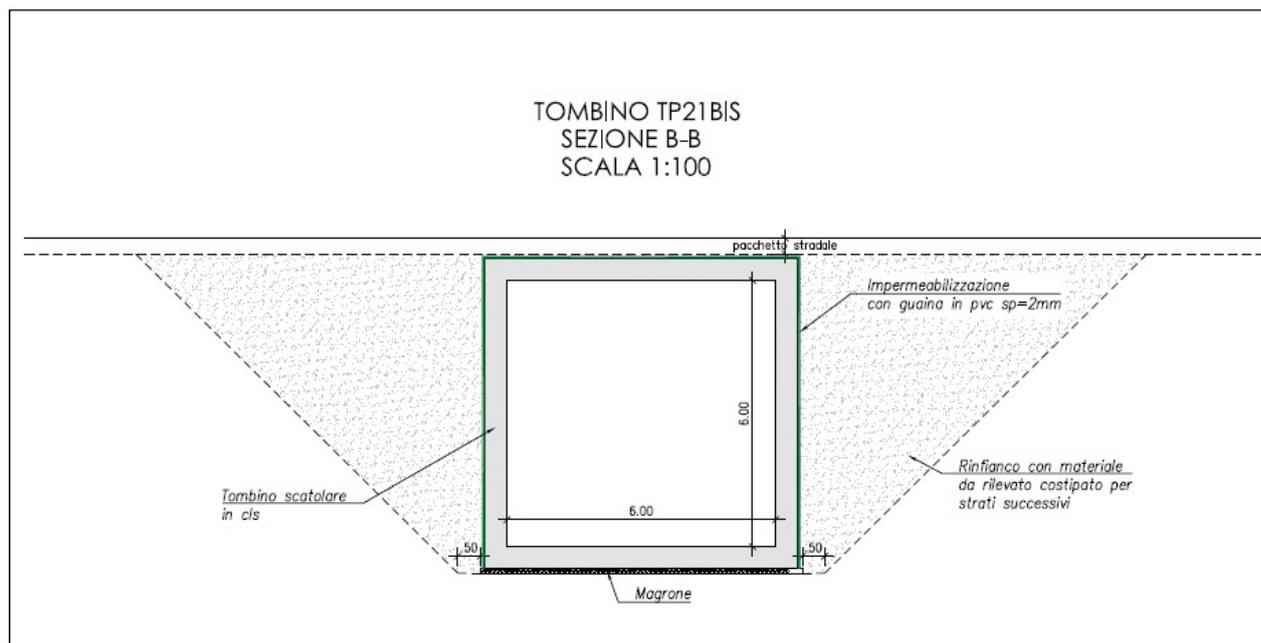


Figura 5: sezione trasversale manufatto

## 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [2] D.M. 14 Gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- [3] CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 – “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.
- [4] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.
- [5] UNI EN 206-1 Ottobre 2006 - "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- [6] UNI EN 11104 Marzo 2004 - "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;

### 3. ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

#### ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO (PEA)

[1]	Relazione geologica geomorfologica idrogeologica	PEGERT01_31_4137
[2]	Relazione geotecnica	PEGTRT01_31_4137
[3]	Relazione sismica	PESIRT01_31_4137
[4]	Relazione geotecnica corpo stradale	PEGTRT02_31_4137
[5]	Profilo geotecnico	PEGTL001-L038_31_4137

#### ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO (PED)

[6]	TP21Bis Relazione geologica	PETP21BRG01_50_4137_PVn2
[7]	TP21Bis Pianta. Sezione e rilievo manufatto	PETP21BN001_50_4137_PVn2
[8]	TP21Bis Carpenteria ed armatura	PETP21BN002_50_4137_PVn2
[9]	TP21Bis Relazione idraulica	PETP21BRT01_50_4137
[10]	TP21Bis Carpenteria ed armatura	PETP21BN002_51_4137

#### 4. SOFTWARE UTILIZZATI

I software utilizzati per i calcoli delle opere in esame sono di seguito indicati:

- SAP 2000 v22.1.0 Computers & Structures, Inc., 1978-2020

*Per le verifiche delle sezioni in cemento armato*

- Verifica C.A. S.L.U.

Per quanto riguarda i suddetti software/codici di calcolo si dichiara di aver condotto una valutazione di affidabilità e dell' idoneità al caso specifico di applicazione, attraverso verifiche alternative di controllo sui modelli realizzati ed una validazione critica dei risultati degli stessi mediante analisi semplificate tradizionali, nonché di aver esaminato la documentazione fornita dal produttore o dal distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione dei programmi.

## 5. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO

Per il tratto in esame il modello geologico e geotecnico di riferimento di PEA (cfr elab di PEA da [1-5] cap..3), evidenzia la presenza delle seguenti unità stratigrafiche:

- **Unità LSA:** limi sabbiosi argillosi moderatamente consistenti.
- **Unità AG:** argille limose grigie. Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata con inclusi elementi lapidei, da consistenti a molto consistenti, talvolta con intercalati livelli sabbiosi e/o livelli, strati di argilliti a consistenza pseudo-litoide.

Dall'analisi del profilo geotecnico di PEA si evince che il terreno che sarà interessato dallo scavo per la realizzazione dello scatolare è costituito principalmente dall' unità LSA

Per quanto riguarda i parametri geotecnici delle formazioni LSA in coerenza con la relazione geotecnica di PEA ( cfr .elab.[2]), si farà riferimento ai seguenti parametri geotecnici "caratteristici":

### Unità LSA – Limi sabbiosi argillosi:

$\gamma$	= peso di volume totale	20 kN/m <sup>3</sup>
$\phi'$	= angolo di resistenza al taglio	24°
$c'$	= coesione in termini di sforzi efficaci	10 kPa
$c_u$	= coesione non drenata	100 kPa
OCR=3		grado di sovraconsolidazione
$k_0=1.03$		coefficiente di spinta a riposo

Poiché si prescrive che il rinfianco dello scatolare debba essere effettuato con materiale da rilevato costipato per strati successivi, ai fini del calcolo delle spinte sulla struttura ed in particolare alle spinte sulle pareti dello scatolare, si fa riferimento ad un terreno con le seguenti caratteristiche:

$\gamma$	=peso di volume totale	20 kN/m <sup>3</sup>
$\phi'$	= angolo di resistenza al taglio	35°
$k_0$	= coefficiente di spinta a riposo	0,43

## 6. MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

### ACCIAIO

#### Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
allungamento caratteristico:	$\geq 7.5 \%$
rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:	$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

### CALCESTRUZZO

#### Calcestruzzo paramento e fondazioni

Classe di resistenza:	C30/37
dimensione massima dell'inerte:	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
classe di esposizione:	XA1
classe di consistenza:	S4
copriferro minimo:	$c_{f,min} \geq 40 (-0 +5) \text{ mm}$

## 7. ANALISI E COMBINAZIONE DEI CARICHI

### **Criteri per la valutazione delle azioni sulla struttura**

Azioni permanenti – Le azioni permanenti sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e delle sovrastrutture. Sono valutati moltiplicando il volume calcolato geometricamente per i pesi specifici dei materiali.

Azioni variabili da traffico – Sono definite al p.to 5.1.3.3 del D.M. 14/01/2008 e sono state posizionate in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli ai fini del dimensionamento delle membrature del manufatto e delle sottostrutture (fondazioni).

Azioni sismiche – sono definite secondo quanto prescritto al par.3.2 del D.M. 14/01/2008. Tali azioni saranno combinate secondo le prescrizioni delle normative vigenti in funzione delle particolari strutture dell'opera in esame.

### **Azioni permanenti**

Secondo il p.to 5.1.3.1. del D.M. 14/01/2008, comprendono

- $g_1$  peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali;
- $g_2$  carichi permanenti portati (eventuali rinterri e elementi accessori);
- $g_3$  altre azioni permanenti (spinta terre)

Per quanto riguarda il carico permanente strutturale equivale al peso proprio del cls del manufatto e viene calcolato direttamente dal programma di calcolo in base alla geometria assumendo un peso dell'unità di volume pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

Il carico permanente portato risulta essere pari a:

$$g_2 = 20 \times 0.5 = 10 \text{ kN / mq}$$

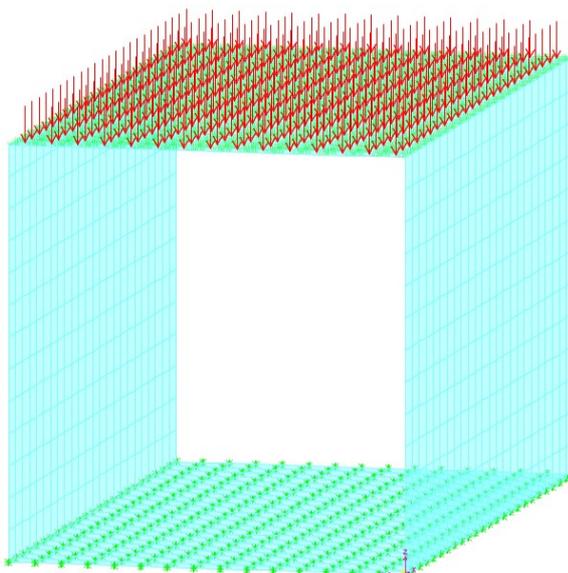


Figura 6: peso sovrastruttura:  $G_2=10$  kN/mq

### Spinta statica del terreno sulle pareti

L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno dipendono sostanzialmente dallo spostamento relativo che lo stesso può subire; si considera che le deformazioni del terreno siano impedito dalla struttura che non cede in nessun punto, per cui la pressione esercitata è una spinta a riposo espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

$K_0$  rappresenta il coefficiente di spinta a riposo mentre  $\varphi$  è l'angolo di resistenza a taglio del terreno.

Il diagramma delle pressioni del terreno sulla parete risulta triangolare con il vertice in alto. Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3$  H rispetto alla base della platea).

### Incremento di spinta sulle pareti dovuto al sovraccarico stradale

La presenza di un sovraccarico stradale uniformemente distribuito sul rilevato comporta un'ulteriore spinta sul piedritto risultante da un diagramma delle pressioni costante con la profondità.

Intendendo per  $q$  il sovraccarico distribuito per metro lineare di proiezione orizzontale, la spinta in esame vale:

$$S_q = q \cdot H \cdot K_0$$

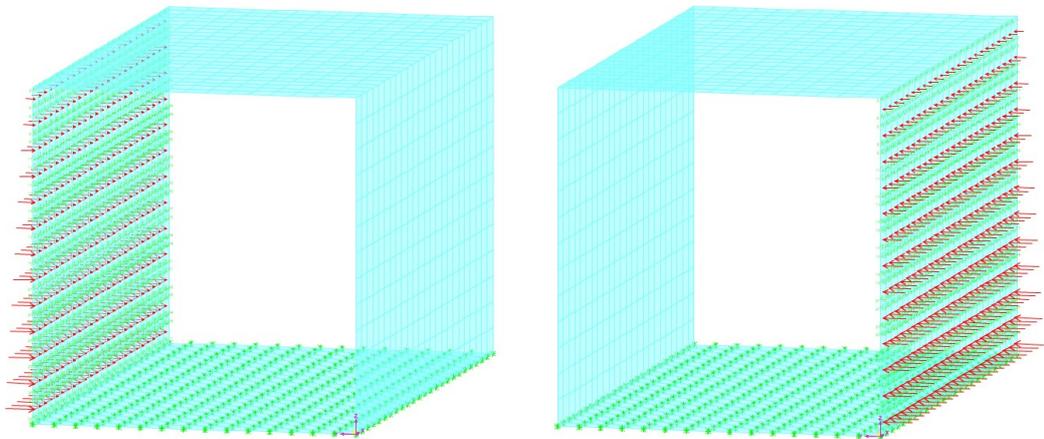


Figura 7:  $G_3$  Spinta del terreno a riposo:

$$\begin{aligned} z=6.5 & \quad g_{3-1}=0; \\ z=5.5 & \quad g_{3-1}=8.53 \text{ kN/mq}; \\ z=0 & \quad g_{3-1}=32.43 \text{ kN/mq} \end{aligned}$$

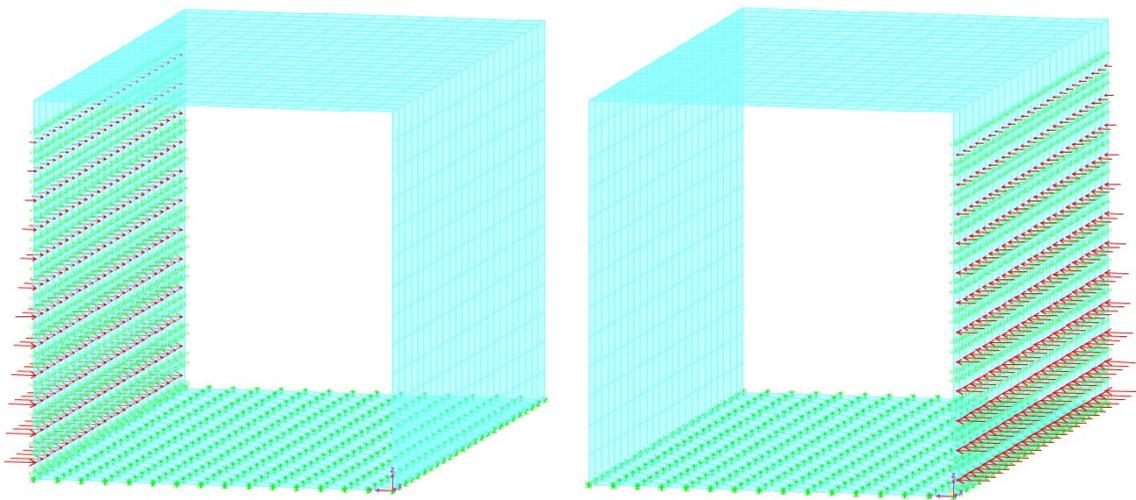


Figura 8:  $G_3$  Spinta idrostatica con falda a -1mt dal piano campagna:

$$\begin{aligned} z=5.5 & \quad g_{3-2}=0; \\ z=0 & \quad g_{3-2}=23.01 \text{ kN/mq} \end{aligned}$$

## Azioni variabili da traffico

Sul piano stradale è stato considerato il carico accidentale definito dal § 5.1.3.3 NTC18. Sono state considerate tre configurazioni di carico per massimizzare gli effetti in termini di sollecitazioni prodotte dal transito dei carichi mobili.

Nella prima configurazione si è inserito il carico tandem da 600kN al centro della soletta per massimizzare il momento positivo, a questo carico è stato associato anche il carico distribuito di 9 kN/mq e sulle pareti la spinta dovuta al carico distribuito con diffusione pari a 30°.

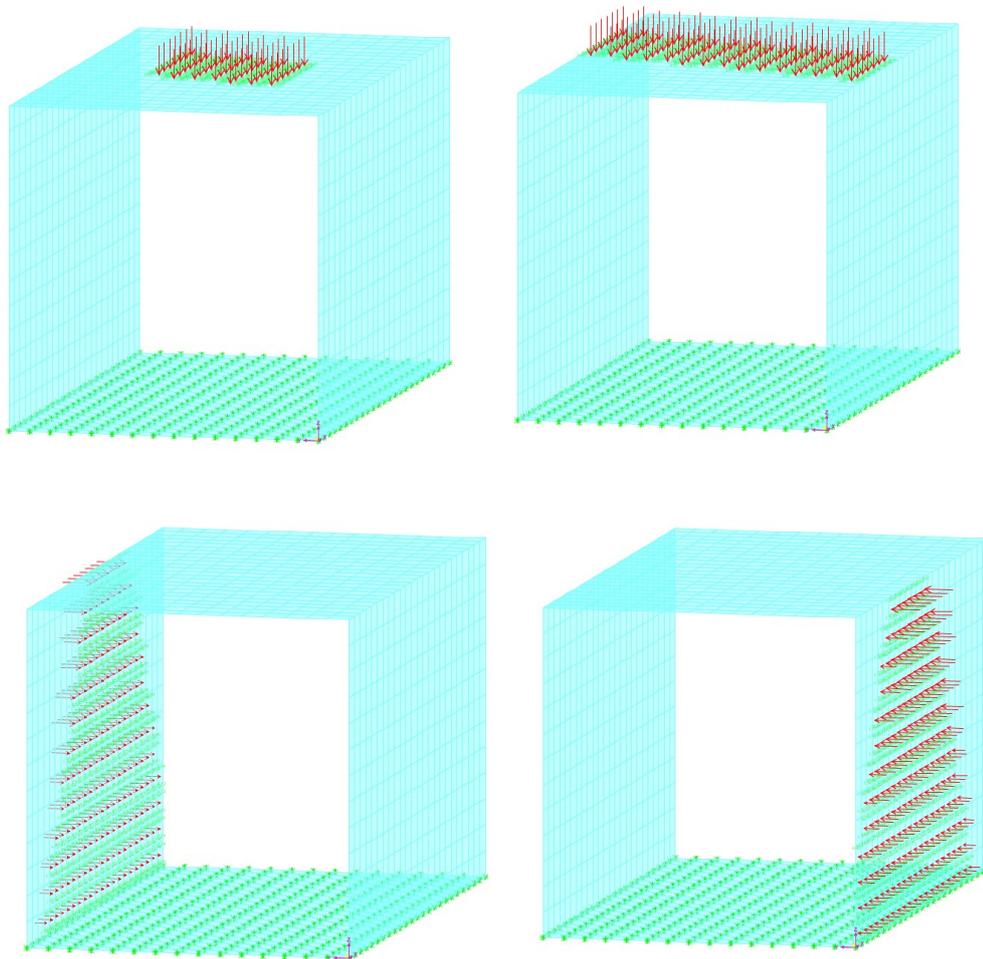


Figura 9: Carico tandem mezzzeria:

si considera in copertura un carico distribuito in corrispondenza della corsia	$q_1=9 \text{ kN/mq}$
e il carico tandem distribuito su un'area di 8.70mq	$q_2=68.97 \text{ kN/mq}$
sulle pareti un carico uniformemente distribuito pari a	$z=6.5\text{m} \quad q_3=9 \times 0.43=3.8 \text{ kN/mq}$
	$z=0 \text{ m} \quad q_3=1.10 \text{ kN/mq}$

Nella seconda configurazione si è inserito il carico tandem da 600kN in corrispondenza delle pareti per massimizzare il momento negativo, a questo carico è stato associato anche il carico distribuito di 9 kN/mq e sulle pareti la spinta dovuta al carico distribuito con diffusione pari a 30°.

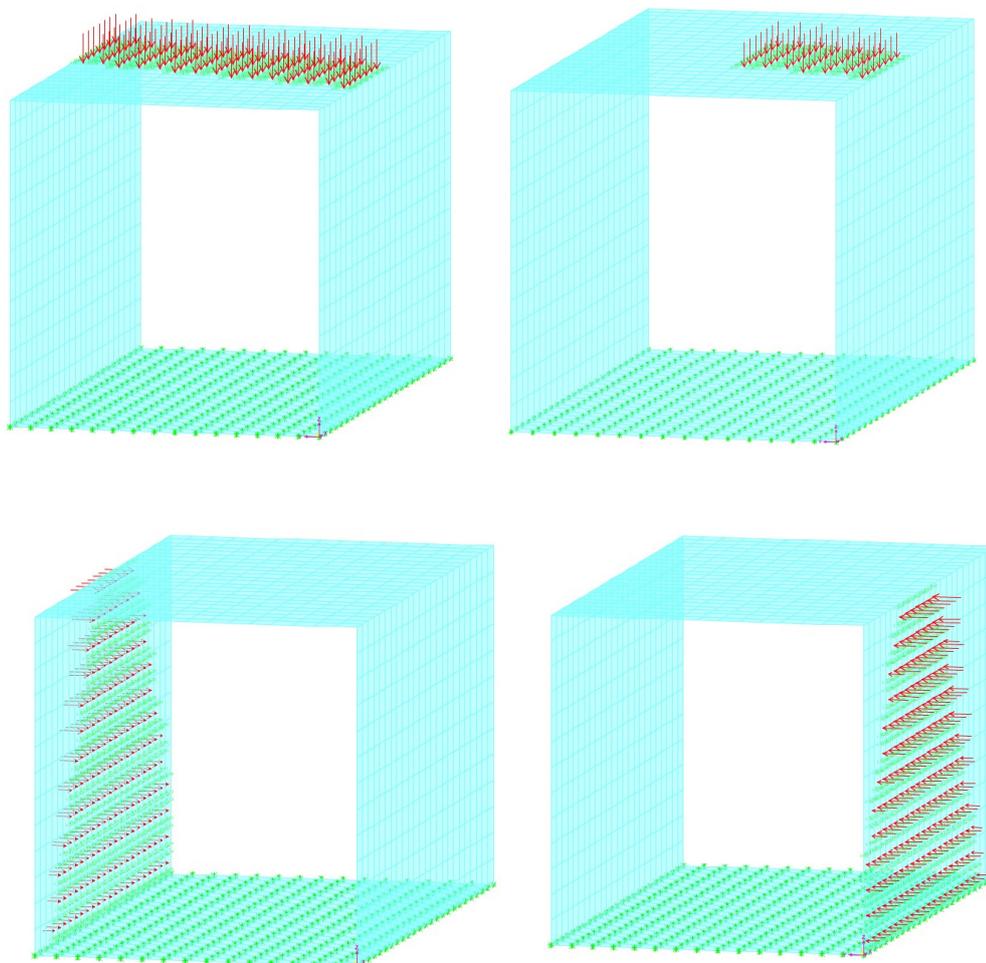


Figura 10: Carico tandem appoggio:

si considera in copertura un carico distribuito in corrispondenza della corsia	$q_1=9 \text{ kN/mq}$
e il carico tandem distribuito su un'area di 8.70mq	$q_2=68.97 \text{ kN/mq}$
sulle pareti un carico uniformemente distribuito pari a	$z=6.5\text{m} \quad q_3=9 \times 0.43=3.8 \text{ kN/mq}$
	$z=0 \text{ m} \quad q_3=1.10 \text{ kN/mq}$

Nella terza configurazione si è inserito il carico distribuito di 9 kN/mq su tutta la corsia e su una parete la spinta dovuta al carico distribuito di 9kN/mq e sull'altra la spinta dovuta al carico distribuito del tandem di 600kN su un'area di 3mt x 2.2mt pari a 90.9 kN/mq con diffusione pari a 30°.

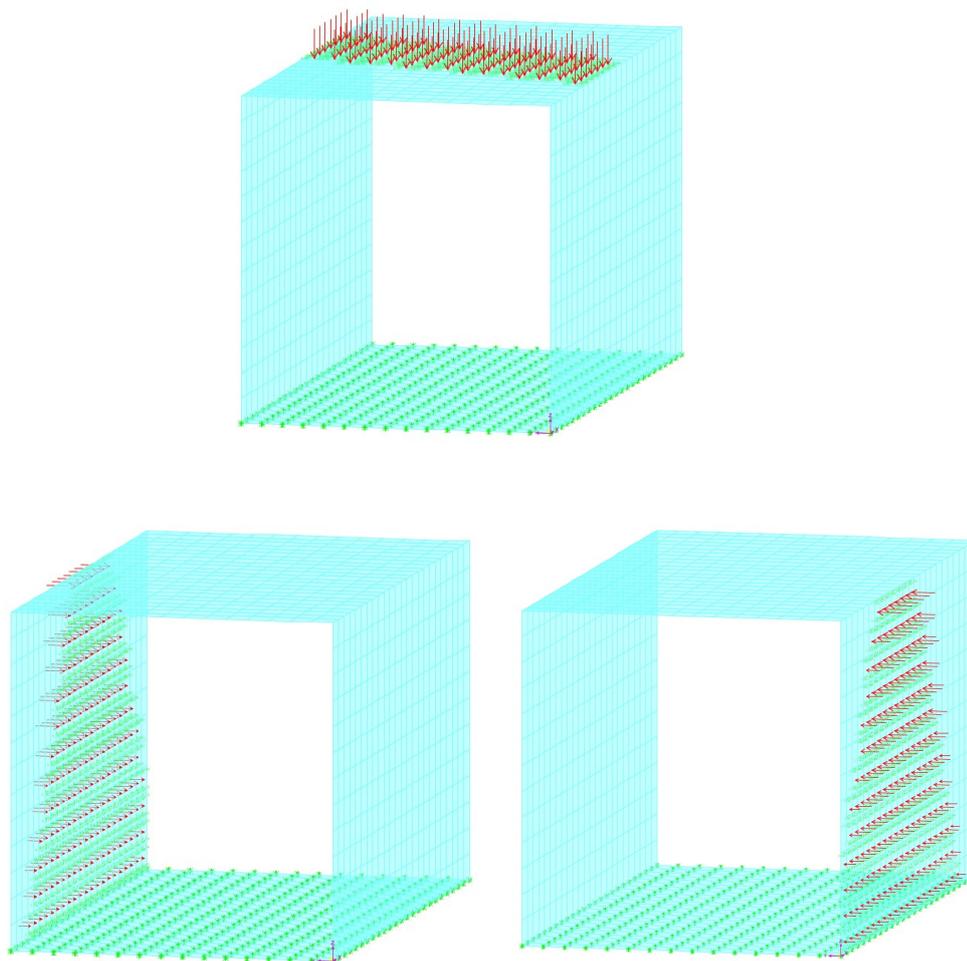


Figura 11: Carico tandem esterno:

si considera in copertura un carico distribuito in corrispondenza della corsia	$q_1=9 \text{ kN/mq}$
sulla parete $y=6.5\text{m}$ un carico uniformemente distribuito pari a	$z=6.5\text{m} \quad q_3=9 \times 0.43=3.8 \text{ kN/mq}$
	$z=0 \text{ m} \quad q_3=1.10 \text{ kN/mq}$
sulla parete $y=0\text{m}$ un carico uniformemente distribuito pari a	$z=6.5\text{m} \quad q_4=90.9 \times 0.43=38.8 \text{ kN/mq}$
	$z=0 \text{ m} \quad q_4=11.07 \text{ kN/mq}$

### Azioni di neve e vento

Trattandosi su strutture interrato, i carichi derivanti da neve e vento risultano trascurabili.

## Azioni sismiche

### Periodo di riferimento per l'azione sismica

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale  $V_N = 50$  anni
- classe d'uso IV

in base a ciò risulta:

- coefficiente d'uso  $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R = V_N \times C_U = 100$  anni

### Azione sismica di riferimento

Ai fini della caratterizzazione sismica per la progettazione delle opere minori distribuite lungo il tracciato questo è stato suddiviso in tratti di 5 km caratterizzati da superfici piane, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ . Ciascun tratto di 5 km è stato contraddistinto in base alle coordinate del punto baricentrico del tratto stesso.

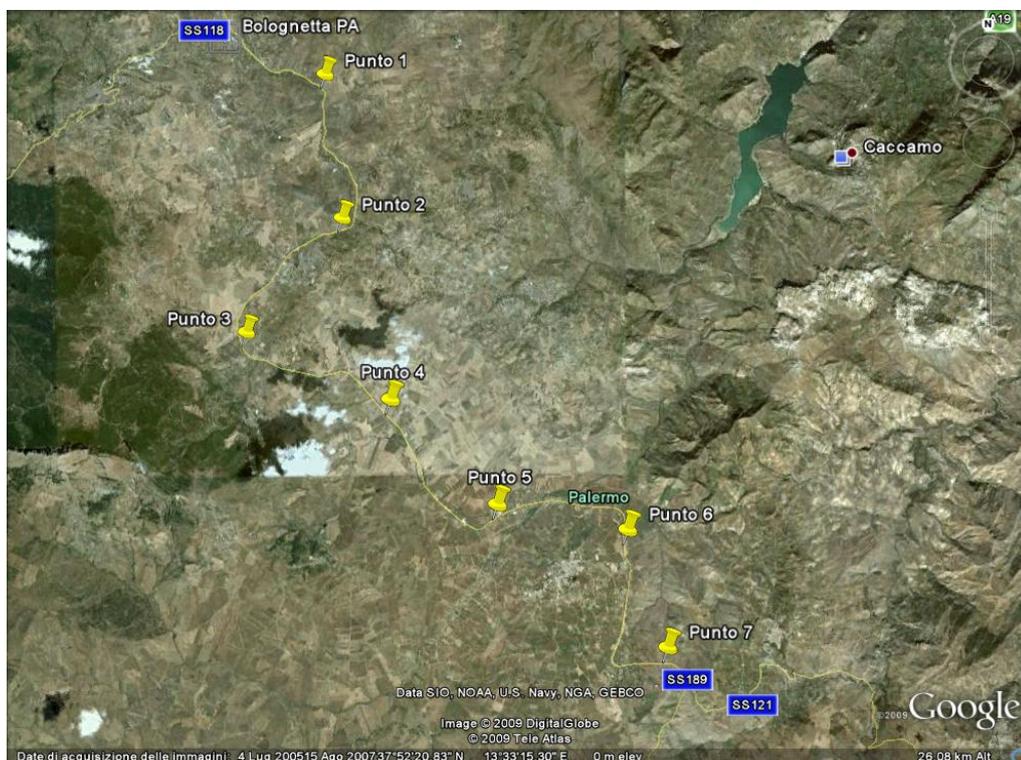


Figura 12: Localizzazione tracciato

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

Le seguenti tabelle indicano l'identificazione della zona in cui ricade l'opera in esame in relazione alle coordinate geografiche corrispondenti alle medesime progressive.

**Progressive km 5+000 - km 10+000**



Si riportano, nella tabella seguente, i valori di accelerazione di picco e gli altri parametri significativi degli spettri di progetto, relativamente al tratto in cui ricade l'opera in oggetto.

Progressiva	SLV			SLD		
	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_{c^*}$ [s]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_{c^*}$ [s]
5+000 - 8+800	0.183	2.485	0.319	0.0767	2.377	0.276
8+800 - 10+000						

Per quanto riguarda il profilo di terreno (Classe A, B, C, ...) si fa riferimento alla seguente tabella:

Progressiva	Categoria
4+020 - 11+100	B

Sulla base di quanto evidenziato dalle prove sismiche effettuate nel tratto di interesse, il terreno di fondazione può essere classificato nelle seguenti categorie di sottosuolo:

- Categoria B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)" dalla progressiva km 4+020.00 alla progressiva km 11+100.00.

### *Incremento di spinta sismica del terreno*

Gli incrementi di spinta sismica del terreno si calcolano secondo quanto indicato al § 7.11.6.2.1 delle NTC18. Per manufatti come gli scatolari, le analisi in condizioni sismiche, possono essere eseguite mediante i metodi pseudostatici.

L'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente ottenuta dal prodotto delle forze di gravità per i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m a_{\max} / g = 0.2196 \quad (\text{SLV})$$

$$k_h = \beta_m a_{\max} / g = 0.0920 \quad (\text{SLD})$$

dove:

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità;

$\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

L'accelerazione massima è valutata con la relazione

$$a_{\max} = S_S S_T a_g / g$$

Nel caso di strutture rigide completamente vincolate in modo tale che non possa svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, il coefficiente  $\beta_m$ , assume valore unitario ed il calcolo dell'incremento dinamico di spinta del terreno può essere effettuato con il metodo di Wood; tale metodo fornisce una sovraspinta sismica uniforme del terreno sulle pareti interrato calcolata come:

$$\Delta P_d = k_h \gamma H^2$$

con punto di applicazione a metà dell'altezza  $H$  del muro, il che equivale ad applicare una pressione uniforme

$$\Delta p_d = k_h \gamma H$$

con:

$\gamma$  = peso specifico del terreno di rilevato che interessa il setto verticale;

$H$  = altezza dello scatolare misurata dall'estradosso della soletta superiore all'intradosso della platea di base.

La normativa prescrive di applicare separatamente la spinta statica e dinamica, quest'ultima come sovraspinta sismica.

### *Forze di inerzia della struttura e del terreno*

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai pesi propri, ai sovraccarichi permanenti, e considerando il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai

carichi da traffico: l'opera in oggetto non rientra infatti fra i ponti in zona urbana di intenso traffico, per i quali si deve considerare un valore non nullo di dette masse.

In condizioni sismiche l'opera è soggetta alle forze di inerzia, degli elementi strutturali e delle porzioni di terreno solidali con la struttura, calcolate come:

$$F_{hi} = k_h W$$

$$F_{vi} = k_v W$$

essendo  $W$  il peso dell'elemento o della porzione di terreno, mentre  $k_v$  e  $k_h$  sono i coefficienti di intensità sismica verticale ed orizzontali descritti nel precedente paragrafo. Tali forze sono applicate nel baricentro delle masse dell'elemento considerato. La presenza di terreno interessa solo i volumi giacenti sopra gli aggetti trasversali della platea.

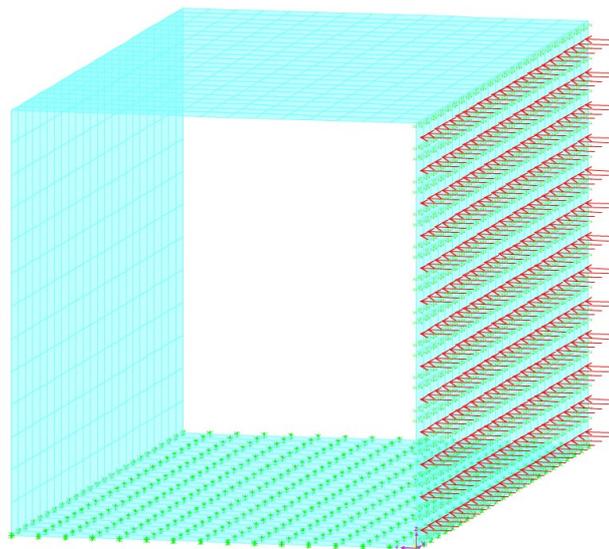


Figura 13: Sovrappinta sismica allo SLV

- Incremento sismico del terreno  $q_5=0.2196 \times 20 \times 7=30.75 \text{ kN/mq}$ ;
- Incremento sismico inerzia struttura orizzontale:  $k_h=0.22 \text{ m/s}^2$ ;
- Incremento sismico inerzia struttura verticale:  $k_v= k_h/2 = 0.11 \text{ m/s}^2$

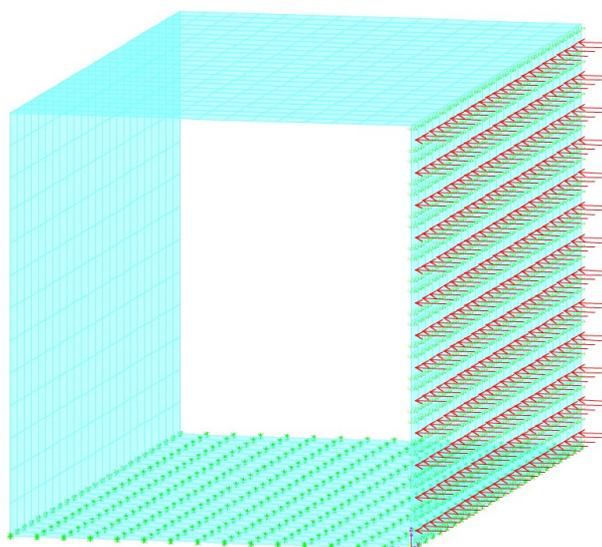


Figura 14: Sovrappinta sismica allo SLD

- Incremento sismico del terreno  $q_6=0.092 \times 20 \times 7=12.9 \text{ kN/mq}$ ;
- Incremento sismico inerzia struttura orizzontale:  $k_h=0.09 \text{ m/s}^2$ ;
- Incremento sismico inerzia struttura verticale:  $k_v= k_h/2 = 0.04 \text{ m/s}^2$

## COMBINAZIONI DI CARICO

### Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Le verifiche sono fatte secondo l'approccio 2 combinazione A1+M1+R3 I coefficienti parziali delle azioni assunti nelle analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi sono quelli riportati nel D.M. 14.01.2008.

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA PER COMBINAZIONI DI CARICO AGLI SLU	$\gamma$	$\gamma$
	SLU A1 STR	SLU A2 GEO
$g_{1+2}$ - Peso Proprio e Permanenti portati	1,35	1,35
$g_3$ - Spinta delle terre	1,50	1,50
$q_{1-2-3-4}$ - Azioni Variabili da traffico	1,50	1,50
$q_{5-6}$ - Azioni Sismiche	1,00	1,00

### Coefficienti per le azioni variabili per le combinazioni di carico agli SLE

I coefficienti di combinazione delle azioni variabili assunti nelle analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli Stati Limite di Esercizio sono quelli riportati nel D.M. 14.01.2008.

COEFFICIENTI PER LE AZIONI VARIABILI NELLE COMBINAZIONI DI CARICO	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
	Fond. SLU Rare SLE	Frequente	Quasi perman.
$q_{1-3}$ - Az. Variabili da traffico distribuiti	0,40	0,40	0,00
$q_{2-4}$ - Az. Variabili da traffico tandem	0,75	0,75	0,00

Sulla base di quando detto le condizioni di carico considerate sono seguenti:

### Combinazioni di carico

Con riferimento ai coefficienti di normativa precedentemente esposti, i coefficienti adottati per le Combinazioni di carico statiche agli Stati Limite Ultimi strutturali A1 STR risultano:

	G1	G2	G3	QmobNTC08 Tandem Mezzeria	QmobNTC08 Tandem Appoggio	C_QmobNTC08 Tandem Esterno	Freq_QmobNTC08 Tandem Mezzeria	Freq_QmobNTC08 Tandem Appoggio	Freq_C_QmobNTC08 Tandem Esterno	Sisma SLV_y	Sisma SLV_z	Sisma SLD_y	Sisma SLD_z
SLU01	1.35	1.35	1.5	1.5									
SLU02	1.35	1.35	1.5		1.5								
SLU03	1.35	1.35	1.5			1.5							
SLEr01	1	1	1	1									
SLEr02	1	1	1		1								
SLEr03	1	1	1			1							
SLEf01	1	1	1				1						
SLEf02	1	1	1					1					
SLEf03	1	1	1						1				
SLEqp01	1	1	1	0	0	0							
SLV01	1	1	1	0	0	0				1			
SLV02	1	1	1	0	0	0					1		
SLD01	1	1	1	0	0	0						1	
SLD02	1	1	1	0	0	0							1

## **8. ANALISI E COMBINAZIONE DEI CARICHI**

L'analisi strutturale della struttura in oggetto ha preso in considerazione i carichi permanenti e variabili previsti dalla normativa applicata..

La struttura è stata modellata con elementi finiti bidimensionali tipo shell, con struttura di fondazione.

L'analisi del modello e le successive verifiche strutturali sono state eseguite con il metodo degli elementi finiti, utilizzando il software di calcolo strutturale SAP2000 v22.1.0 Computers & Structures, Inc., 1978-2020.

La geometria della struttura è stata definita mediante l'assegnazione delle coordinate geometriche dei nodi della struttura rispetto ad un sistema di riferimento fisso cartesiano ortogonale destrorso XYZ; tale riferimento ha gli assi X e Y orizzontali e l'asse Z verticale ascendente.

Le strutture (contenute nel piano verticale XZ) sono state poi modellate mediante elementi finiti bidimensionali (di tipo "shell").

Per ogni elemento del modello strutturale si individua, inoltre, un sistema di riferimento locale rispetto al quale sono state assegnate le proprietà geometriche ed inerziali ed i carichi sull'elemento, e rispetto al quale è fornita la risposta (in termini di spostamenti dei nodi e di caratteristiche di sollecitazione) dal codice di calcolo.

Si riportano a seguire alcune immagini relative al modello di calcolo realizzato con SAP2000, e le principali sollecitazioni per ogni combinazione di calcolo.

Gli assi del riferimento locale sono contrassegnati dai numeri 1(rosso) 2 (verde) 3(blu).

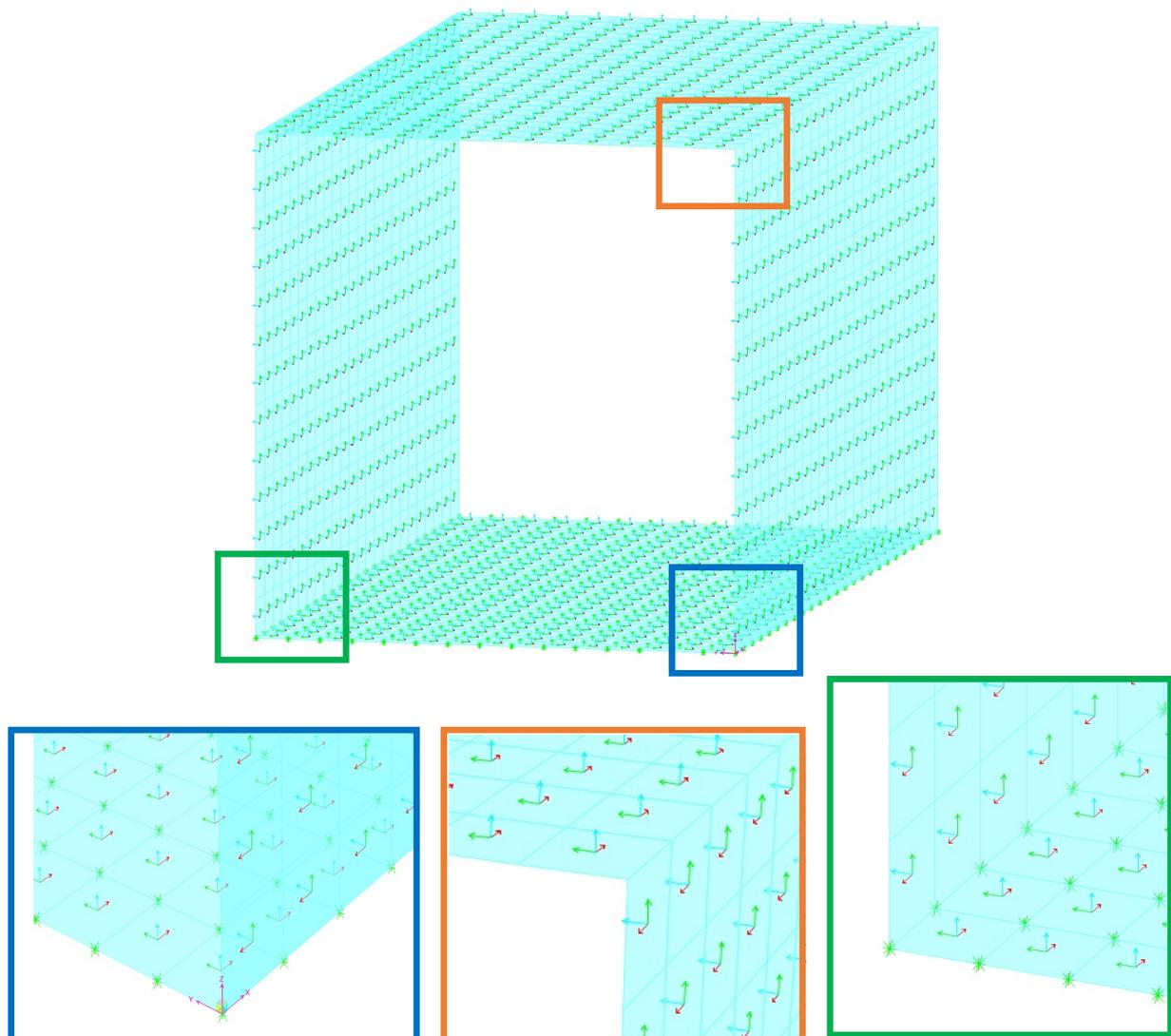


Figura 15: Modello di calcolo in elementi finiti bidimensionali Shell, con platea di mondazione modellata su un letto di molle alla winkler  $k=3,00\text{kg/cm}^3$

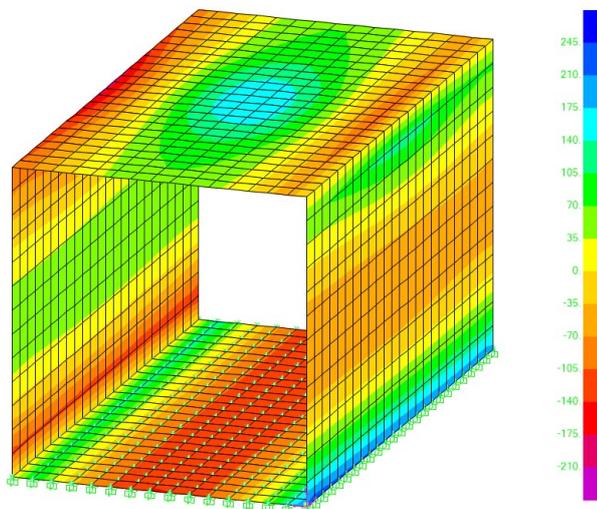


Figura 16: SLU01 M22

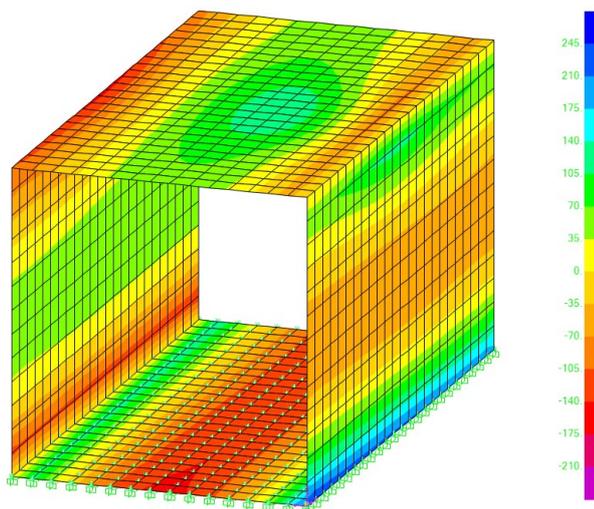


Figura 17: SLU02 M22

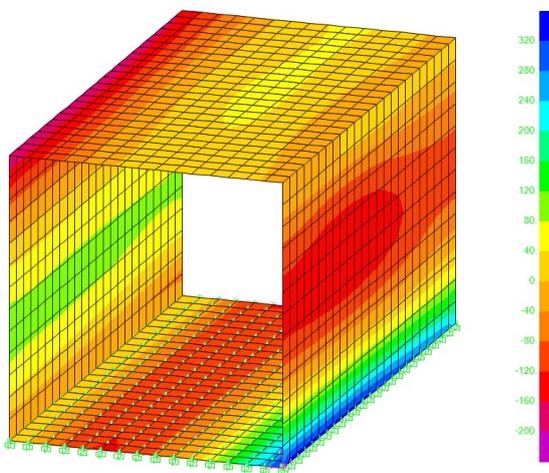


Figura 18: SLU03 M22

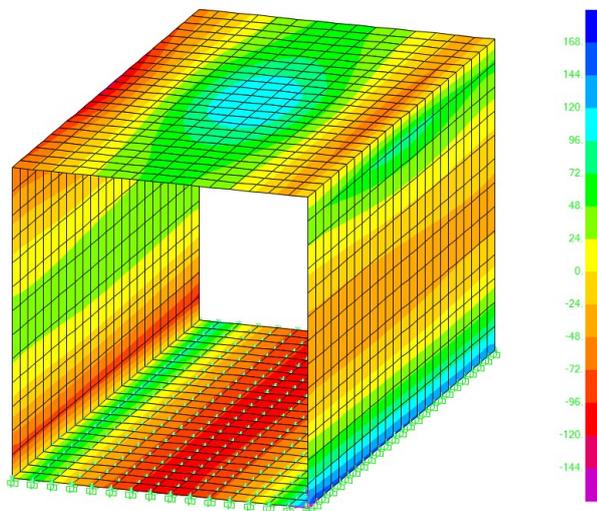


Figura 19: SLer01 M22

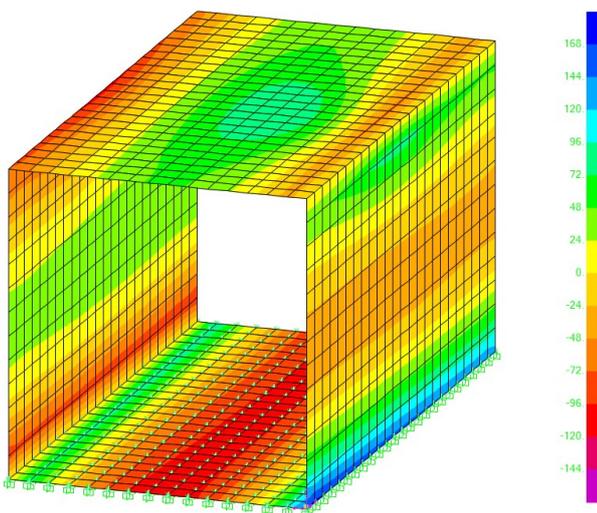


Figura 20: SLer02 M22

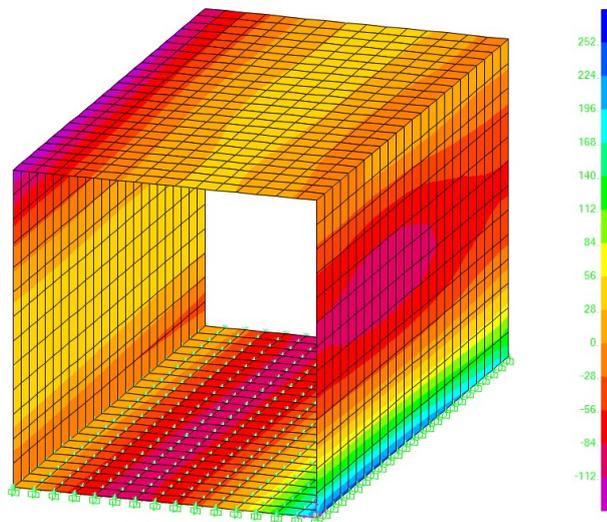


Figura 21: SLer03 M22

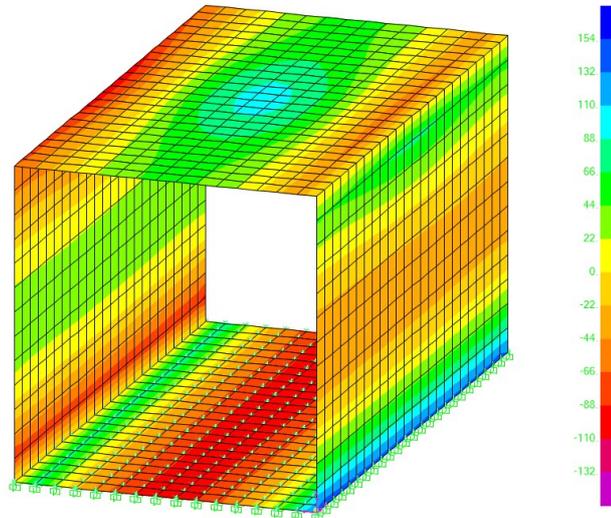


Figura 22: SLEf01 M22

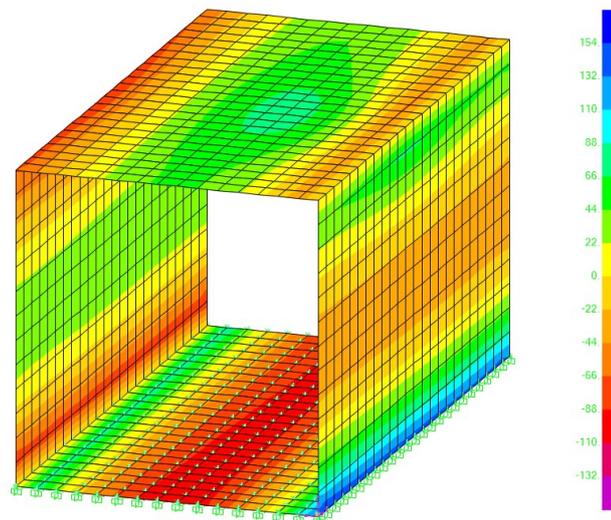


Figura 23: SLEf02 M22

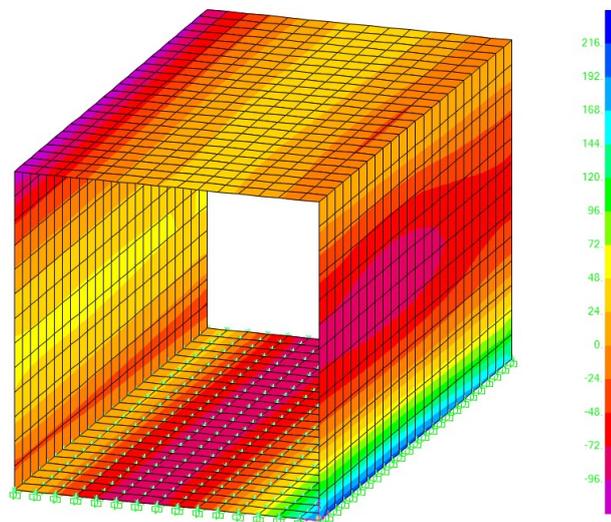


Figura 24: SLEf03 M22

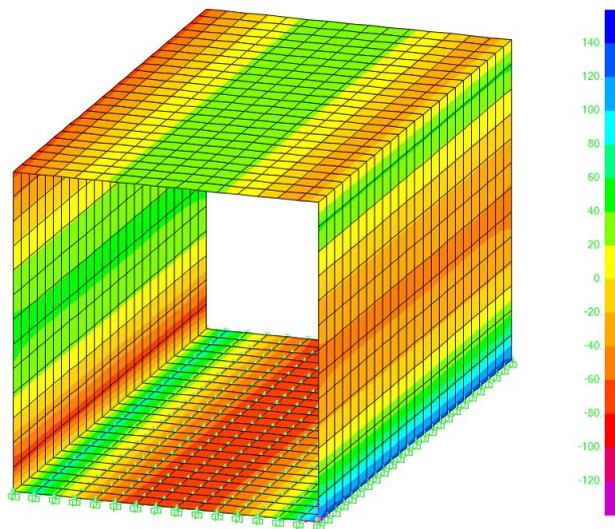


Figura 25: SLEqp01 M22

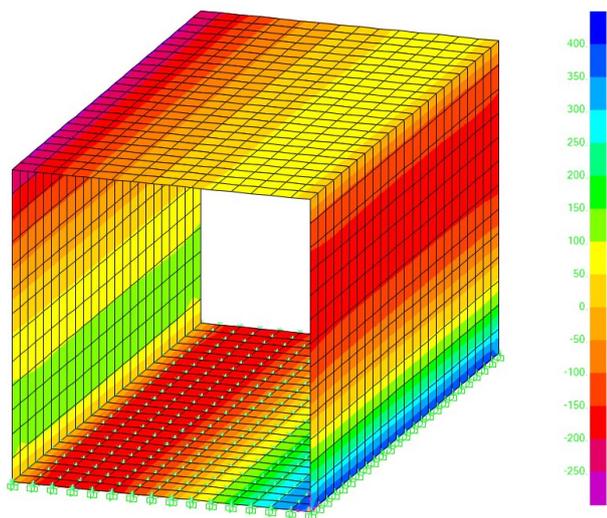


Figura 26: SLV01 M22

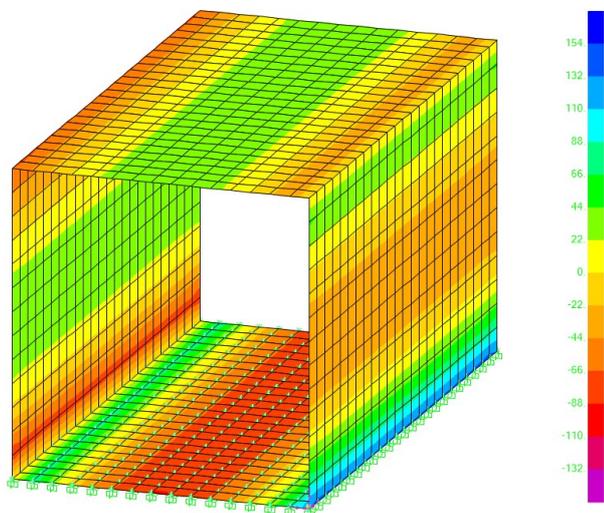


Figura 27: SLV02 M22

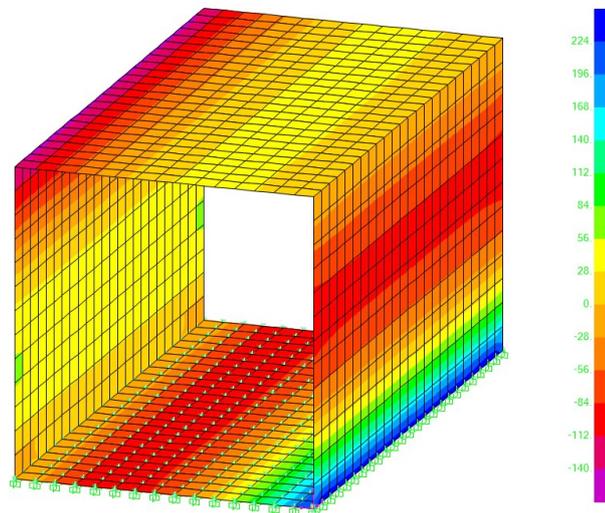


Figura 28: SLD01 M22

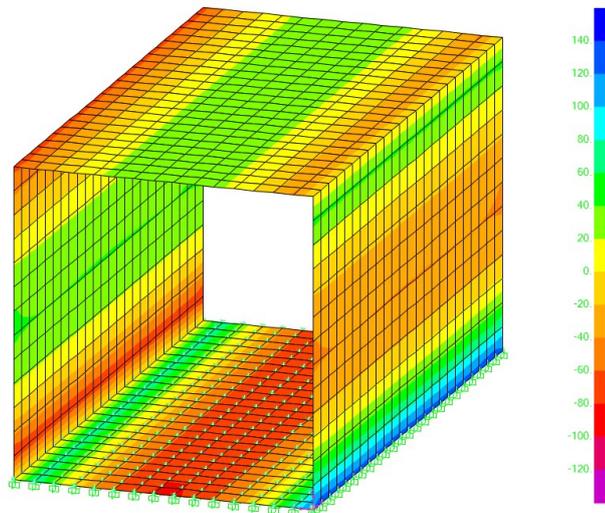


Figura 29: SLD02 M22

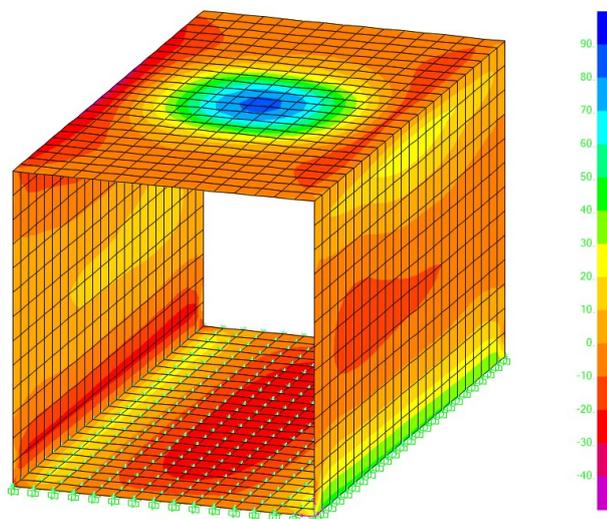


Figura 30: SLU01 M11

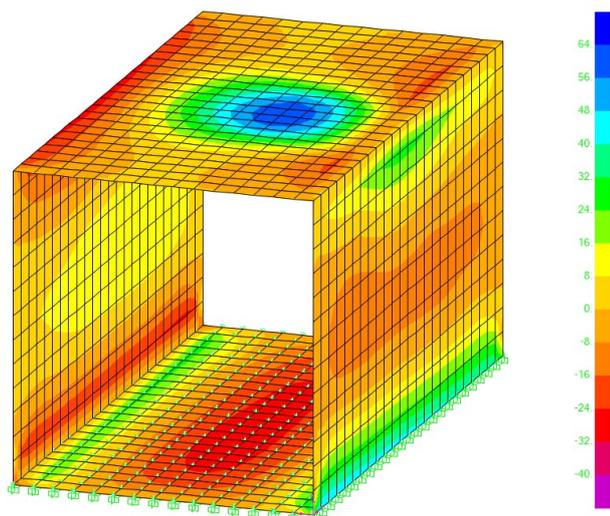


Figura 31: SLU02 M11

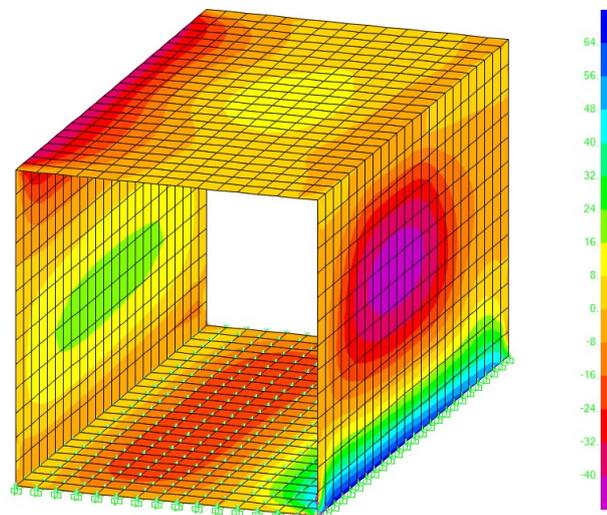


Figura 32: SLU03 M11

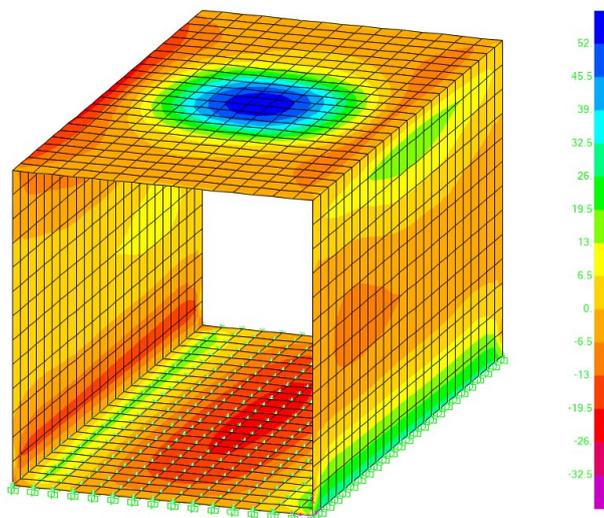


Figura 33: SLer01 M11

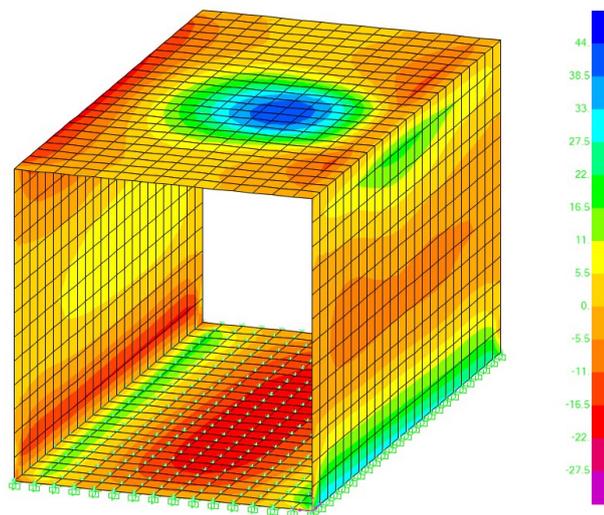


Figura 34: SLer02 M11

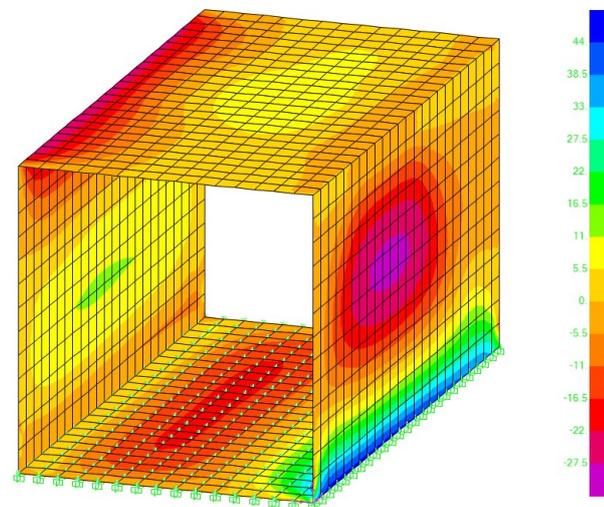


Figura 35: SLer03 M11

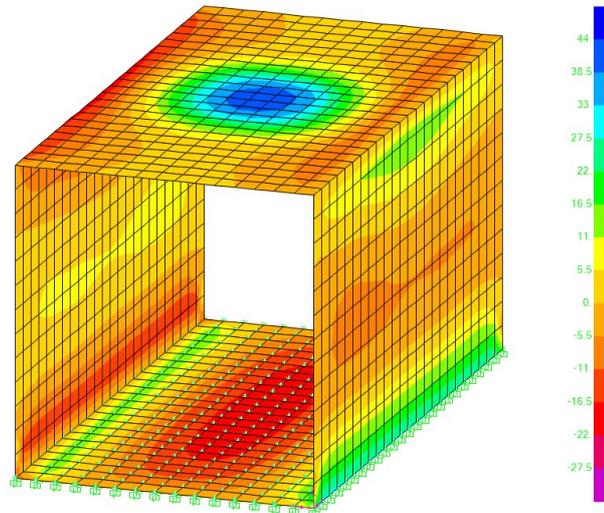


Figura 36: SLEf01 M11

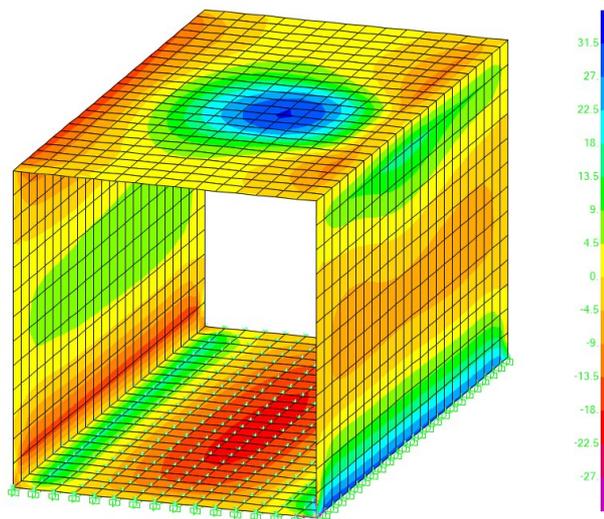


Figura 37: SLEf02 M11

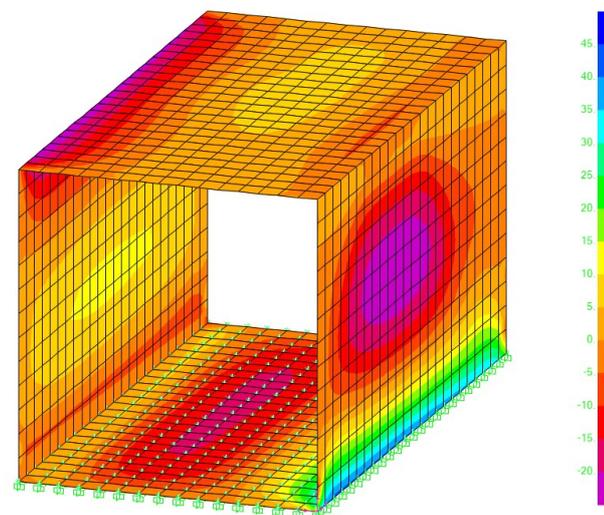


Figura 38: SLEf03 M11

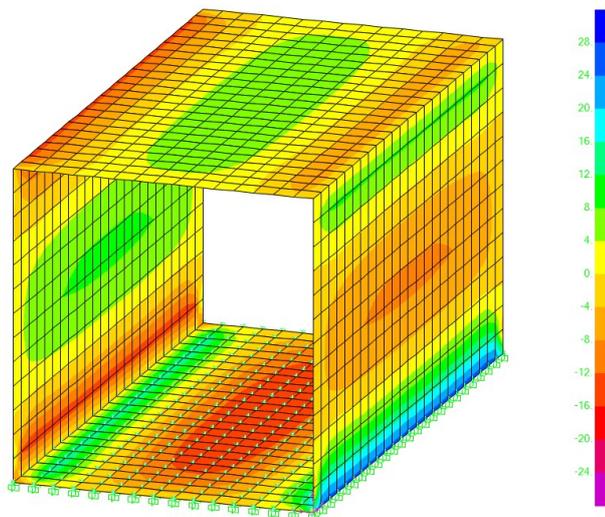


Figura 39: SLEqp01 M11

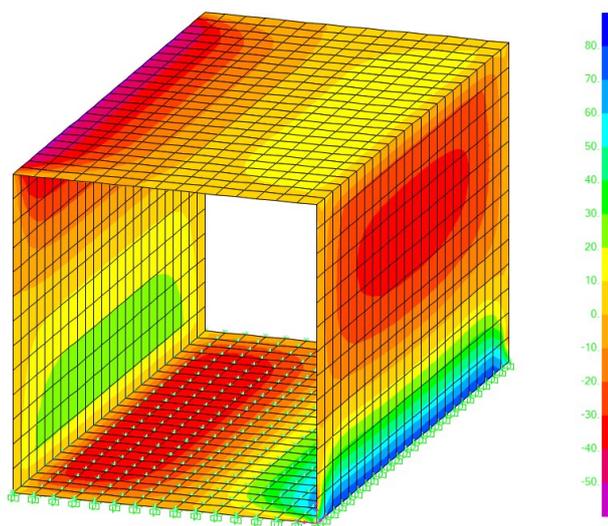


Figura 40: SLV01 M11

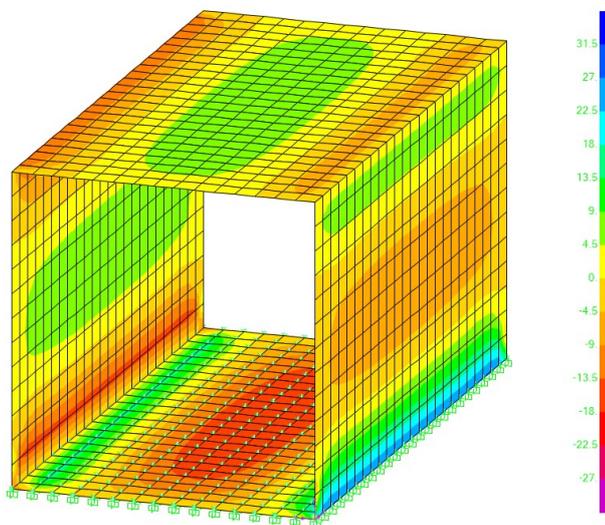


Figura 41: SLV02 M11

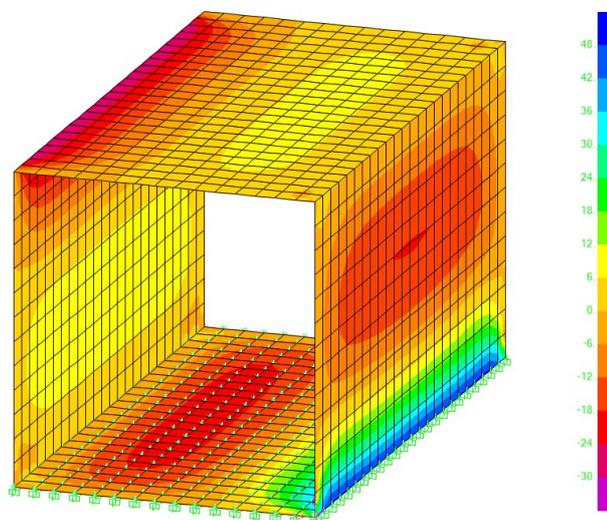


Figura 42: SLD01 M11

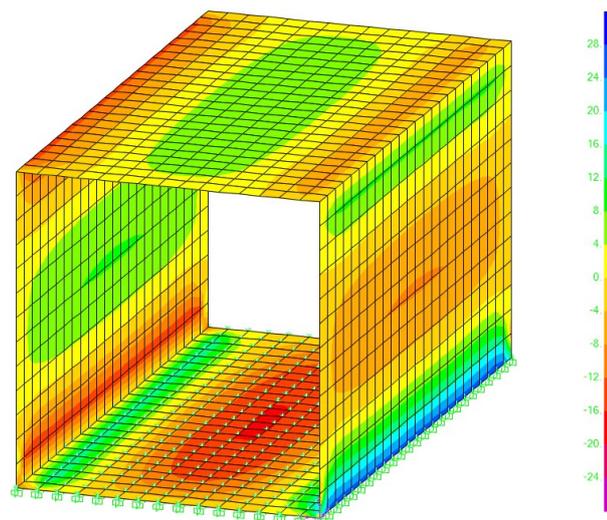


Figura 43: SLD02 M11

Integrando le sollecitazioni in corrispondenza delle principali sezioni rileviamo le seguenti sollecitazioni:

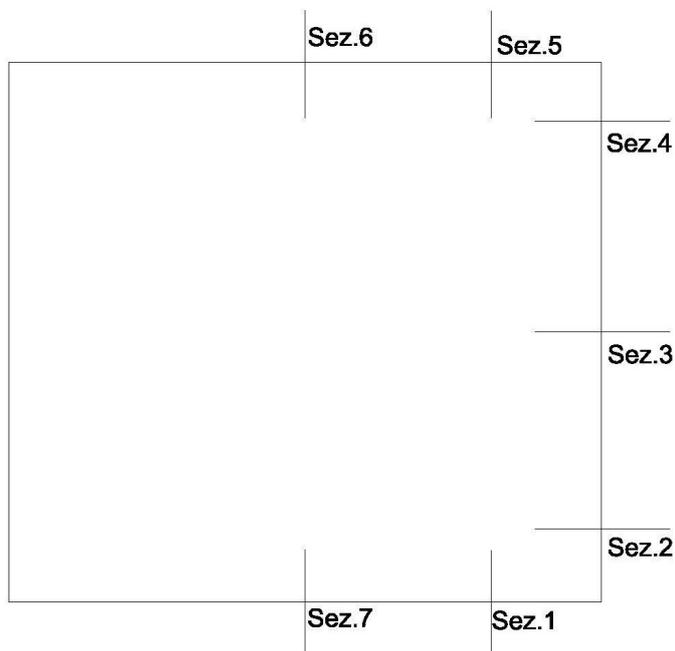


Figura 44: Schema sezioni di verifica

#### Incastro platea-parete

sc-1	P	M3	V2
	KN	KN-m	KN
SLU	0.00	248.37	252.18
SLErara	0.00	167.51	181.49
SLEfrequente	0.00	143.94	167.11
SLEquasipermanente	0.00	73.66	135.84
SLV	-0.55	348.97	111.47
SLD	-0.23	189.54	140.77

Tab.1 Sollecitazioni integrate su sezione l=1.00mt

#### Incastro parete-platea

sc-2	P	M3	V2
	KN	KN-m	KN
SLU	-245.01	201.972	250.32
SLErara	-196.43	141.435	167.66
SLEfrequente	-178.66	123.078	150.85
SLEquasipermanente	-139.16	72.69	100.18
SLV	-84.67	261.215	253.32
SLD	-144.18	152.044	164.64

Tab.2 Sollecitazioni integrate su sezione l=1.00mt

### Mezzeria parete

sc-3	P	M3	V2
	KN	KN-m	KN
SLU	-223.91	-150.23	-22.01
SLErara	-189.36	-95.56	-13.93
SLEfrequente	-164.07	-82.99	-12.86
SLEquasipermanente	-106.48	-39.89	-10.57
SLV	-48.41	-154.74	46.54
SLD	-109.95	-88.23	13.47

Tab.3 Sollecitazioni integrate su sezione l=1.00mt

### Incastro Parete-Soletta

sc-4	P	M3	V2
	KN	KN-m	KN
SLU	-213.36	117.80	-133.98
SLErara	-196.44	81.36	-88.60
SLEfrequente	-159.25	68.88	-77.79
SLEquasipermanente	-73.39	41.86	-49.45
SLV	-17.51	-115.95	-71.21
SLD	-75.38	42.49	-58.61

Tab.4 Sollecitazioni integrate su sezione l=1.00mt

### Incastro Soletta-Parete

sc-5	P	M3	V2
	KN	KN-m	KN
SLU	-164.06	-105.46	-210.71
SLErara	-108.69	-70.29	-146.27
SLEfrequente	-93.73	-59.70	-119.08
SLEquasipermanente	-51.25	-41.14	-58.13
SLV	-90.08	79.92	-2.06
SLD	-67.60	-40.96	-59.62

Tab.5 Sollecitazioni integrate su sezione l=1.00mt

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINO IDRAULICO TP21Bis- Relazione Tecnica e di Calcolo

### Mezzeria Soletta

sc-6	P	M3	V2
	KN	KN-m	KN
SLU	-133.33	151.47	29.83
SLErara	-88.05	108.47	19.44
SLEfrequente	-77.88	87.74	-14.00
SLEquasipermanente	-50.20	33.90	-4.49
SLV	-97.04	20.64	51.24
SLD	-69.92	36.00	18.97

Tab.6 Sollecitazioni integrate su sezione l=1.00mt

### Mezzeria Platea

sc-7	P	M3	V2
	KN	KN-m	KN
SLU	0.00	-136.53	58.72
SLErara	0.00	-102.76	38.90
SLEfrequente	0.00	-95.08	28.55
SLEquasipermanente	0.00	-75.05	-2.49
SLV	0.55	-26.37	135.99
SLD	0.00	-79.28	55.79

Tab.7 Sollecitazioni integrate su sezione l=1.00mt

Riportiamo a seguire le verifiche delle principali sezioni analizzate, per le varie combinazioni individuati, in particolare le combinazioni di carico statiche (SLU ed SLE); le combinazioni di carico sismiche non risultano dimensionanti ai fini delle verifiche di sicurezza:

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	174,00	daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	87,00	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0,0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0,0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	330194	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson:	0,20	
	Resis. media a trazione fctm:	29,40	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15,0	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	184,26	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Rare:	Non prevista	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	184,26	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0,300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	138,20	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0,200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500,0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500,0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di calcolo fyd:	3913,0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913,0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0,068	daN/cm <sup>2</sup>
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1,00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0,50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3600,0	daN/cm <sup>2</sup>	

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

## NOME SEZIONE: SEZ.1-INCASTRO PLATEA/PARETE

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100,0	cm
Altezza:	50,0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45,2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5,2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5,2	cm

### ST.LIM.ULTIMI

	M SLU		
	max	min	
M <sub>Ed</sub>	248.37	116.04	
N <sub>Ed,corrispondente</sub>	0.00	0.00	
M <sub>Rd</sub>	720.6	720.6	
C/D	2.90	6.21	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Ed</sub> ≥ 1

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez-1

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm <sup>2</sup> ]	d [mm]
1	1000	500	1	2262	52
			2	4524	448

Tipo Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N:  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione:  
 Retta  Deviata

Materiali:  
B450C C30/37  
ε<sub>cu</sub> 67.5‰ ε<sub>c2</sub> 2‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub> 3.5‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 17 N/mm<sup>2</sup>  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 17 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.85  
ε<sub>syd</sub> 1.957‰ σ<sub>c,adm</sub> 11.5 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0.6933  
τ<sub>c1</sub> 2.029

M<sub>xRd</sub> 720.6 kNm  
σ<sub>c</sub> -17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub> 3.5‰  
ε<sub>s</sub> 15.08‰  
d 448 mm  
x 84.41 x/d 0.1884  
δ 0.7

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 mm Col. modello

Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINO IDRAULICO TP21Bis- Relazione Tecnica e di Calcolo

Verifica a taglio senza armatura a taglio		
$V_{sd}$ = sforzo di taglio agente SLU	252.18	kN
$N_{Ed}$ = sforzo normale agente	0.00	kN
$A_c$ = sezione calcestruzzo	500000	mm <sup>2</sup>
$b_w$ = larghezza minima della sezione	1000	mm
$d$ = altezza utile sezione	448	mm
$A_{sl}$ = armatura longitudinale tesa	4520	mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ = rapporto geometrico armatura tesa	0.0101	
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	1.668	
$f_{ck}$ = resistenza cilindrica caratteristica a compressione	30.00	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ = coefficiente parziale di sicurezza	1.5	
$V_{min} = 0,035k^3/2 f_{ck}^{1/2}$	0.413	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0,2 f_{cd}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>
$V_{rd min} =$	185	kN
$V_{Rd,c} =$	279.483	kN
VERIFICA	1.11	$V_{Rd}/V_{Ed} \geq 1$

#### ST. LIM. DI ESERCIZIO

Stato limite di Limitazione delle Tensioni			
$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{c,rara}$	$0,6 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,6f_{ck}$
167.51	1.90	18	9.72

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{c,qp}$	$0,45 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,45f_{ck}$
73.66	0.83	14	16.58

$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{s,rara}$	$0,8 \cdot f_{yk}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,rara}/0,8f_{yk}$
167.51	90.19	360	3.99

Stato limite di Fessurazione			
$M_{SLE,freq}$	$\sigma_{s,freq}$	$\sigma_{s,max,w2}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w2}/\sigma_{s,freq}$
143.94	77.50	204	2.64

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{s,qp}$	$\sigma_{s,max,w1}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w1}/\sigma_{s,qp}$
73.66	39.66	164	4.15

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

## NOME SEZIONE: SEZ.2-INCASTRO PLATEA/PARETE

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100,0	cm
Altezza:	50,0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45,2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45,2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5,2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5,2	cm

### ST.LIM.ULTIMI

	M SLU		
	max	min	
M <sub>Ed</sub>	248.37	125.50	
N <sub>Ed,corrispondente</sub>	-186.34	-245.01	
M <sub>Rd</sub>	759.5	770	
C/D	3.06	6.14	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Ed</sub> ≥ 1

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez-2\_incastroParetePlatea

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: \_\_\_\_\_

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm <sup>2</sup> ]	d [mm]
1	1000	500	1	4524	52
			2	4524	448

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 186.34 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 201.97 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub> 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 17 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.85  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 11.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0.6933  
τ<sub>c1</sub> 2.029

M<sub>xRd</sub> 759.5 kNm  
σ<sub>c</sub> -17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 17.72 ‰  
d 448 mm  
x 73.91 x/d 0.165  
δ 0.7

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINO IDRAULICO TP21Bis- Relazione Tecnica e di Calcolo

Verifica a taglio senza armatura a taglio		
$V_{sd}$ = sforzo di taglio agente SLU	250.32	kN
$N_{Ed}$ = sforzo normale agente	-186.34	kN
$A_c$ = sezione calcestruzzo	500000	mm <sup>2</sup>
$b_w$ = larghezza minima della sezione	1000	mm
$d$ = altezza utile sezione	448	mm
$A_{sl}$ = armatura longitudinale tesa	4520	mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ = rapporto geometrico armatura tesa	0.0101	
$k=1+(200/d)^{1/2} \leq 2$	1.668	
$f_{ck}$ = resistenza cilindrica caratteristica a compressione	30.00	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ = coefficiente parziale di sicurezza	1.50	
$V_{min} = 0,035k^3/2 f_{ck}^{1/2}$	0.413	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0,2 f_{cd}$	0.373	N/mm <sup>2</sup>
$V_{rd\ min} =$	210	kN
$V_{Rd,c} =$	304.528	kN
VERIFICA	1.22	$V_{Rd}/V_{Ed} \geq 1$

#### ST. LIM. DI ESERCIZIO

Stato limite di Limitazione delle Tensioni			
$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{c,rara}$	$0,6 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0.6f_{ck}$
141.44	1.53	18	12.03

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{c,qp}$	$0,45 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0.45f_{ck}$
72.69	0.79	14	17.56

$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{s,rara}$	$0,8 \cdot f_{yk}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,rara}/0.8f_{yk}$
141.44	76.17	360	4.73

Stato limite di Fessurazione			
$M_{SLE,freq}$	$\sigma_{s,freq}$	$\sigma_{s,max,w2}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w2}/\sigma_{s,freq}$
123.08	66.29	204	3.08

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{s,qp}$	$\sigma_{s,max,w1}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w1}/\sigma_{s,qp}$
72.69	39.15	164	4.20

## NOME SEZIONE: SEZ.3-SEZIONE MEZZERIA PARETE

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100,0	cm
Altezza:	50,0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5,2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5,2	cm

### ST.LIM.ULTIMI

	M SLU		
	max	min	
M <sub>Ed</sub>	-56.05	-150.23	
N <sub>Ed,corrispondente</sub>	-223.91	-146.77	
M <sub>Rd</sub>	-416.9	-401.6	
C/D	7.44	2.67	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Ed</sub> ≥ 1

The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez-3\_mezzeriaParete". The interface includes a menu bar, a toolbar, and several panels for data entry and calculation.

**Titolo:** [Empty field]

**N° figure elementari:** 1 **Zoom** **N° strati barre:** 2 **Zoom**

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm <sup>2</sup> ]	d [mm]
1	1000	500	1	2260	52
			2	2260	448

**Sollecitazioni:** S.L.U. **Metodo n**

N <sub>Ed</sub>	146.77	0	kN
M <sub>Ed</sub>	-150.23	0	kNm
M <sub>xEd</sub>	0	0	
M <sub>yEd</sub>	0	0	

**P.to applicazione N:**  Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo:**  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

**Tipo flessione:**  Retta  Deviata

**N° rett.:** 100

**Calcola MRd** **Dominio M-N**

**L<sub>0</sub>:** 0 mm **Col. modello**

Precompresso

**Materiali:** B450C C30/37

ε <sub>su</sub>	67.5	‰	ε <sub>c2</sub>	2	‰
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	ε <sub>cu</sub>	3.5	‰
E <sub>s</sub>	200,000	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>cd</sub>	17	‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	17		f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0.85	
ε <sub>syd</sub>	1.957	‰	σ <sub>c,adm</sub>	11.5	
σ <sub>s,adm</sub>	255	N/mm <sup>2</sup>	τ <sub>co</sub>	0.6933	
			τ <sub>c1</sub>	2.029	

**M<sub>xRd</sub>:** -401.6 kNm

**σ<sub>c</sub>:** -17 N/mm<sup>2</sup>

**σ<sub>s</sub>:** 391.3 N/mm<sup>2</sup>

**ε<sub>c</sub>:** 3.5 ‰

**ε<sub>s</sub>:** 22.71 ‰

**d:** 448 mm

**x:** 59.82 **x/d:** 0.1335

**δ:** 0.7

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINO IDRAULICO TP21Bis- Relazione Tecnica e di Calcolo

Verifica a taglio senza armatura a taglio		
$V_{sd}$ = sforzo di taglio agente SLU	22.01	kN
$N_{Ed}$ = sforzo normale agente	-223.91	kN
$A_c$ = sezione calcestruzzo	500000	mm <sup>2</sup>
$b_w$ = larghezza minima della sezione	1000	mm
$d$ = altezza utile sezione	448	mm
$A_{sl}$ = armatura longitudinale tesa	2260	mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ = rapporto geometrico armatura tesa	0.0050	
$k=1+(200/d)^{1/2} \leq 2$	1.668	
$f_{ck}$ = resistenza cilindrica caratteristica a compressione	30.00	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ = coefficiente parziale di sicurezza	1.50	
$V_{min} = 0,035k^3/2 f_{ck}^{1/2}$	0.413	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0,2 f_{cd}$	0.448	N/mm <sup>2</sup>
$V_{rd\ min} =$	215	kN
$V_{Rd,c} =$	251.919	kN
VERIFICA	11.45	$V_{Rd}/V_{Ed} \geq 1$

#### ST.LIM. DI ESERCIZIO

Stato limite di Limitazione delle Tensioni			
$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{c,rara}$	$0,6 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,6f_{ck}$
95.56	1.44	18	12.75

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{c,qp}$	$0,45 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,45f_{ck}$
39.89	0.60	14	22.91

$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{s,rara}$	$0,8 \cdot f_{yk}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,rara}/0,8f_{yk}$
95.56	100.76	360	3.57

Stato limite di Fessurazione			
$M_{SLE,freq}$	$\sigma_{s,freq}$	$\sigma_{s,max,w2}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w2}/\sigma_{s,freq}$
82.99	87.50	204	2.34

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{s,qp}$	$\sigma_{s,max,w1}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w1}/\sigma_{s,qp}$
39.89	42.06	164	3.91

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

## NOME SEZIONE: SEZ.4-INCASTRO PARETE/SOLETTA

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100,0	cm
Altezza:	50,0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45,2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5,2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5,2	cm

### ST.LIM.ULTIMI

	M SLU		
	max	min	
M <sub>Ed</sub>	117.80	5.27	
N <sub>Ed,corrispondente</sub>	-213.36	-109.53	
M <sub>Rd</sub>	760.2	741	
C/D	6.45	140.55	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Ed</sub> ≥ 1

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez-4\_incastroPareteSoletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm <sup>2</sup> ]	d [mm]
1	1000	500	1	2260	52
			2	4524	448

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 213.36 kN  
M<sub>xEd</sub> 117.80 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N:  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipologia flessione:  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 17 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.85  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 11.5 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0.6933  
τ<sub>c1</sub> 2.029

M<sub>xRd</sub> 760.2 kNm  
σ<sub>c</sub> -17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 13.32 ‰  
d 448 mm  
x 93.24 x/d 0.2081  
δ 0.7002

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINO IDRAULICO TP21Bis- Relazione Tecnica e di Calcolo

Verifica a taglio senza armatura a taglio		
$V_{sd}$ = sforzo di taglio agente SLU	133.98	kN
$N_{Ed}$ = sforzo normale agente	-109.53	kN
$A_c$ = sezione calcestruzzo	500000	mm <sup>2</sup>
$b_w$ = larghezza minima della sezione	1000	mm
$d$ = altezza utile sezione	448	mm
$A_{sl}$ = armatura longitudinale tesa	4520	mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ = rapporto geometrico armatura tesa	0.0101	
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	1.668	
$f_{ck}$ = resistenza cilindrica caratteristica a compressione	30.00	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ = coefficiente parziale di sicurezza	1.50	
$V_{min} = 0,035k^3/2 f_{ck}^{1/2}$	0.413	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0,2 f_{cd}$	0.219	N/mm <sup>2</sup>
$V_{rd\ min} =$	200	kN
$V_{Rd,c} =$	294.204	kN
VERIFICA	2.20	$V_{Rd}/V_{Ed} \geq 1$

#### ST.LIM. DI ESERCIZIO

Stato limite di Limitazione delle Tensioni			
$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{c,rara}$	$0,6 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,6f_{ck}$
81.36	0.92	18	20.01

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{c,qp}$	$0,45 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,45f_{ck}$
41.86	0.47	14	29.17

$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{s,rara}$	$0,8 \cdot f_{yk}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,rara}/0,8f_{yk}$
81.36	43.81	360	8.22

Stato limite di Fessurazione			
$M_{SLE,freq}$	$\sigma_{s,freq}$	$\sigma_{s,max,w2}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w2}/\sigma_{s,freq}$
68.88	37.09	204	5.51

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{s,qp}$	$\sigma_{s,max,w1}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w1}/\sigma_{s,qp}$
41.86	22.54	164	7.30

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

## NOME SEZIONE: SEZ.5-INCASTRO SOLETTA/PARETE

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100,0	cm
Altezza:	50,0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45,2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5,2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5,2	cm

### ST.LIM.ULTIMI

	M SLU		
	max	min	
M <sub>Ed</sub>	-36.95	-105.46	
N <sub>Ed,corrispondente</sub>	-164.06	-120.08	
M <sub>Rd</sub>	-750.5	-742.4	
C/D	20.31	7.04	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Ed</sub> ≥ 1

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez\_5\_incastroSolettaParete

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm <sup>2</sup> ]	d [mm]
1	1000	500	1	4520	52
			2	2260	448

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 120.08 0 kN  
M<sub>xEd</sub> -105.46 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
 S.L.U. +  S.L.U. -  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C30/37	
E <sub>su</sub>	67.5 ‰	E <sub>c2</sub>	2 ‰
f <sub>yd</sub>	391.3 N/mm <sup>2</sup>	E <sub>cu</sub>	3.5 ‰
E <sub>s</sub>	200.000 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>cd</sub>	17
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	17	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0.85
E <sub>syd</sub>	1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub>	11.5
σ <sub>s,adm</sub>	255 N/mm <sup>2</sup>	τ <sub>co</sub>	0.6933
		τ <sub>c1</sub>	2.029

M<sub>xRd</sub> -742.4 kNm

σ<sub>c</sub> -17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 14.07 ‰  
d 448 mm  
x 89.23 x/d 0.1992  
δ 0.7

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINO IDRAULICO TP21Bis- Relazione Tecnica e di Calcolo

Verifica a taglio senza armatura a taglio		
$V_{sd}$ = sforzo di taglio agente SLU	210.71	kN
$N_{Ed}$ = sforzo normale agente	-120.34	kN
$A_c$ = sezione calcestruzzo	500000	mm <sup>2</sup>
$b_w$ = larghezza minima della sezione	1000	mm
$d$ = altezza utile sezione	448	mm
$A_{sl}$ = armatura longitudinale tesa	4520	mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ = rapporto geometrico armatura tesa	0.0101	
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	1.668	
$f_{ck}$ = resistenza cilindrica caratteristica a compressione	30.00	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ = coefficiente parziale di sicurezza	1.50	
$V_{min} = 0,035k^3/2 f_{ck}^{1/2}$	0.413	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0,2 f_{cd}$	0.241	N/mm <sup>2</sup>
$V_{rd\ min} =$	201	kN
$V_{Rd,c} =$	295.657	kN
VERIFICA	1.40	$V_{Rd}/V_{Ed} \geq 1$

#### ST.LIM. DI ESERCIZIO

Stato limite di Limitazione delle Tensioni			
$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{c,rara}$	$0,6 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,6f_{ck}$
70.29	0.80	18	23.17

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{c,qp}$	$0,45 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,45f_{ck}$
41.14	0.47	14	29.68

$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{s,rara}$	$0,8 \cdot f_{yk}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,rara}/0,8f_{yk}$
70.29	37.85	360	9.51

Stato limite di Fessurazione			
$M_{SLE,freq}$	$\sigma_{s,freq}$	$\sigma_{s,max,w2}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w2}/\sigma_{s,freq}$
59.70	32.15	204	6.36

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{s,qp}$	$\sigma_{s,max,w1}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w1}/\sigma_{s,qp}$
41.14	22.15	164	7.42

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

## NOME SEZIONE: SEZ.6 –SEZIONE MEZZERIA SOLETTA

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100,0	cm
Altezza:	50,0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5,2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5,2	cm

### ST.LIM.ULTIMI

	M SLU		
	max	min	
M <sub>Ed</sub>	151.47	41.94	
N <sub>Ed,corrispondente</sub>	-117.68	-133.33	
M <sub>Rd</sub>	395.8	398.9	
C/D	2.61	9.51	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Ed</sub> ≥ 1

Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez-6\_mezzeriaSoletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm <sup>2</sup> ]	d [mm]
1	1000	500	1	2260	52
			2	2260	448

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 117.68 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 151.47 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N:  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN 0 yN 0

Tipo rottura:  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:  
 S.L.U. +  S.L.U. -  
 Metodo n

Tipologia flessione:  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 mm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

E<sub>su</sub> 67.5 ‰ E<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup> E<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 17 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.85  
E<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 11.5 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0.6933  
τ<sub>c1</sub> 2.029

M<sub>xRd</sub> 395.8 kNm  
σ<sub>c</sub> -17 N/mm<sup>2</sup>  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 23.06 ‰  
d 448 mm  
x 59.04 x/d 0.1318  
δ 0.7

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINO IDRAULICO TP21Bis- Relazione Tecnica e di Calcolo

Verifica a taglio senza armatura a taglio		
$V_{sd}$ = sforzo di taglio agente SLU	29.83	kN
$N_{Ed}$ = sforzo normale agente	-113.71	kN
$A_c$ = sezione calcestruzzo	500000	mm <sup>2</sup>
$b_w$ = larghezza minima della sezione	1000	mm
$d$ = altezza utile sezione	448	mm
$A_{sl}$ = armatura longitudinale tesa	2260	mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ = rapporto geometrico armatura tesa	0.0052	
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	1.676	
$f_{ck}$ = resistenza cilindrica caratteristica a compressione	30.00	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ = coefficiente parziale di sicurezza	1.50	
$V_{min} = 0,035k^3/2 f_{ck}^{1/2}$	0.413	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0,2 f_{cd}$	0.227	N/mm <sup>2</sup>
$V_{rd\ min} =$	200	kN
$V_{Rd,c} =$	237.108	kN
VERIFICA	7.95	$V_{Rd}/V_{Ed} \geq 1$

#### ST.LIM. DI ESERCIZIO

Stato limite di Limitazione delle Tensioni			
$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{c,rara}$	$0,6 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,6f_{ck}$
108.47	1.64	18	11.24

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{c,qp}$	$0,45 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,45f_{ck}$
33.90	0.51	14	26.97

$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{s,rara}$	$0,8 \cdot f_{yk}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,rara}/0,8f_{yk}$
108.47	114.36	360	3.15

Stato limite di Fessurazione			
$M_{SLE,freq}$	$\sigma_{s,freq}$	$\sigma_{s,max,w2}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w2}/\sigma_{s,freq}$
87.74	92.50	204	2.21

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{s,qp}$	$\sigma_{s,max,w1}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w1}/\sigma_{s,qp}$
33.90	35.74	164	4.60

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

## NOME SEZIONE: SEZ.7 –SEZIONE MEZZERIA PLATEA

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100,0	cm
Altezza:	50,0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø24	(22,6 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5,2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5,2	cm

### ST.LIM.ULTIMI

	M SLU		
	max	min	
M <sub>Ed</sub>	-76.68	-136.53	
N <sub>Ed,corrispondente</sub>	0.00	0.00	
M <sub>Rd</sub>	372.3	-372.3	
C/D	4.85	2.73	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Ed</sub> ≥ 1

The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U. - File: Sez-7\_mezzeriaPlatea". It contains several input fields and tables for defining the section and its properties.

**Titolo:** [Empty field]

**N° figure elementari:** 1 **Zoom** **N° strati barre:** 2 **Zoom**

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	500	1	2260	52
			2	2260	448

**Sollecitazioni:** S.L.U. **Metodo n**

**N<sub>Ed</sub>:** 0 **0** kN  
**M<sub>xEd</sub>:** 0 **0** kNm  
**M<sub>yEd</sub>:** 0 **0**

**P.to applicazione N:**  Centro  Baricentro cls  
 Coord.[mm] xN: 0 yN: 0

**Metodo di calcolo:**  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

**Tipo flessione:**  Retta  Deviata

**Materiali:** B450C C30/37

E <sub>cu</sub> 67.5 %	E <sub>c2</sub> 2 %	σ <sub>c</sub> -17 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm <sup>2</sup>	E <sub>cu</sub> 3.5	σ <sub>s</sub> 391.3 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>s</sub> 200,000 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>cd</sub> 17	ε <sub>c</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 17	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.85	ε <sub>s</sub> 24.5 ‰
E <sub>syd</sub> 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 11.5	d 448 mm
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm <sup>2</sup>	τ <sub>co</sub> 0.6933	x 55.99 x/d 0.125
	τ <sub>c1</sub> 2.029	δ 0.7

**M<sub>xRd</sub>:** -372.3 kN m

**Calcola MRd** **Dominio M-N** **N° rett:** 100 **L<sub>0</sub>:** 0 mm **Col. modello**

Precompresso

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

TOMBINO IDRAULICO TP21Bis- Relazione Tecnica e di Calcolo

Verifica a taglio senza armatura a taglio		
$V_{sd}$ = sforzo di taglio agente SLU	58.72	kN
$N_{Ed}$ = sforzo normale agente	0.00	kN
$A_c$ = sezione calcestruzzo	500000	mm <sup>2</sup>
$b_w$ = larghezza minima della sezione	1000	mm
$d$ = altezza utile sezione	448	mm
$A_{sl}$ = armatura longitudinale tesa	2260	mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ = rapporto geometrico armatura tesa	0.0050	
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	1.668	
$f_{ck}$ = resistenza cilindrica caratteristica a compressione	30.00	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ = coefficiente parziale di sicurezza	1.50	
$V_{min} = 0,035k^3/2 f_{ck}^{1/2}$	0.413	
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0,2 f_{cd}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>
$V_{rd\ min} =$	185	kN
$V_{Rd,c} =$	221.826	kN
VERIFICA	3.78	$V_{Rd}/V_{Ed} \geq 1$

#### ST.LIM. DI ESERCIZIO

Stato limite di Limitazione delle Tensioni			
$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{c,rara}$	$0,6 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,6f_{ck}$
102.76	1.55	18	11.86

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{c,qp}$	$0,45 \cdot f_{ck}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,rara}/0,45f_{ck}$
75.05	1.13	14	12.18

$M_{SLE,rara}$	$\sigma_{s,rara}$	$0,8 \cdot f_{yk}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,rara}/0,8f_{yk}$
102.76	108.35	360	3.32

Stato limite di Fessurazione			
$M_{SLE,freq}$	$\sigma_{s,freq}$	$\sigma_{s,max,w2}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w2}/\sigma_{s,freq}$
95.08	100.25	204	2.04

$M_{SLE,qp}$	$\sigma_{s,qp}$	$\sigma_{s,max,w1}$	verifica
kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,max,w1}/\sigma_{s,qp}$
75.05	79.12	164	2.08