

E78 GROSSETO - FANO
Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)
Adeguamento a quattro corsie del tratto
San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto

PROGETTO DEFINITIVO

FI 508

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i> Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone al n. 790A</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resto</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GP INGENGERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGENGERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante) cooprogetti</p> <p>(Mandante) engeko</p> <p>(Mandante) AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) : Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
Asse principale
Adeguamento opere di sostegno esistenti
Relazione tecnica

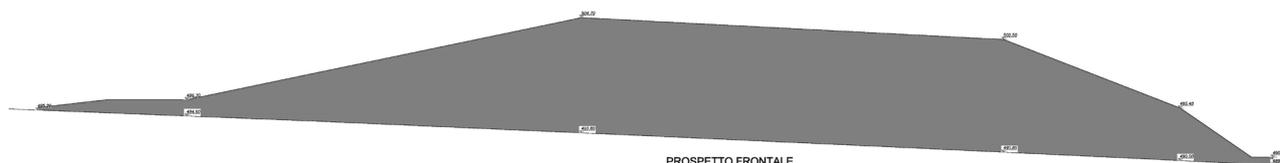
<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV.PROG ANNO</p>	<p>NOME FILE</p> <p>P010S55STRRE01_A</p>	<p>REVISIONE</p>	<p>SCALA</p>
<p>DPFI508 D 23</p>	<p>CODICE ELAB. P010S55STRRE01</p>	<p>A</p>	
<p>D</p>			
<p>C</p>			
<p>B</p>			
<p>A</p>	<p>Emissione</p>	<p>Agosto '23</p>	<p>Guidobaldi</p>
<p>REV.</p>	<p>DESCRIZIONE</p>	<p>DATA</p>	<p>REDATTO</p>
<p>VERIFICATO</p>	<p>APPROVATO</p>	<p>Resta</p>	<p>Guiducci</p>

1	<u>INTRODUZIONE</u>	<u>2</u>
1.1	GENERALITÀ	2
1.1.1	<i>Contestualizzazione dell'opera</i>	2
1.1.2	<i>Caratterizzazione geografica/sismica</i>	2
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
1.3	MATERIALI IMPIEGATI	6
1.3.1	<i>Conglomerati cementizi</i>	6
1.3.2	<i>Acciaio per cemento armato</i>	6
1.3.3	<i>Copriferri</i>	7
1.3.4	<i>Tabella materiali riepilogativa</i>	7
1.4	SOFTWARE DI CALCOLO	8
2	<u>DESCRIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO</u>	<u>8</u>
4	<u>METODOLOGIE DI CALCOLO – MURI DI SOSTEGNO</u>	<u>10</u>
6	<u>APPROCCIO DI CALCOLO</u>	<u>16</u>
6.1	VERIFICHE ALLO SLU E SLV	16
6.2	VERIFICHE TENSIONALI AGLI S.L.E.	16
6.2.1	<i>Limitazioni delle tensioni</i>	16
6.2.2	<i>Verifiche di fessurazione</i>	16
7	<u>VERIFICHE MURO OS.55</u>	<u>17</u>
7.2	VERIFICA ARMATURA	21
7.4	VERIFICA A TAGLIO	23
7.6	VERIFICHE DEI TIRANTI	25
7.8	VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE	28
7.10	RIEPILOGO VERIFICHE GEOTECNICHE	29
8	<u>ALLEGATI OS.55</u>	<u>30</u>

1 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione sono le verifiche statiche e geotecniche del muro di sostegno esistente in cemento armato gettato in opera **OS.55**.

OPS006 - Muro di sostegno su S.S. 73



Di seguito si riporta il report fotografico dell'opera.



1.1 GENERALITÀ

Il presente lavoro si colloca all'interno del progetto della "Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45) Adeguamento a quattro corsie del tratto San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto (FI508)".

1.1.1 CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA

Le opere sono situate nel Comune di Arezzo. La struttura è un muro esistente in CA gettato in opera, è previsto un intervento di adeguamento sismico che consiste nella posa di tiranti, travi di ripartizione e riempimento in cls.

1.1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOGRAFICA/SISMICA

1.1.2.1 Parametri sismici

Con riferimento alla mappatura nazionale relativa al rischio sismico (NTC-18) e in base alla posizione dell'opera e alla tipologia del terreno si ottiene quanto segue – si prende come riferimento la caratterizzazione sismica più proibitiva individuata sull'intero sviluppo del tracciato:

- | | |
|---------------------------|--------|
| • Comune | Arezzo |
| • Categoria di sottosuolo | E |
| • Categoria topografica | T1 |

PROGETTAZIONE ATI:

- Vita nominale 100 anni
- Classe d'uso IV
- Cu 2

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV

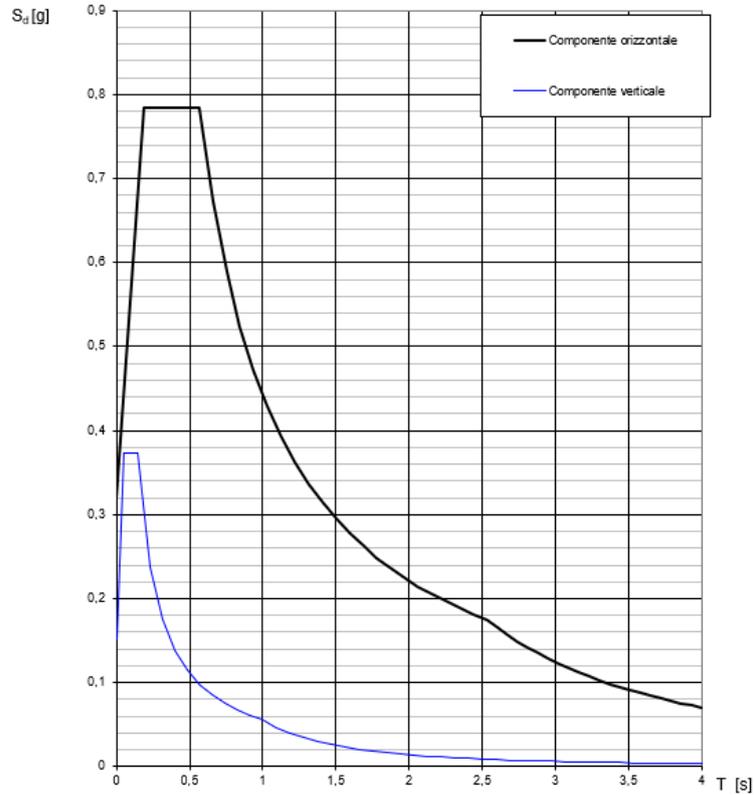


Figura 1-1 Spettro di risposta per lo stato limite SLV

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,233 g
F_0	2,465
T_C	0,305 s
S_S	1,370
C_C	1,849
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,370
η	1,000
T_B	0,188 s
T_C	0,564 s
T_D	2,530 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,318
$T_B \leftarrow$	0,188	0,785
$T_C \leftarrow$	0,564	0,785
	0,658	0,673
	0,751	0,589
	0,845	0,524
	0,938	0,472
	1,032	0,429
	1,126	0,393
	1,219	0,363
	1,313	0,337
	1,407	0,315
	1,500	0,295
	1,594	0,278
	1,687	0,262
	1,781	0,249
	1,875	0,236
	1,968	0,225
	2,062	0,215
	2,156	0,205
	2,249	0,197
	2,343	0,189
	2,436	0,182
$T_D \leftarrow$	2,530	0,175
	2,600	0,166
	2,670	0,157
	2,740	0,149
	2,810	0,142
	2,880	0,135
	2,950	0,129
	3,020	0,123
	3,090	0,117
	3,160	0,112
	3,230	0,107
	3,300	0,103
	3,370	0,099
	3,440	0,095
	3,510	0,091
	3,580	0,087
	3,650	0,084
	3,720	0,081
	3,790	0,078
	3,860	0,075
	3,930	0,073
	4,000	0,070

Tabella 1-1 Parametri dipendenti e indipendenti

Le forze inerziali sono direttamente proporzionali all'accelerazione massima di progetto a_{max} valutata tramite la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = 1,37 \cdot 0,233g = 0,318g$$

dove a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido e S è il coefficiente topografico e stratigrafico.

PROGETTAZIONE ATI:

1.1.2.2 Parametri del terreno

La caratterizzazione del terrapieno di spinta sul paramento del muro esistente si assume:

- $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- $\varphi' = 32^\circ$
- $c' = 0 \text{ kPa}$

Per il terreno in fondazione su muro esistente- si assumono i parametri geotecnici a favore di sicurezza, ricavati dalla relazione geotecnica e qui brevemente riportati:

- $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- $\varphi' = 32^\circ$
- $c' = 10 \text{ kPa}$

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica ed al paragrafo relativo alle verifiche.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite, in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente Normativa italiana (NTC-18) e da quella europea (Eurocodici, EN). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi *National Application Documents (NAD's)*, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente Normativa nazionale.

In dettaglio, si fa riferimento ai seguenti documenti normativi:

- D.M. 2018: Norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC-18")
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 2018
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1997-1: Progettazione geotecnica – Regole generali
- UNI EN 1998-1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- UNI EN 1998-5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- *fib* Model Code for Concrete Structures 2010.

1.3 MATERIALI IMPIEGATI

Tutti i materiali previsti per la realizzazione dell'opera devono essere conformi a quanto espressamente indicato dalle NTC-18. Nei paragrafi che seguono si elencano le principali caratteristiche fisico-meccaniche richieste ai suddetti materiali.

1.3.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI

I conglomerati cementizi da porre in opera avranno le seguenti classi di resistenza:

- Opere non armate (Magrone di fondazione) C12/15 (Rck ≥ 15 MPa)
- Solettone inferiore C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)
- Elevazioni C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)
- Solettone superiore C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)
- Cordoli C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)

Per le verifiche:

- coefficiente di sicurezza $\gamma_c = 1.5$
- classe del calcestruzzo: C32/40 (Rck ≥ 40 MPa)
- resistenza a compressione cubica caratteristica: $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- resistenza a compressione cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 32.00 \text{ N/mm}^2$
- resistenza a compressione cilindrica di progetto: $f_{cd} = 18.13 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico: $E_{cm} = 33346 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di dilatazione termica $1 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Nella tabella seguente sono riportate, per ogni singola classe di esposizione ambientale (UNI EN 206-1 2001), le prescrizioni per il calcestruzzo che ne garantiscono la durabilità.

ELEMENTO STRUTTURALE	CLASSI DI ESPOSIZIONE (UNI – EN 206-1)	DESCRIZIONE CONDIZIONI AMBIENTALI	SITUAZIONI POSSIBILI PER L'APPLICAZIONE DELLA CLASSE
Calcestruzzo per opere non armate (magri)	X0	-	-
Calcestruzzo per elevazioni	XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
Calcestruzzo per fondazioni	XC2	Bagnato raramente asciutto	Strutture idrauliche, fondazioni e strutture interrate

Tabella 1-2 condizioni ambientali e classi di esposizione.

1.3.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Tutte le armature metalliche delle opere in cemento armato saranno realizzate in acciaio ordinario B450C, le cui caratteristiche chimico-meccaniche, nonché tutte le prove di accettazione, devono essere conformi alle pertinenti prescrizioni riportate nelle NTC-18. Di seguito si elencano le principali caratteristiche meccaniche del materiale.

Per le verifiche agli S.L.U.:

- coefficiente di sicurezza $\gamma_s = 1.15$
- tipo di acciaio: B450C
- tensione di snervamento caratteristica: $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- tensione di rottura caratteristica: $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = 391.30 \text{ N/mm}^2$
- modulo elastico: $E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

PROGETTAZIONE ATI:

NOTA. Le armature da porre in opera non dovranno presentare tracce di ossidazione, corrosione e di qualsiasi altra sostanza che possa ridurne l'aderenza al conglomerato; dovranno inoltre presentare sezione integra e priva di qualsiasi difetto.

1.3.3 COPRIFERRI

Di seguito si indicano i copriferri netti assunti per gli elementi strutturali del muro:

- Per fondazioni:
 - superfici casserate 40 mm
 - superfici a contatto con magro di fondazione 40 mm
 - superfici gettate controterra 40 mm
- Per elevazioni: 40 mm
- Per solette: 40 mm

1.3.4 TABELLA MATERIALI RIEPILOGATIVA

Nel seguito la tabella materiali riepilogativa riguardante le opere in oggetto:

TABELLA MATERIALI	
GETTO DI PULIZIA E LIVELLAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> - CONFORME ALLA UNI 11104 - CLASSE DI RESISTENZA MINIMA A COMPRESSIONE: C12/15 - DIMENSIONE MASSIMA DEGLI AGGREGATI: Dmax 40 mm
CALCESTRUZZO PER FONDAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> - A PRESTAZIONE GARANTITA CONFORME ALLA UNI 11104 - CLASSE DI RESISTENZA MINIMA A COMPRESSIONE: C32/40 - CLASSE DI CONSISTENZA SLUMP: S4 - CLASSE DI ESPOSIZIONE: XC2 - DIMENSIONE MASSIMA DEGLI AGGREGATI: Dmax 32 mm - RAPPORTO A/C MAX: 0,60 - CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 300 Kg/mc - COPRIFERRO: 40 mm
CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> - A PRESTAZIONE GARANTITA CONFORME ALLA UNI 11104 - CLASSE DI RESISTENZA MINIMA A COMPRESSIONE: C32/40 - CLASSE DI CONSISTENZA SLUMP: S4 - CLASSE DI ESPOSIZIONE: XC2/XF1 - DIMENSIONE MASSIMA DEGLI AGGREGATI: Dmax 20 mm - RAPPORTO A/C MAX: 0,60 - CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 300 Kg/mc - COPRIFERRO: 40 mm - AGGREGATI CONFORMI ALLA UNI EN 12620 DI ADEGUATA RESISTENZA AL GELO/DISGELO
ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO IN BARRE	<ul style="list-style-type: none"> - TIPO B450C CONTROLLATO IN STABILIMENTO SALDABILE (PROPRIETÀ MECCANICHE SECONDO UNI EN ISO 15630-2/2004) - TENSIONE CARATTERISTICA DI SNERVAMENTO: $f_{yk} > 450$ MPa - TENSIONE CARATTERISTICA DI ROTTURA: $f_{tk} > 540$ MPa - OGNI FORNITURA DEVE ESSERE ACCOMPAGNATA DA COPIA CONFORME DEL RELATIVO CERTIFICATO, CON DATA NON ANTERIORE A TRE MESI, EMESSO DAL LABORATORIO UFFICIALE INCARICATO DEL CONTROLLO IN STABILIMENTO.
SPECIFICHE GENERALI	<ul style="list-style-type: none"> - Controllo di accettazione per il calcestruzzo (D.M. 17/01/2018) - Tutte le caratteristiche sopra indicate per il calcestruzzo devono essere riportate nella bolla di consegna. - E' vietata qualunque aggiunta d'acqua al calcestruzzo in cantiere - Prima di ogni getto avvisare la Direzione Lavori Strutturale - Il getto con temperature dell'aria inferiori a 5°C deve essere autorizzato dalla Direzione Lavori Strutturale - In fase di stagionatura dei getti impedire il dilavamento superficiale dei getti per pioggia o ruscellamento d'acqua - In fase di stagionatura dei getti con temperature dell'aria superiori a 25°C o in presenza di forte irraggiamento solare o di vento, procedere a bagnatura delle superfici già indurite

Tabella 1-3 Tabella materiali.

1.4 SOFTWARE DI CALCOLO

Per l'elaborazione dei dati di input/output in generale e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici Microsoft® Office Excel. Ci si è avvalso anche dell'uso del software dell'Aztec Informatica – Max.

2 DESCRIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

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

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

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

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

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

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

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

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

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

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

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

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

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

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

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

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

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

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

Combinazione n° 10 - SLER

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

Combinazione n° 11 - SLEF

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

Combinazione n° 12 - SLEQ

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

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

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

PROGETTAZIONE ATI:

4 METODOLOGIE DI CALCOLO – MURI DI SOSTEGNO

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

PROGETTAZIONE ATI:

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w))^*(k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w))^*(k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

PROGETTAZIONE ATI:

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere

aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c1c} + q N_q d_{q1q} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

PROGETTAZIONE ATI:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^\phi \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

PROGETTAZIONE ATI:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

6 APPROCCIO DI CALCOLO

6.1 VERIFICHE ALLO SLU E SLV

Le verifiche allo SLU e SLV delle sezioni più significative degli elementi strutturali che compongono i muri sono state svolte. Per i dettagli fare riferimento alle analisi svolte nel seguito.

6.2 VERIFICHE TENSIONALI AGLI S.L.E.

Le verifiche condotte consistono nel controllo del quadro tensionale che interessa il calcestruzzo e l'acciaio o nel controllo dell'apertura di fessura.

6.2.1 LIMITAZIONI DELLE TENSIONI

Le verifiche sono condotte con riferimento ai set di sollecitazioni della combinazione SLE Rara e SLE Q. Permanente ottenuti massimizzando e minimizzando l'azione interna flessionale sulle singole sezioni. Tali verifiche tensionali mirano a verificare che gli sforzi massimi/minimi nel calcestruzzo (σ_c) e nell'acciaio (σ_s) rispettino le seguenti limitazioni:

$$\begin{aligned} \sigma_c &\leq 0.60 f_{ck} = -19.2 \text{ Mpa} && \text{rara} \\ \sigma_c &\leq 0.45 f_{ck} = -14.4 \text{ Mpa} && \text{q. permanente} \end{aligned}$$

$$\sigma_s \leq 0.80 f_{yk} = 360 \text{ Mpa} \text{ rara}$$

Per ogni elemento si riporta la condizione peggiore

6.2.2 VERIFICHE DI FESSURAZIONE

Con riferimento ai set di sollecitazioni della combinazione SLE frequente e SLE q. permanente desunti massimizzando/minimizzando le azioni flettenti interne per le sezioni di riferimento di ciascun elemento strutturale, si procede alla verifica di fessurazione considerando i seguenti parametri per la definizione dell'apertura limite di fessura compatibile con i seguenti parametri meccanici e ambientali:

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Pertanto, l'apertura limite di fessura risulta pari a:

Combinazione	w_{lim} [mm]
Frequente	0.3
Quasi permanente	0.2

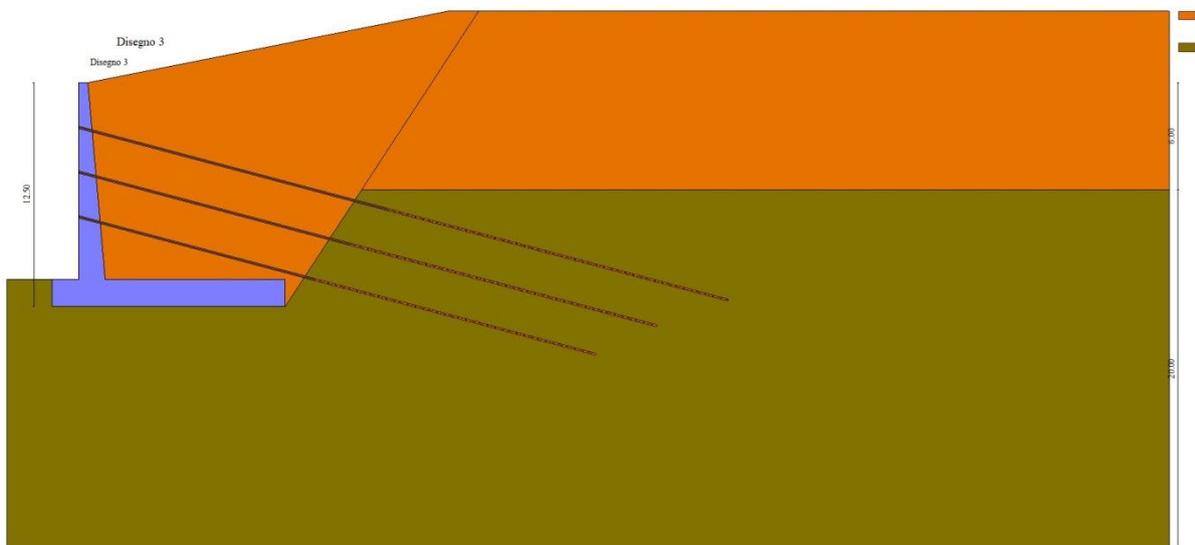
Per brevità, per ciascuna sezione presa in esame verranno riportati i dati della verifica più gravosa

PROGETTAZIONE ATI:

7 VERIFICHE MURO OS.55

Nel seguito si riportano le verifiche allo SLU statiche e allo SLV sismiche del muro.

In figura si riportano il modello dei calcoli e i parametri geotecnici adottati.



Vista la presenza di dreni sub orizzontali sul paramento, si considera, come ipotesi progettuale, per l'opera in oggetto la falda assente.

Si riportano di seguito i risultati delle analisi eseguite con il software di calcolo MAX della Aztec.

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

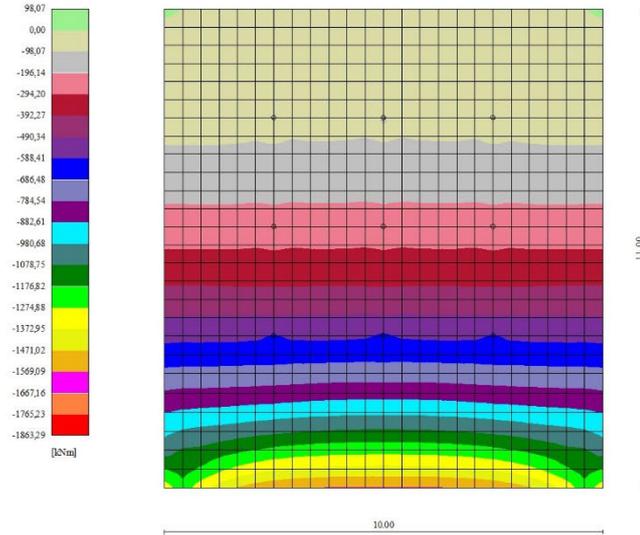


Figura 7-1 Piastra paramento - Momenti MyMAX (Combinazione n° 10)

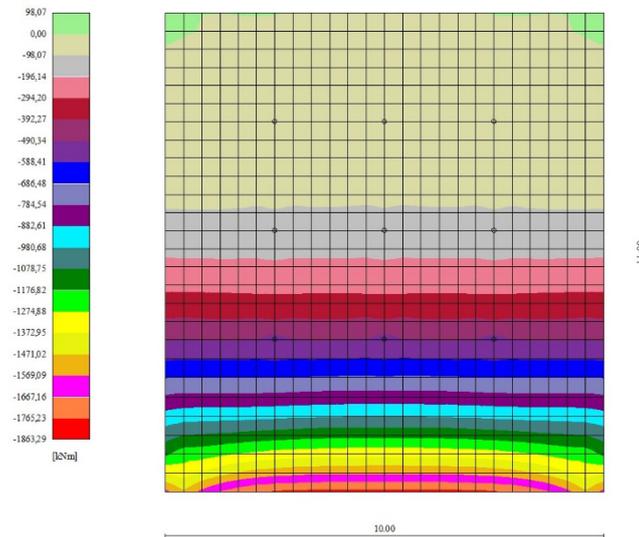


Figura 7-2 Piastra paramento - Momenti MyMAX (Combinazione n° 10)

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

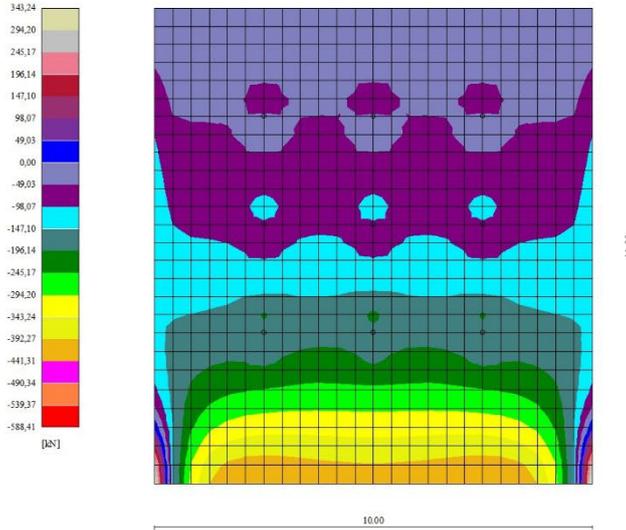


Figura 7-3 Piastra paramento - Momenti MyMAX (Combinazione n° 10)

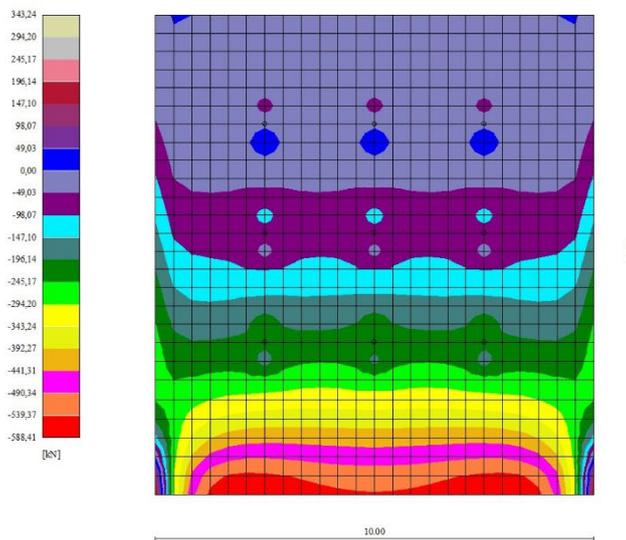


Figura 7-4 Piastra paramento - Momenti MyMAX (Combinazione n° 10)

PROGETTAZIONE ATI:

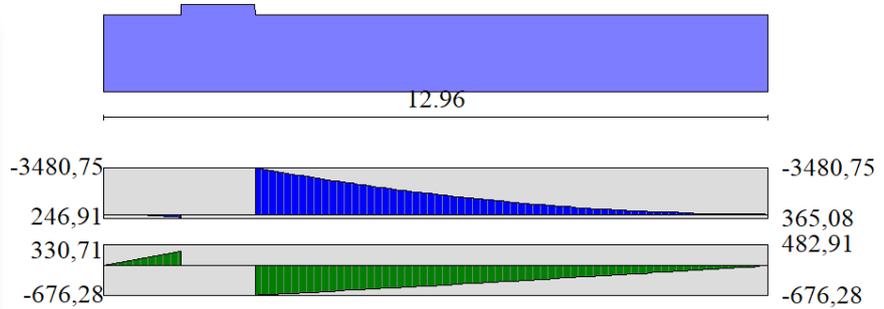
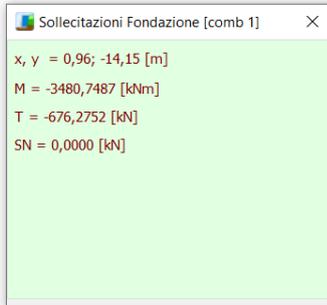


Figura 7-5 Involuppo delle sollecitazioni sulla fondazione.

7.2 VERIFICA ARMATURA

Considerando un acciaio B450 e un calcestruzzo C25/30, si vuole calcolare il minimo valore di armatura previsto dalla normativa NTC 18 agli stati limite ultimi (SLU).

Per l'elevazione:

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window title is 'Verifica C.A. S.L.U. - File: ELEVAZ'. The menu bar includes 'File', 'Materiali', 'Opzioni', 'Visualizza', 'Progetto Sez. Rett.', 'Sismica', and 'Normativa: NTC 2008'. The title bar is 'PARAMENTO'. There are input fields for 'N° figure elementari' (1) and 'N° strati barre' (2). Two tables are displayed: one for element properties (N°, b [cm], h [cm]) and one for reinforcement properties (N°, As [cm²], d [cm]). The reinforcement table shows two layers with As = 45.24 cm² and d = 5 cm and 145 cm respectively. The 'Sollecitazioni' section shows 'S.L.U.' selected and 'Metodo n' chosen. Input fields for N_{Ed}, M_{xEd}, and M_{yEd} are present. The 'P.to applicazione N' section has 'Centro' selected. The 'Tipo rottura' is 'Lato acciaio - Acciaio snervato'. The 'Materiali' section shows 'B450C' and 'C28/35' selected, with various material properties listed. The 'Metodo di calcolo' is 'S.L.U.+' and 'Metodo n'. The 'Tipo flessione' is 'Retta'. The 'N° rett.' is 100. The 'Calcola MRd' and 'Dominio M-N' buttons are visible. The 'L₀' is 0 cm and 'Col. modello' is selected. A 'Precompresso' checkbox is at the bottom.

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	150

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	45.24	145

Materiali

Proprietà	B450C	C28/35
ϵ_{su}	67.5 ‰	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	3.5 ‰
E_s	200'000 N/mm²	f_{cd} 15.87
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co} 0.6667
		τ_{c1} 1.971

Calcoli

M_{xRd}	2'497 kN m
σ_c	-15.87 N/mm²
σ_s	391.3 N/mm²
ϵ_c	3.411 ‰
ϵ_s	67.5 ‰
d	145 cm
x	6.974
x/d	0.0481
δ	0.7

Figura 7-6 Dominio M-N

La fondazione:

Verifica C.A. S.L.U. - File: FOND

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

Titolo: FONDAZIONE

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	49.76	5
2	49.76	195

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali
B450C **C28/35**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello
 Precompresso

Figura 7-7 Dominio M-N

7.4 VERIFICA A TAGLIO

Si riporta la verifica a taglio della fondazione del muro in c.a. che risulta più sollecitato

Taglio resistente nelle sezioni con armatura trasversale a taglio			
<i>Taglio agente</i>	$V_{Ed} = 767 \text{ kN}$		
Altezza della sezione	$h = 2000 \text{ mm}$		
Copriferro della sezione	$\delta = 50 \text{ mm}$		
Altezza utile della sezione	$d = 1950 \text{ mm}$		
Diametro delle staffe	$d_w = 12 \text{ mm}$		
Numero di braccia	$n_w = 2$		
Area totale staffe	$A_{sw} = 226.08 \text{ mm}^2$		
Passo delle staffe	$s = 200 \text{ mm}$		
Inclinazione delle staffe	$\alpha = 90 \text{ deg}$		
Inclinazione delle bielle compresse	$\theta = 30 \text{ deg}$	$\cot(\theta) = 1.73$	
Larghezza minima della sezione	$b_w = 1000 \text{ mm}$		
Coeff. maggiorativo per sezioni compresse	$\alpha_c = 1.2$		
Resistenza di calcolo a "taglio-trazione"	$V_{Rsd} = 1344.6 \text{ kN}$	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$	
Resistenza di calcolo a "taglio-compressione"	$V_{Rcd} = 6433.6 \text{ kN}$	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$	
Resistenza a taglio della sezione	$V_{Rd} = 1344.6 \text{ kN}$	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	
Esito della verifica	soddisfatta		

La verifica è soddisfatta.

Si riporta la verifica a taglio della elevazione del muro in c.a. che risulta più sollecitato

<u>Taglio resistente nelle sezioni con armatura trasversale a taglio</u>			
<i>Taglio agente</i>	$V_{Ed} = 464 \text{ kN}$		
Altezza della sezione	$h = 1500 \text{ mm}$		
Copriferro della sezione	$\delta = 50 \text{ mm}$		
Altezza utile della sezione	$d = 1450 \text{ mm}$		
Diametro delle staffe	$d_w = 12 \text{ mm}$		
Numero di braccia	$n_w = 2$		
Area totale staffe	$A_{sw} = 226.08 \text{ mm}^2$		
Passo delle staffe	$s = 200 \text{ mm}$		
Inclinazione delle staffe	$\alpha = 90 \text{ deg}$		
Inclinazione delle bielle compresse	$\theta = 30 \text{ deg}$	$\cot(\theta) = 1.73$	
Larghezza minima della sezione	$b_w = 1000 \text{ mm}$		
Coeff. maggiorativo per sezioni compresse	$\alpha_c = 1.2$		
Resistenza di calcolo a "taglio-trazione"	$V_{Rsd} = 999.8 \text{ kN}$	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$	
Resistenza di calcolo a "taglio-compressione"	$V_{Rcd} = 4784.0 \text{ kN}$	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$	
Resistenza a taglio della sezione	$V_{Rd} = 999.8 \text{ kN}$	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	
Esito della verifica	soddisfatta		

La verifica è soddisfatta.

7.6 VERIFICHE DEI TIRANTI

Nella tabella seguente si riportano le sollecitazioni ottenute sui tiranti.

Ordine	Profondità (m)	Interasse (m)	Inclinazione (°)	Trefoli	Pre Tensione (kN)	Reazione SLU(kN)
T1	2.5	2.5	15	4	100	160.00
T2	5.0	2.5	15	4	100	160.00
T3	7.5	2.5	15	4	100	160.00

Si riportano di seguito le verifica sulla fila di tiranti.

Numero trefoli:	n =	4	
Area singolo trefolo At:		140	(mm ²)
Area complessiva dell'acciaio (A = n·At):		559.064	(mm ²)
Diametro equivalente dei trefoli $Deq = (A \cdot 4 / \pi)^{0.5}$	Deq =	26.68	(mm)
Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio (f_{ptk})		1860	(MPa)
Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ($f_{p(1)k}$)		1670	(MPa)
Malta di iniezione Rck:		25	(MPa)
Adesione malta-acciaio e malta-corrugato:	$\tau_{cls} =$	0.40	(MPa)

$\gamma_R = 1.2$ (tiranti definitivi)

$\xi_3 = 1.80$ $\xi_4 = 1.80$

N_G Azione permanente sul tirante:	160.0	kN
N_Q Azione variabile sul tirante:	0	kN
N_t Azione di calcolo ($N_G \cdot \gamma_g + N_Q \cdot \gamma_q$):	160	kN

PROGETTAZIONE ATI:

Utilizzando l'abaco riportato, si ottengono i seguenti risultati.

Aderenza Malta -Terreno		$L = Nt \cdot Fs / (Ds \cdot p \cdot s_d)$	
D (cm) Diametro della perforazione =		200	(mm)
α (-) Coeff. moltiplicativo =		1.10	
Ds (cm) Diametro di calcolo ($Ds = \alpha \cdot D$) =		220	(mm)
s_k (MPa) tensione unitaria media di aderenza malta - terreno =		0.10	(MPa)
s_k (MPa) tensione unitaria minima di aderenza malta - terreno =		0.10	(MPa)
s_d (MPa) tensione unitaria di progetto aderenza malta - terreno =		0.05	(MPa)
$s_d = \text{Min}(s_{med} / \xi_3 \gamma_s ; s_{min} / \xi_4 \gamma_s)$			
Lunghezza di ancoraggio	L =	5.0	(m)

Verifica a trazione dell'armatura

$N = N_G + N_Q =$	160	(kN)
UNI EN 1537	$N \leq 0.65 \cdot f_{ptk} \cdot n \cdot A_t =$	675.91 (kN)

Le verifiche sono soddisfatte.

La lunghezza libera del tirante si ottiene dalla seguente relazione:

$$L_{libera} = (h + t - h_i) \cdot \sin(45 - \phi/2) / (\sin(45 + \alpha + \phi/2))$$

La lunghezza così ottenuta deve essere aumentata in base alle NTC 2018 (7.11.12) di:

$$L_e = L_s \left(1 + 1,5 \cdot \frac{a_{max}}{g} \right)$$

Quindi si ha:

Lunghezza libera T1		Lunghezza libera T2		Lunghezza libera T3	
hi = prodonfità T1	2.5 m	hi = prodonfità T2	5 m	hi = prodonfità T3	7.5 m
h = fuori terra paratia	11 m	h = fuori terra paratia	11 m	h = fuori terra paratia	11 m
i = inclinazione tirante	15 °	i = inclinazione tirante	15 °	i = inclinazione tirante	15 °
Φ = angolo attrito	28 °	Φ = angolo attrito	28 °	Φ = angolo attrito	28 °
ag/g	0.22	ag/g	0.22	ag/g	0.22
kp	31 °	kp	31 °	kp	31 °
L libera	10.4 m	L libera	9.1 m	L libera	7.8 m
L libera sisma	14.0 m	L libera sisma	12.0 m	L libera sisma	10.0 m

Verifica nel rispetto della gerarchia delle resistenze par.6.6.2 NTC2018

Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ($f_{p(1)k}$)	1670	MPa
Diametro del trefolo	13.34	mm
Resistenza caratt. al limite di snervamento della lungh. libera	933.64	kN
Resistenza a sfilamento della fondazione	675.91	kN

Si riporta in forma tabellare i risultati ottenuti delle lunghezze caratteristiche dei tiranti.

Ordine	Inclinazione Tirante (°)	Profondità Tirante (m)	Lunghezza Libera (m)	Lunghezza Ancoraggio (m)	Lungh. Baffo (m)	Lunghezza Totale (m)
T1	15	2.5	14	5	1	20
T2	15	5.0	12	5	1	18
T3	15	7.5	12	5	1	18

PROGETTAZIONE ATI:

7.8 VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Si riporta il risultato della verifica di stabilità globale opera-terreno eseguita con il Metodo di Bishop con minimo coefficiente di sicurezza $F_s = 1.757$.

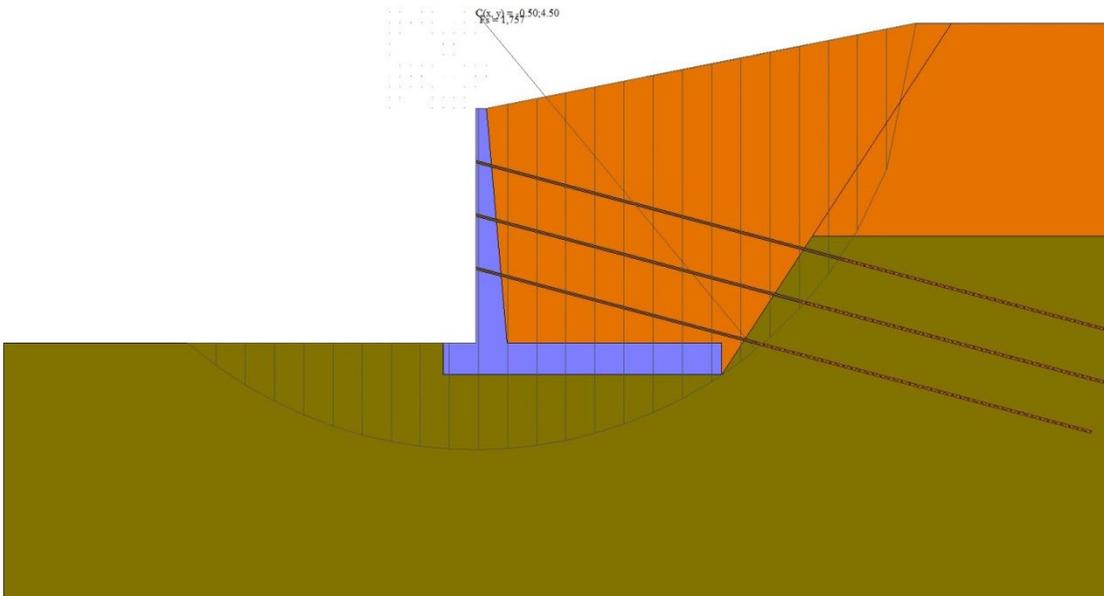


Figura 7-8 Verifica alla stabilità globale - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

PROGETTAZIONE ATI:

7.10 RIEPILOGO VERIFICHE GEOTECNICHE

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione

S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)

FS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento

FS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento

FS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite

FS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

FS_{HYD} Coeff. di sicurezza a sifonamento

FS_{UPL} Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.830		3.431			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.229		2.075			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.161		2.169			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.795		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.781		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.757		
7 - EQU (A1-M1-R3)			7.003				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.391				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.551				

PROGETTAZIONE ATI:

8 ALLEGATI OS.55

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	20,00	4,00	11.310
3	60,00	4,00	0.000

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

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

Paramento

Materiale	Clis Armato	
Altezza paramento	11,00	[m]
Altezza paramento libero	11,00	[m]
Spessore in sommità	0,50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,46	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	5,00	[°]

Fondazione

Materiale	Clis Armato	
Lunghezza mensola di valle	1,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	10,00	[m]
Lunghezza totale	12,96	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	1,50	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

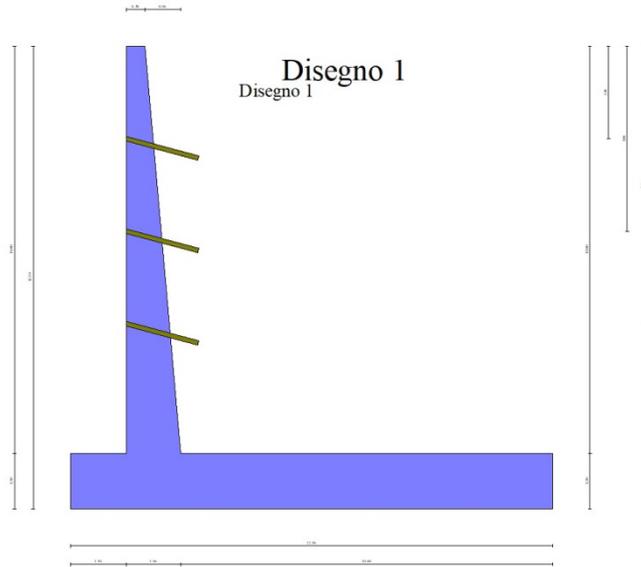


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- Dest Destinazione del tirante (Fondazione, Paramento)
- S ordinata della fila misurata dalla testa del muro (se il tirante è posizionato sul paramento), ascissa della fila misurata dal tacco della fondazione (se il tirante è posizionato sulla fondazione) espressa in [m]
- I Interasse tra i tiranti della fila espressa in [m]
- F Franco della fila espressa in [m]
- ALL allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
- Nt numero di tiranti della fila
- α inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
- T tiro iniziale espresso in [kN]. Solo per i tiranti attivi
- Lt, Lf Lunghezza totale e di fondazione espressa in [m]. Definiti solo nel caso di Verifica.

n°	Tipologia	Dest	S [m]	I [m]	F [m]	ALL	Nt	α [°]	T [kN]	Lt [m]	Lf [m]
1	Tirante attivo (trefoli)	Paramento	2,50	2,50	0,50	Centrati	3	15,00	100,00	--	--
2	Tirante attivo (trefoli)	Paramento	5,00	2,50	0,50	Centrati	3	15,00	100,00	--	--
3	Tirante attivo (trefoli)	Paramento	7,50	2,50	0,50	Centrati	3	15,00	100,00	--	--

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

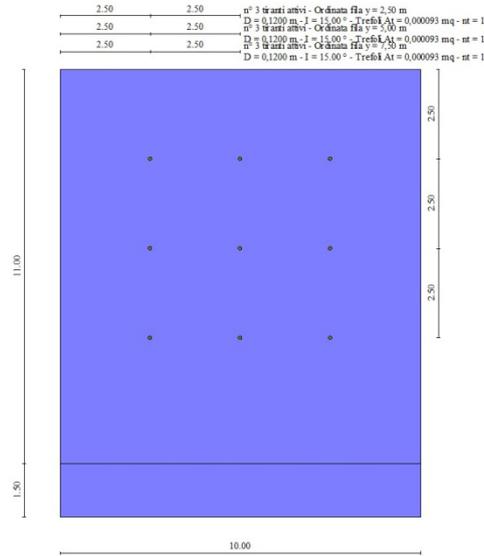


Fig. 2 - Prospetto del paramento con i tiranti

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

- n° Indice del terreno
- Descr Descrizione terreno
- γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
- γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
- ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
- δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
- c Coesione espressa in [kPa]
- c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]
- Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
- Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
- τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]
1	Terreno	32.000	21.330	0	0
		32.000	21.333	0	0
		32.000	21.333	0	0
2	Terreno 2	32.000	21.330	10	0
		32.000	21.333	10	0
		32.000	21.333	10	0

PROGETTAZIONE ATI:

Stratigrafia

Simbologia adottata

- n° Indice dello strato
- H Spessore dello strato espresso in [m]
- α Inclinazione espressa in [°]
- Terreno Terreno dello strato
- Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm
- Per calcolo pali (solo se presenti)
- Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
- Ks Coefficiente di spinta
- Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)
- Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')
- Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	6.00	0.000	Terreno	0.342	0.182	---	---	---	---	---
2	20.00	0.000	Terreno 2	0.570	0.356	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento: Terreno
 Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 33.00 [°]

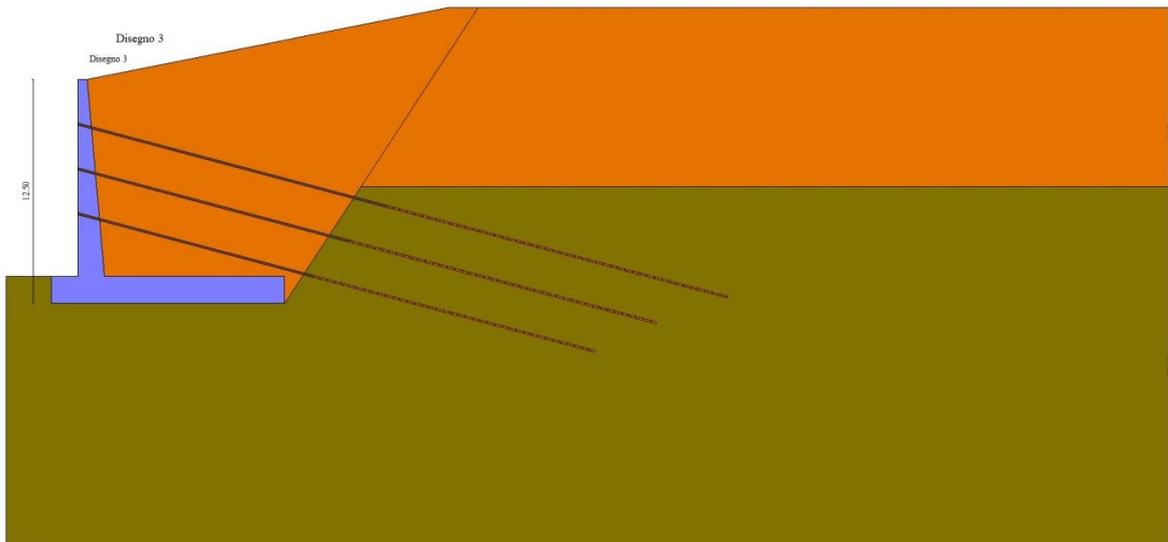


Fig. 3 - Stratigrafia

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

PROGETTAZIONE ATI:

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

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

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

Coeff. parziali γ_R per la resistenza di ancoraggi

		R3
Laterale	γ_{Ra}	1.20

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.80$ $\zeta_4=1.80$

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

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

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

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

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

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

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

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

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

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

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

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

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

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

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

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

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

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

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

Combinazione n° 10 - SLER

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

Combinazione n° 11 - SLEF

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

Combinazione n° 12 - SLEQ

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

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

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

Dati sismici

Latitudine	43.471201
Longitudine	11.863062
Indice punti di interpolazione	21399 - 21621 - 21622 - 21400
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Opere strategiche
Vita di riferimento	200 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	2.349	1.147
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.239	0.117
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.454	2.418
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.309	0.289
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		A	1.000
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.582	13.949	6.974
Ultimo - Ribaltamento	0.874	20.923	10.462
Esercizio	0.582	6.811	3.406

PROGETTAZIONE ATI:

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	883,08	21,33	822,59	321,21	10,96	-7,56
	Peso/inerzia muro			0,00	741,31/0,00	2,89	-9,84
	Peso/inerzia terrapieno			0,00	2546,21/0,00	5,87	-4,84
	Diagramma correttivo			12,56		0,00	-0,82
	Resistenza tiranti			-110,74	29,67	-0,50	-5,00
2	Spinta statica	679,29	21,33	632,76	247,08	10,96	-7,56
	Incremento di spinta sismica		250,63	233,46	91,16	10,96	-7,60
	Peso/inerzia muro			103,40	741,31/51,70	2,89	-9,84
	Peso/inerzia terrapieno			355,17	2546,21/177,58	5,87	-4,84
	Resistenza tiranti			-110,74	29,67	-0,50	-5,00
3	Spinta statica	679,29	21,33	632,76	247,08	10,96	-7,56
	Incremento di spinta sismica		155,87	145,20	56,70	10,96	-7,60
	Peso/inerzia muro			103,40	741,31/-51,70	2,89	-9,84
	Peso/inerzia terrapieno			355,17	2546,21/-177,58	5,87	-4,84
	Resistenza tiranti			-110,74	29,67	-0,50	-5,00
10	Spinta statica	679,29	21,33	632,76	247,08	10,96	-7,56
	Peso/inerzia muro			0,00	741,31/0,00	2,89	-9,84
	Peso/inerzia terrapieno			0,00	2546,21/0,00	5,87	-4,84
	Diagramma correttivo			50,57		0,00	-1,53
	Resistenza tiranti			-132,88	35,61	-0,50	-5,00
11	Spinta statica	679,29	21,33	632,76	247,08	10,96	-7,56
	Peso/inerzia muro			0,00	741,31/0,00	2,89	-9,84
	Peso/inerzia terrapieno			0,00	2546,21/0,00	5,87	-4,84
	Diagramma correttivo			50,57		0,00	-1,53
	Resistenza tiranti			-132,88	35,61	-0,50	-5,00
12	Spinta statica	679,29	21,33	632,76	247,08	10,96	-7,56
	Peso/inerzia muro			0,00	741,31/0,00	2,89	-9,84
	Peso/inerzia terrapieno			0,00	2546,21/0,00	5,87	-4,84
	Diagramma correttivo			50,57		0,00	-1,53
	Resistenza tiranti			-132,88	35,61	-0,50	-5,00

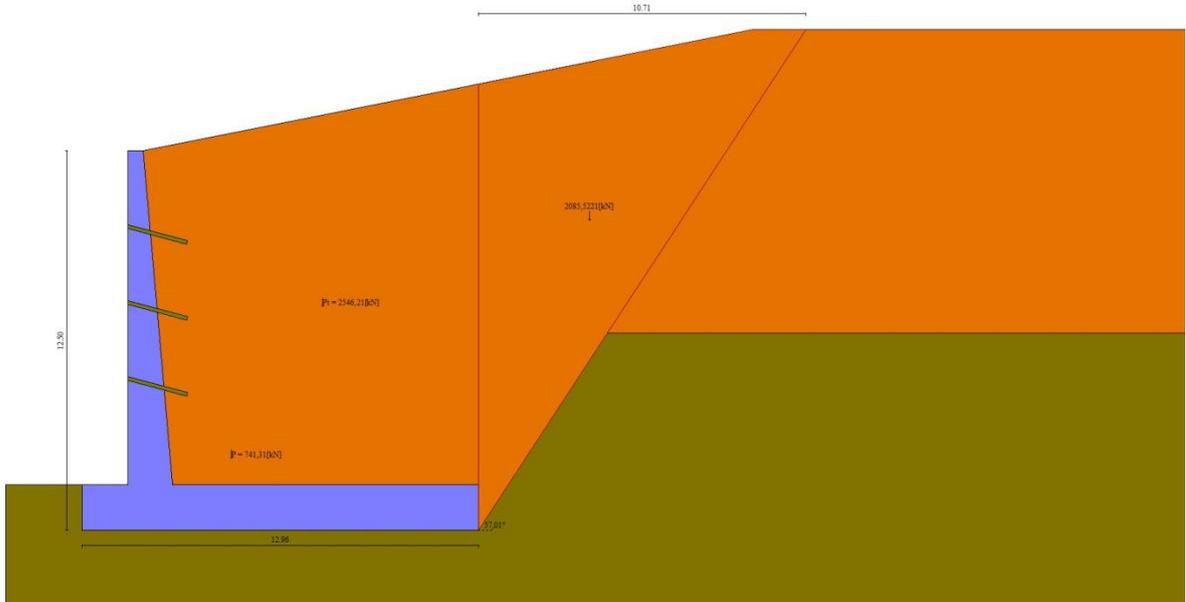


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

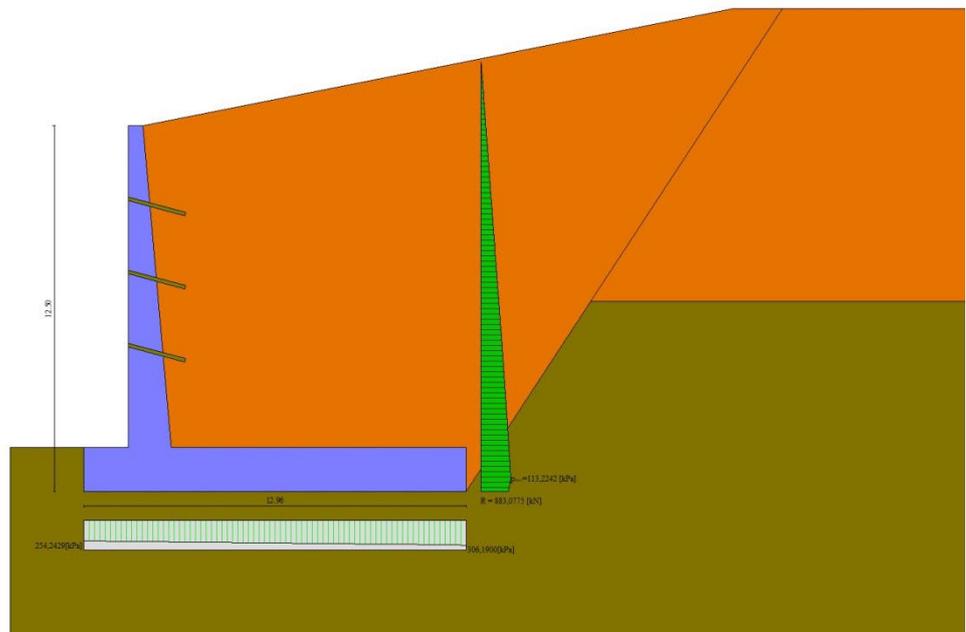


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

PROGETTAZIONE ATI:

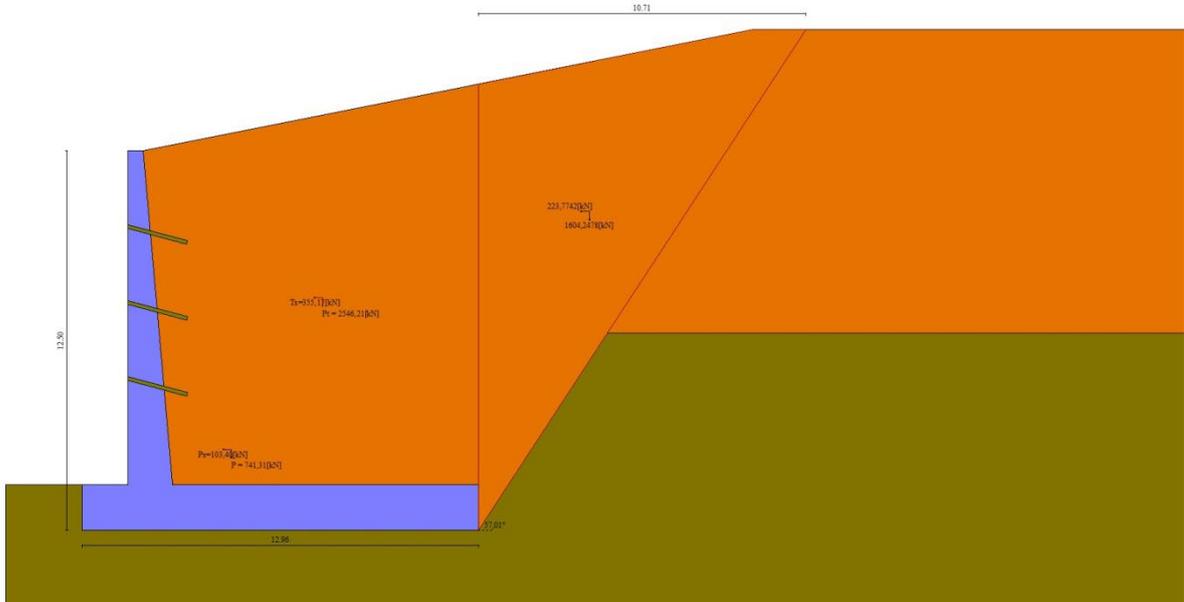


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

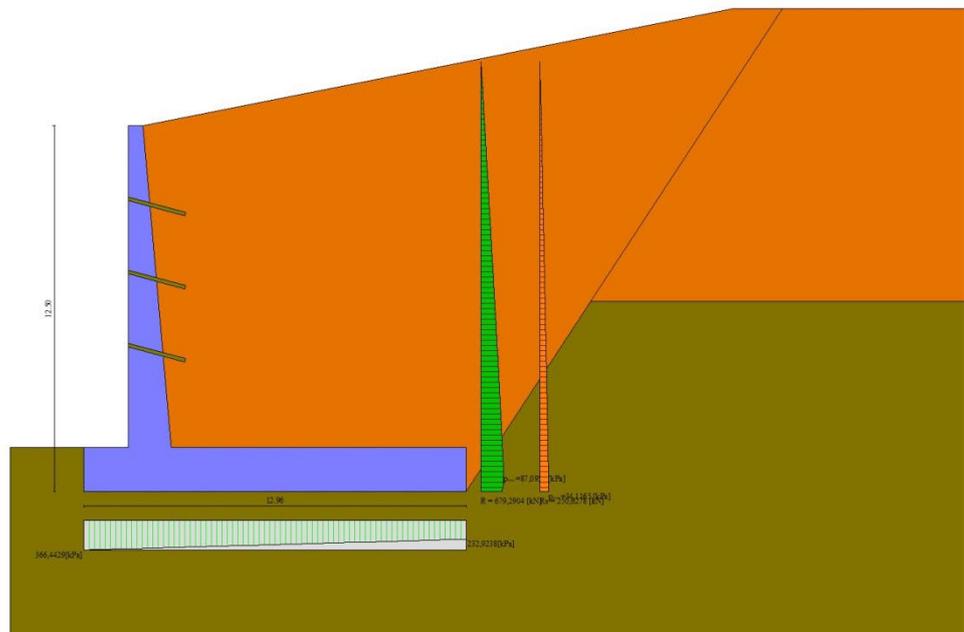


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

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

PROGETTAZIONE ATI:

ecc Eccentricità risultante, espressa in [m]

lc	N [kN]	T [kN]	M _r [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	3631,19	724,41	4067,32	28484,24	-0,203
2 - STR (A1-M1-R3)	3884,61	1214,05	7269,27	30567,16	0,484
3 - STR (A1-M1-R3)	3391,57	1125,79	8487,20	28470,20	0,589
4 - GEO (A2-M2-R2)	3559,62	557,27	4029,72	27572,85	-0,133
5 - GEO (A2-M2-R2)	3878,35	1085,60	7269,27	30382,43	0,522
6 - GEO (A2-M2-R2)	3385,31	997,34	8487,20	28285,47	0,633
7 - EQU (A1-M1-R3)	3631,19	724,41	4067,32	28484,24	-0,203
8 - EQU (A1-M1-R3)	4055,42	1587,18	9472,32	32120,33	0,897
9 - EQU (A1-M1-R3)	3323,81	1475,13	11398,85	29077,86	1,162
10 - SLER	3557,27	550,45	3128,71	27531,72	-0,223
11 - SLEF	3557,27	550,45	3128,71	27531,72	-0,223
12 - SLEQ	3557,27	550,45	3128,71	27531,72	-0,223
13 - SLEQ	3716,91	837,79	5150,50	29009,51	0,062
14 - SLEQ	3476,24	794,69	5745,21	27987,90	0,083

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIE}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{SUPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIE}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.830		3.431			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.229		2.075			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.161		2.169			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.795		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.781		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.757		
7 - EQU (A1-M1-R3)			7.003				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.391				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.551				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	1417,93	0,00	0,00	--	110,74	1528,67	835,15	1.830
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1516,89	0,00	0,00	--	110,74	1627,63	1324,79	1.229
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1324,37	0,00	0,00	--	110,74	1435,10	1236,53	1.161

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	3631,19	12460,31	8900,22	3.431
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	3884,61	8060,54	6717,11	2.075
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	3391,57	7357,73	6131,44	2.169

PROGETTAZIONE ATI:

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

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

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	lr	lrc	Re	r _γ
1	35.490	0.757	1.054	--	--	--	--	--	--	0.875	0.825
	23.177	0.757	1.027	--	--	--	--	--	--		
	22.022	0.403	1.027	--	--	--	--	--	--		
2	35.490	0.651	1.054	--	--	--	--	--	--	0.807	0.825
	23.177	0.651	1.027	--	--	--	--	--	--		
	22.022	0.209	1.027	--	--	--	--	--	--		
3	35.490	0.633	1.054	--	--	--	--	--	--	0.787	0.825
	23.177	0.633	1.027	--	--	--	--	--	--		
	22.022	0.181	1.027	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	1,50	10,00	9,02	17,65	32,00	10
2	1,50	10,00	9,02	17,65	32,00	10
3	1,50	10,00	9,02	17,65	32,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	28484,24	4067,32	7.003
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	32120,33	9472,32	3.391
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	29077,86	11398,85	2.551

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

lc	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 4,50	20,51	1.795
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 4,50	20,51	1.781
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 4,50	20,51	1.757

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)	
W	peso della striscia espresso in [kN]
Q _y	carico sulla striscia espresso in [kN]
Q _f	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	91,49	0,00	0,00	20,00 - 1,36	78,583	26,560	0	0,0	
2	214,21	0,00	0,00	1,36	64,539	26,560	0	0,0	
3	271,17	0,00	0,00	1,36	56,668	26,560	8	0,0	12,04; 36,33
4	308,86	0,00	0,00	1,36	50,247	26,560	8	0,0	15,70; 34,05
5	342,78	0,00	0,00	1,36	44,614	26,560	8	0,0	
6	371,55	0,00	0,00	1,36	39,489	26,560	8	0,0	21,83; 30,59
7	398,48	0,00	0,00	1,36	34,722	26,560	8	0,0	
8	421,45	0,00	0,00	1,36	30,218	26,560	8	0,0	
9	433,78	0,00	0,00	1,36	25,913	26,560	8	0,0	
10	442,73	0,00	0,00	1,36	21,761	26,560	8	0,0	
11	448,61	0,00	0,00	1,36	17,727	26,560	8	0,0	
12	451,65	0,00	0,00	1,36	13,782	26,560	8	0,0	
13	452,02	0,00	0,00	1,36	9,902	26,560	8	0,0	
14	449,82	0,00	0,00	1,36	6,069	26,560	8	0,0	
15	487,69	0,00	0,00	1,36	2,262	26,560	8	0,0	
16	164,30	0,00	0,00	1,36	-1,534	26,560	8	0,0	
17	135,30	0,00	0,00	1,36	-5,338	26,560	8	0,0	
18	128,76	0,00	0,00	1,36	-9,165	26,560	8	0,0	
19	121,51	0,00	0,00	1,36	-13,034	26,560	8	0,0	
20	111,62	0,00	0,00	1,36	-16,965	26,560	8	0,0	
21	98,91	0,00	0,00	1,36	-20,980	26,560	8	0,0	
22	83,20	0,00	0,00	1,36	-25,107	26,560	8	0,0	
23	64,17	0,00	0,00	1,36	-29,380	26,560	8	0,0	
24	41,41	0,00	0,00	1,36	-33,841	26,560	8	0,0	
25	14,34	0,00	0,00	-13,95 - 1,36	-38,209	26,560	8	0,0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	91,49	0,00	0,00	20,00 - 1,36	78,583	32,000	0	0,0	
2	214,21	0,00	0,00	1,36	64,539	32,000	0	0,0	
3	271,17	0,00	0,00	1,36	56,668	32,000	10	0,0	12,04; 36,33
4	308,86	0,00	0,00	1,36	50,247	32,000	10	0,0	15,70; 34,05
5	342,78	0,00	0,00	1,36	44,614	32,000	10	0,0	
6	371,55	0,00	0,00	1,36	39,489	32,000	10	0,0	21,83; 30,59
7	398,48	0,00	0,00	1,36	34,722	32,000	10	0,0	
8	421,45	0,00	0,00	1,36	30,218	32,000	10	0,0	
9	433,78	0,00	0,00	1,36	25,913	32,000	10	0,0	
10	442,73	0,00	0,00	1,36	21,761	32,000	10	0,0	
11	448,61	0,00	0,00	1,36	17,727	32,000	10	0,0	
12	451,65	0,00	0,00	1,36	13,782	32,000	10	0,0	
13	452,02	0,00	0,00	1,36	9,902	32,000	10	0,0	
14	449,82	0,00	0,00	1,36	6,069	32,000	10	0,0	
15	487,69	0,00	0,00	1,36	2,262	32,000	10	0,0	
16	164,30	0,00	0,00	1,36	-1,534	32,000	10	0,0	
17	135,30	0,00	0,00	1,36	-5,338	32,000	10	0,0	
18	128,76	0,00	0,00	1,36	-9,165	32,000	10	0,0	
19	121,51	0,00	0,00	1,36	-13,034	32,000	10	0,0	
20	111,62	0,00	0,00	1,36	-16,965	32,000	10	0,0	
21	98,91	0,00	0,00	1,36	-20,980	32,000	10	0,0	
22	83,20	0,00	0,00	1,36	-25,107	32,000	10	0,0	
23	64,17	0,00	0,00	1,36	-29,380	32,000	10	0,0	
24	41,41	0,00	0,00	1,36	-33,841	32,000	10	0,0	
25	14,34	0,00	0,00	-13,95 - 1,36	-38,209	32,000	10	0,0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	91,49	0,00	0,00	20,00 - 1,36	78,583	32,000	0	0,0	
2	214,21	0,00	0,00	1,36	64,539	32,000	0	0,0	
3	271,17	0,00	0,00	1,36	56,668	32,000	10	0,0	12,04; 36,33
4	308,86	0,00	0,00	1,36	50,247	32,000	10	0,0	15,70; 34,05
5	342,78	0,00	0,00	1,36	44,614	32,000	10	0,0	
6	371,55	0,00	0,00	1,36	39,489	32,000	10	0,0	21,83; 30,59
7	398,48	0,00	0,00	1,36	34,722	32,000	10	0,0	
8	421,45	0,00	0,00	1,36	30,218	32,000	10	0,0	
9	433,78	0,00	0,00	1,36	25,913	32,000	10	0,0	
10	442,73	0,00	0,00	1,36	21,761	32,000	10	0,0	
11	448,61	0,00	0,00	1,36	17,727	32,000	10	0,0	
12	451,65	0,00	0,00	1,36	13,782	32,000	10	0,0	
13	452,02	0,00	0,00	1,36	9,902	32,000	10	0,0	
14	449,82	0,00	0,00	1,36	6,069	32,000	10	0,0	
15	487,69	0,00	0,00	1,36	2,262	32,000	10	0,0	
16	164,30	0,00	0,00	1,36	-1,534	32,000	10	0,0	

PROGETTAZIONE ATI:

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
17	135,30	0,00	0,00	1,36	-5,338	32,000	10	0,0	
18	128,76	0,00	0,00	1,36	-9,165	32,000	10	0,0	
19	121,51	0,00	0,00	1,36	-13,034	32,000	10	0,0	
20	111,62	0,00	0,00	1,36	-16,965	32,000	10	0,0	
21	98,91	0,00	0,00	1,36	-20,980	32,000	10	0,0	
22	83,20	0,00	0,00	1,36	-25,107	32,000	10	0,0	
23	64,17	0,00	0,00	1,36	-29,380	32,000	10	0,0	
24	41,41	0,00	0,00	1,36	-33,841	32,000	10	0,0	
25	14,34	0,00	0,00	-13,95 - 1,36	-38,209	32,000	10	0,0	

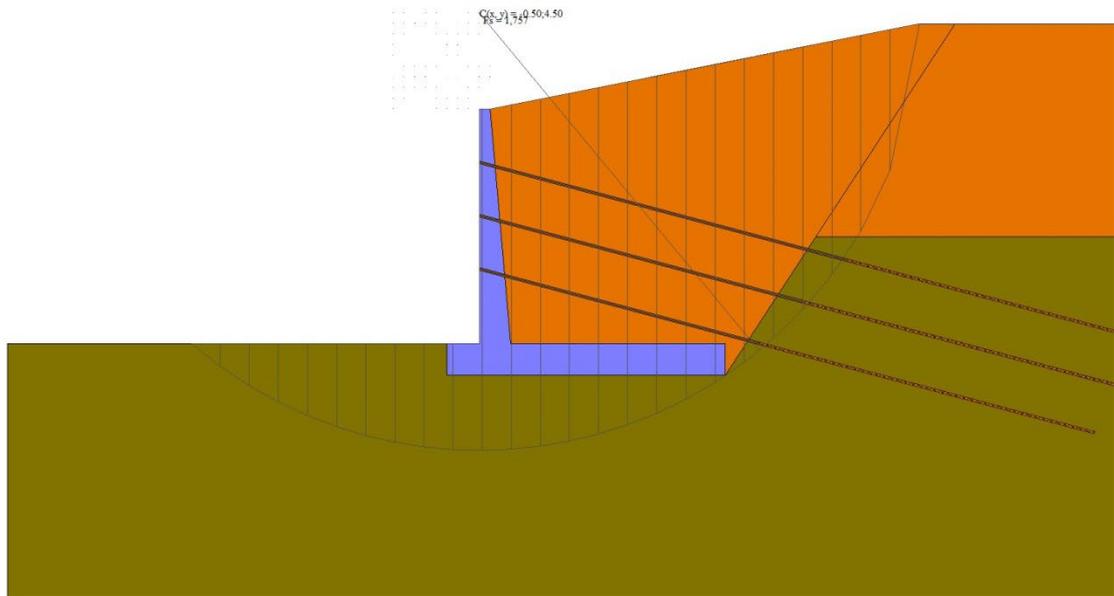


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Spostamenti

Simbologia adottata

Cmb	Tipo combinazione
Modello a blocchi	
X	Spostamento in direzione X (positivo verso monte), espresso in [m]
Y	Spostamento in direzione Y (positivo verso l'alto), espresso in [m]
Phi	Rotazione (positiva antioraria), espresso in [°]

Spostamenti ottenuti con il modello a blocchi

Cmb	X [m]	Y [m]	Phi [°]
1 - STR (A1-M1-R3)	-0,0146766	-0,0489574	-0,04105
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	-0,0317242	-0,0565056	0,10551
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	-0,0305948	-0,0498924	0,11221
7 - EQU (A1-M1-R3)	-0,0146766	-0,0489574	-0,04105
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	-0,0445085	-0,0616096	0,20416
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	-0,0426266	-0,0518756	0,21693
10 - SLER	-0,0111980	-0,0479171	-0,04345
11 - SLEF	-0,0111980	-0,0479171	-0,04345
12 - SLEQ	-0,0111980	-0,0479171	-0,04345
13 - SLEQ H + V	-0,0198981	-0,0516220	0,01297
14 - SLEQ H - V	-0,0190881	-0,0483907	0,01614

PROGETTAZIONE ATI:

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	Indice della sezione
X	Posizione della sezione, espresso in [m]
N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

Mx, My	Momenti flettenti, espresso in [kNm]
Mxy	Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
Tx, Ty	Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Piastra paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
465	2,00	-24,30	-4,26	3,49	-21,68	MAX
145	-502,34	-1674,46	0,00	0,00	-486,35	MIN
652	0,42	0,41	-0,29	-0,94	-3,47	MAX
145	-502,34	-1674,46	0,00	0,00	-486,35	MIN
1	-438,22	-1460,72	314,41	0,00	244,24	MAX
577	-438,22	-1460,72	-314,41	0,00	244,24	MIN
9	-134,62	-1147,84	84,11	122,33	-341,35	MAX
487	-134,62	-1147,84	-84,11	-122,33	-341,35	MIN
577	-438,22	-1460,72	-314,41	0,00	244,24	MAX
26	-489,70	-1632,34	31,97	0,00	-517,00	MIN

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

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
423	3,08	-18,72	-7,18	5,63	-17,75	MAX
82	-539,58	-1798,60	1,79	0,00	-554,67	MIN
652	0,42	0,41	-0,29	-0,94	-3,47	MAX
82	-539,58	-1798,60	1,79	0,00	-554,67	MIN
1	-482,69	-1608,95	335,24	0,00	200,68	MAX
577	-482,69	-1608,95	-335,24	0,00	200,68	MIN
9	-146,28	-1235,36	81,22	129,99	-398,76	MAX
487	-146,28	-1235,36	-81,22	-129,99	-398,76	MIN
577	-438,22	-1460,72	-314,41	0,00	244,24	MAX
26	-530,81	-1769,36	29,67	0,00	-583,60	MIN

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

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
423	3,08	-18,72	-4,26	5,63	-17,75	MAX
82	-539,58	-1798,60	0,00	0,00	-554,67	MIN
652	0,42	0,41	-0,29	-0,94	-3,47	MAX
82	-539,58	-1798,60	0,00	0,00	-554,67	MIN
1	-438,22	-1460,72	335,24	0,00	244,24	MAX
577	-482,69	-1608,95	-335,24	0,00	200,68	MIN
9	-134,62	-1147,84	84,11	129,99	-341,35	MAX
487	-146,28	-1235,36	-84,11	-129,99	-398,76	MIN
577	-438,22	-1460,72	-314,41	0,00	244,24	MAX
26	-530,81	-1769,36	29,67	0,00	-583,60	MIN

Combinazione n° 10 - SLER

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
629	3,65	-1,27	-0,65	0,06	-6,57	MAX
82	-539,58	-1798,60	0,00	0,00	-554,67	MIN
675	0,60	0,58	0,42	1,81	-5,68	MAX
82	-539,58	-1798,60	0,00	0,00	-554,67	MIN
1	-438,22	-1460,72	335,24	0,00	244,24	MAX
577	-482,69	-1608,95	-335,24	0,00	200,68	MIN
9	-134,62	-1147,84	84,11	129,99	-341,35	MAX
487	-146,28	-1235,36	-84,11	-129,99	-398,76	MIN
577	-400,04	-1333,46	-304,21	0,00	337,60	MAX
26	-530,81	-1769,36	29,67	0,00	-583,60	MIN

Combinazione n° 11 - SLEF

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
629	3,65	-1,27	-0,65	5,63	-6,57	MAX
82	-539,58	-1798,60	0,00	0,00	-554,67	MIN
675	0,60	0,58	0,42	1,81	-3,47	MAX
82	-539,58	-1798,60	0,00	0,00	-554,67	MIN
1	-438,22	-1460,72	335,24	0,00	244,24	MAX
577	-482,69	-1608,95	-335,24	0,00	200,68	MIN
9	-134,62	-1147,84	84,11	129,99	-341,35	MAX
487	-146,28	-1235,36	-84,11	-129,99	-398,76	MIN
577	-400,04	-1333,46	-304,21	0,00	337,60	MAX
26	-530,81	-1769,36	29,67	0,00	-583,60	MIN

Combinazione n° 12 - SLEQ

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
629	3,65	-1,27	-0,65	5,63	-6,57	MAX
82	-539,58	-1798,60	0,00	0,00	-554,67	MIN
675	0,60	0,58	0,42	1,81	-3,47	MAX
82	-539,58	-1798,60	0,00	0,00	-554,67	MIN
1	-438,22	-1460,72	335,24	0,00	244,24	MAX
577	-482,69	-1608,95	-335,24	0,00	200,68	MIN
9	-134,62	-1147,84	84,11	129,99	-341,35	MAX
487	-146,28	-1235,36	-84,11	-129,99	-398,76	MIN
577	-400,04	-1333,46	-304,21	0,00	337,60	MAX
26	-530,81	-1769,36	29,67	0,00	-583,60	MIN

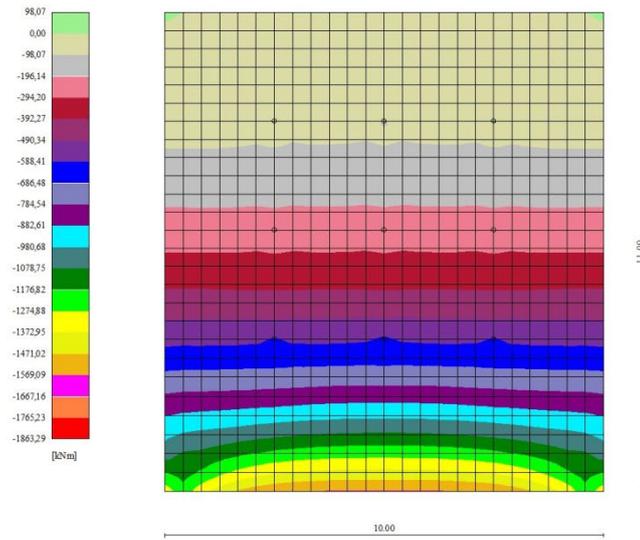


Fig. 9 - Piastra paramento - Momenti My_{MAX} (Combinazione n° 10)

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

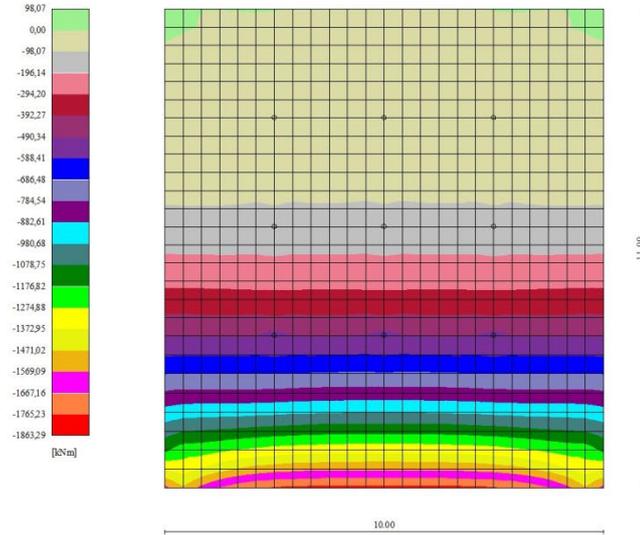


Fig. 10 - Piastra paramento - Momenti M_{yMIN} (Combinazione n° 2)

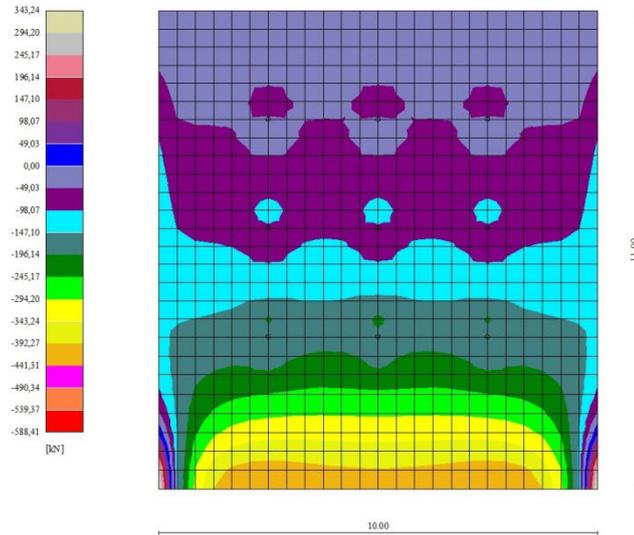


Fig. 11 - Piastra paramento - Taglio T_{yMAX} (Combinazione n° 10)

PROGETTAZIONE ATI:

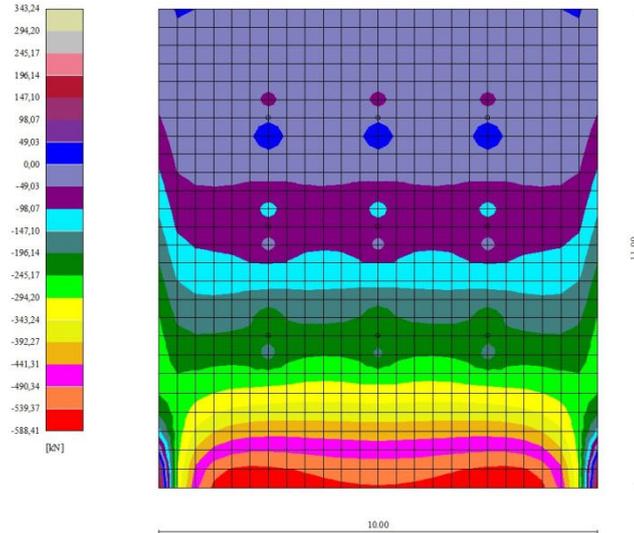


Fig. 12 - Piastra paramento - Taglio T_{yMIN} (Combinazione n° 2)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	0,00	21,77	1,09
3	-1,80	0,00	43,57	4,35
4	-1,70	0,00	65,42	9,80
5	-1,60	0,00	87,31	17,44
6	-1,50	0,00	109,23	27,27
7	-1,40	0,00	131,20	39,29
8	-1,30	0,00	153,21	53,51
9	-1,20	0,00	175,26	69,93
10	-1,10	0,00	197,34	88,56
11	-1,00	0,00	219,47	109,40
12	-0,90	0,00	241,64	132,46
13	-0,80	0,00	263,85	157,73
14	-0,70	0,00	286,09	185,23
15	-0,60	0,00	308,38	214,95
16	-0,50	0,00	330,71	246,91
17	0,96	0,00	-676,28	-3480,75
18	1,06	0,00	-670,10	-3413,43
19	1,16	0,00	-663,92	-3346,73
20	1,26	0,00	-657,72	-3280,65
21	1,36	0,00	-651,51	-3215,18
22	1,46	0,00	-645,29	-3150,34
23	1,56	0,00	-639,06	-3086,13
24	1,66	0,00	-632,82	-3022,53
25	1,76	0,00	-626,56	-2959,56
26	1,86	0,00	-620,29	-2897,22
27	1,96	0,00	-614,01	-2835,50
28	2,06	0,00	-607,72	-2774,42
29	2,16	0,00	-601,42	-2713,96
30	2,26	0,00	-595,10	-2654,13
31	2,36	0,00	-588,78	-2594,94
32	2,46	0,00	-582,44	-2536,38
33	2,56	0,00	-576,08	-2478,45
34	2,66	0,00	-569,72	-2421,16
35	2,76	0,00	-563,35	-2364,51
36	2,86	0,00	-556,96	-2308,49
37	2,96	0,00	-550,56	-2253,12
38	3,06	0,00	-544,15	-2198,38
39	3,16	0,00	-537,73	-2144,29
40	3,26	0,00	-531,29	-2090,84
41	3,36	0,00	-524,84	-2038,03
42	3,46	0,00	-518,39	-1985,87

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
43	3,56	0,00	-511,92	-1934,35
44	3,66	0,00	-505,43	-1883,49
45	3,76	0,00	-498,94	-1833,27
46	3,86	0,00	-492,43	-1783,70
47	3,96	0,00	-485,91	-1734,78
48	4,06	0,00	-479,38	-1686,52
49	4,16	0,00	-472,84	-1638,91
50	4,26	0,00	-466,29	-1591,95
51	4,36	0,00	-459,72	-1545,65
52	4,46	0,00	-453,14	-1500,01
53	4,56	0,00	-446,55	-1455,02
54	4,66	0,00	-439,95	-1410,70
55	4,76	0,00	-433,34	-1367,03
56	4,86	0,00	-426,71	-1324,03
57	4,96	0,00	-420,07	-1281,69
58	5,06	0,00	-413,43	-1240,01
59	5,16	0,00	-406,76	-1199,00
60	5,26	0,00	-400,09	-1158,66
61	5,36	0,00	-393,41	-1118,99
62	5,46	0,00	-386,71	-1079,98
63	5,56	0,00	-380,00	-1041,65
64	5,66	0,00	-373,28	-1003,98
65	5,76	0,00	-366,55	-966,99
66	5,86	0,00	-359,80	-930,67
67	5,96	0,00	-353,04	-895,03
68	6,06	0,00	-346,27	-860,06
69	6,16	0,00	-339,49	-825,78
70	6,26	0,00	-332,70	-792,17
71	6,36	0,00	-325,90	-759,24
72	6,46	0,00	-319,08	-726,99
73	6,56	0,00	-312,25	-695,42
74	6,66	0,00	-305,41	-664,54
75	6,76	0,00	-298,56	-634,34
76	6,86	0,00	-291,70	-604,83
77	6,96	0,00	-284,82	-576,00
78	7,06	0,00	-277,93	-547,86
79	7,16	0,00	-271,03	-520,41
80	7,26	0,00	-264,12	-493,66
81	7,36	0,00	-257,20	-467,59
82	7,46	0,00	-250,26	-442,22
83	7,56	0,00	-243,31	-417,54
84	7,66	0,00	-236,35	-393,55
85	7,76	0,00	-229,38	-370,27
86	7,86	0,00	-222,40	-347,68
87	7,96	0,00	-215,40	-325,79
88	8,06	0,00	-208,40	-304,60
89	8,16	0,00	-201,38	-284,11
90	8,26	0,00	-194,35	-264,32
91	8,36	0,00	-187,30	-245,24
92	8,46	0,00	-180,25	-226,86
93	8,56	0,00	-173,18	-209,19
94	8,66	0,00	-166,10	-192,23
95	8,76	0,00	-159,01	-175,97
96	8,86	0,00	-151,91	-160,43
97	8,96	0,00	-144,79	-145,59
98	9,06	0,00	-137,67	-131,47
99	9,16	0,00	-130,53	-118,06
100	9,26	0,00	-123,38	-105,36
101	9,36	0,00	-116,22	-93,38
102	9,46	0,00	-109,04	-82,12
103	9,56	0,00	-101,86	-71,57
104	9,66	0,00	-94,66	-61,75
105	9,76	0,00	-87,45	-52,64
106	9,86	0,00	-80,23	-44,26
107	9,96	0,00	-72,99	-36,60
108	10,06	0,00	-65,75	-29,66
109	10,16	0,00	-58,49	-23,45
110	10,26	0,00	-51,22	-17,96
111	10,36	0,00	-43,94	-13,20
112	10,46	0,00	-36,65	-9,17
113	10,56	0,00	-29,34	-5,87
114	10,66	0,00	-22,02	-3,31
115	10,76	0,00	-14,69	-1,47
116	10,86	0,00	-7,35	-0,37
117	10,96	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	0,00	32,92	1,65
3	-1,80	0,00	65,73	6,58
4	-1,70	0,00	98,44	14,79
5	-1,60	0,00	131,04	26,26
6	-1,50	0,00	163,55	40,99
7	-1,40	0,00	195,95	58,97

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
8	-1,30	0,00	228,24	80,18
9	-1,20	0,00	260,44	104,61
10	-1,10	0,00	292,53	132,26
11	-1,00	0,00	324,52	163,12
12	-0,90	0,00	356,40	197,16
13	-0,80	0,00	388,18	234,39
14	-0,70	0,00	419,86	274,80
15	-0,60	0,00	451,44	318,36
16	-0,50	0,00	482,91	365,08
17	0,96	0,00	38,01	-1001,64
18	1,06	0,00	30,55	-1005,07
19	1,16	0,00	23,24	-1007,76
20	1,26	0,00	16,07	-1009,72
21	1,36	0,00	9,04	-1010,98
22	1,46	0,00	2,15	-1011,53
23	1,56	0,00	-4,59	-1011,41
24	1,66	0,00	-11,20	-1010,62
25	1,76	0,00	-17,65	-1009,18
26	1,86	0,00	-23,97	-1007,09
27	1,96	0,00	-30,14	-1004,39
28	2,06	0,00	-36,17	-1001,07
29	2,16	0,00	-42,05	-997,16
30	2,26	0,00	-47,80	-992,66
31	2,36	0,00	-53,40	-987,60
32	2,46	0,00	-58,85	-981,99
33	2,56	0,00	-64,17	-975,84
34	2,66	0,00	-69,34	-969,16
35	2,76	0,00	-74,37	-961,97
36	2,86	0,00	-79,25	-954,29
37	2,96	0,00	-83,99	-946,13
38	3,06	0,00	-88,59	-937,50
39	3,16	0,00	-93,05	-928,41
40	3,26	0,00	-97,36	-918,89
41	3,36	0,00	-101,53	-908,95
42	3,46	0,00	-105,56	-898,59
43	3,56	0,00	-109,44	-887,84
44	3,66	0,00	-113,18	-876,71
45	3,76	0,00	-116,78	-865,21
46	3,86	0,00	-120,23	-853,36
47	3,96	0,00	-123,55	-841,17
48	4,06	0,00	-126,71	-828,65
49	4,16	0,00	-129,74	-815,83
50	4,26	0,00	-132,62	-802,71
51	4,36	0,00	-135,36	-789,31
52	4,46	0,00	-137,96	-775,64
53	4,56	0,00	-140,41	-761,72
54	4,66	0,00	-142,72	-747,56
55	4,76	0,00	-144,89	-733,18
56	4,86	0,00	-146,92	-718,59
57	4,96	0,00	-148,80	-703,80
58	5,06	0,00	-150,54	-688,84
59	5,16	0,00	-152,13	-673,70
60	5,26	0,00	-153,59	-658,41
61	5,36	0,00	-154,89	-642,99
62	5,46	0,00	-156,06	-627,44
63	5,56	0,00	-157,09	-611,78
64	5,66	0,00	-157,97	-596,03
65	5,76	0,00	-158,70	-580,19
66	5,86	0,00	-159,30	-564,29
67	5,96	0,00	-159,75	-548,34
68	6,06	0,00	-160,06	-532,35
69	6,16	0,00	-160,22	-516,33
70	6,26	0,00	-160,25	-500,31
71	6,36	0,00	-160,13	-484,29
72	6,46	0,00	-159,86	-468,29
73	6,56	0,00	-159,46	-452,32
74	6,66	0,00	-158,91	-436,40
75	6,76	0,00	-158,21	-420,54
76	6,86	0,00	-157,38	-404,76
77	6,96	0,00	-156,40	-389,07
78	7,06	0,00	-155,28	-373,49
79	7,16	0,00	-154,01	-358,02
80	7,26	0,00	-152,61	-342,69
81	7,36	0,00	-151,06	-327,50
82	7,46	0,00	-149,36	-312,48
83	7,56	0,00	-147,53	-297,64
84	7,66	0,00	-145,55	-282,98
85	7,76	0,00	-143,43	-268,53
86	7,86	0,00	-141,16	-254,30
87	7,96	0,00	-138,75	-240,30
88	8,06	0,00	-136,20	-226,55
89	8,16	0,00	-133,51	-213,07
90	8,26	0,00	-130,67	-199,86
91	8,36	0,00	-127,69	-186,94
92	8,46	0,00	-124,56	-174,33
93	8,56	0,00	-121,30	-162,03
94	8,66	0,00	-117,89	-150,07
95	8,76	0,00	-114,34	-138,46

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
96	8,86	0,00	-110,64	-127,21
97	8,96	0,00	-106,80	-116,34
98	9,06	0,00	-102,82	-105,85
99	9,16	0,00	-98,70	-95,78
100	9,26	0,00	-94,43	-86,12
101	9,36	0,00	-90,02	-76,90
102	9,46	0,00	-85,46	-68,12
103	9,56	0,00	-80,77	-59,81
104	9,66	0,00	-75,93	-51,97
105	9,76	0,00	-70,95	-44,63
106	9,86	0,00	-65,82	-37,79
107	9,96	0,00	-60,55	-31,47
108	10,06	0,00	-55,14	-25,68
109	10,16	0,00	-49,58	-20,44
110	10,26	0,00	-43,89	-15,77
111	10,36	0,00	-38,05	-11,67
112	10,46	0,00	-32,06	-8,16
113	10,56	0,00	-25,94	-5,26
114	10,66	0,00	-19,67	-2,98
115	10,76	0,00	-13,25	-1,33
116	10,86	0,00	-6,70	-0,34
117	10,96	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	0,00	29,53	1,48
3	-1,80	0,00	58,96	5,90
4	-1,70	0,00	88,27	13,27
5	-1,60	0,00	117,47	23,55
6	-1,50	0,00	146,57	36,76
7	-1,40	0,00	175,55	52,86
8	-1,30	0,00	204,43	71,86
9	-1,20	0,00	233,19	93,75
10	-1,10	0,00	261,85	118,50
11	-1,00	0,00	290,40	146,11
12	-0,90	0,00	318,83	176,57
13	-0,80	0,00	347,16	209,87
14	-0,70	0,00	375,38	246,00
15	-0,60	0,00	403,49	284,95
16	-0,50	0,00	431,49	326,70
17	0,96	0,00	-352,04	-3006,50
18	1,06	0,00	-355,93	-2971,10
19	1,16	0,00	-359,66	-2935,31
20	1,26	0,00	-363,24	-2899,17
21	1,36	0,00	-366,68	-2862,67
22	1,46	0,00	-369,96	-2825,84
23	1,56	0,00	-373,10	-2788,68
24	1,66	0,00	-376,08	-2751,22
25	1,76	0,00	-378,92	-2713,47
26	1,86	0,00	-381,60	-2675,45
27	1,96	0,00	-384,14	-2637,16
28	2,06	0,00	-386,53	-2598,62
29	2,16	0,00	-388,76	-2559,86
30	2,26	0,00	-390,85	-2520,88
31	2,36	0,00	-392,79	-2481,69
32	2,46	0,00	-394,58	-2442,32
33	2,56	0,00	-396,22	-2402,78
34	2,66	0,00	-397,71	-2363,08
35	2,76	0,00	-399,05	-2323,25
36	2,86	0,00	-400,24	-2283,28
37	2,96	0,00	-401,28	-2243,20
38	3,06	0,00	-402,17	-2203,03
39	3,16	0,00	-402,91	-2162,77
40	3,26	0,00	-403,50	-2122,45
41	3,36	0,00	-403,95	-2082,08
42	3,46	0,00	-404,24	-2041,67
43	3,56	0,00	-404,38	-2001,24
44	3,66	0,00	-404,38	-1960,80
45	3,76	0,00	-404,22	-1920,37
46	3,86	0,00	-403,92	-1879,96
47	3,96	0,00	-403,46	-1839,59
48	4,06	0,00	-402,86	-1799,27
49	4,16	0,00	-402,10	-1759,02
50	4,26	0,00	-401,20	-1718,85
51	4,36	0,00	-400,15	-1678,79
52	4,46	0,00	-398,95	-1638,83
53	4,56	0,00	-397,59	-1599,00
54	4,66	0,00	-396,09	-1559,32
55	4,76	0,00	-394,44	-1519,79
56	4,86	0,00	-392,64	-1480,43
57	4,96	0,00	-390,69	-1441,26
58	5,06	0,00	-388,59	-1402,30
59	5,16	0,00	-386,34	-1363,55
60	5,26	0,00	-383,94	-1325,04

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
61	5,36	0,00	-381,39	-1286,77
62	5,46	0,00	-378,70	-1248,76
63	5,56	0,00	-375,85	-1211,03
64	5,66	0,00	-372,85	-1173,60
65	5,76	0,00	-369,70	-1136,47
66	5,86	0,00	-366,41	-1099,66
67	5,96	0,00	-362,96	-1063,19
68	6,06	0,00	-359,37	-1027,07
69	6,16	0,00	-355,62	-991,32
70	6,26	0,00	-351,73	-955,95
71	6,36	0,00	-347,68	-920,98
72	6,46	0,00	-343,49	-886,42
73	6,56	0,00	-339,15	-852,29
74	6,66	0,00	-334,66	-818,60
75	6,76	0,00	-330,01	-785,36
76	6,86	0,00	-325,22	-752,60
77	6,96	0,00	-320,28	-720,32
78	7,06	0,00	-315,19	-688,55
79	7,16	0,00	-309,95	-657,29
80	7,26	0,00	-304,56	-626,56
81	7,36	0,00	-299,02	-596,38
82	7,46	0,00	-293,33	-566,76
83	7,56	0,00	-287,49	-537,72
84	7,66	0,00	-281,51	-509,27
85	7,76	0,00	-275,37	-481,43
86	7,86	0,00	-269,08	-454,20
87	7,96	0,00	-262,64	-427,61
88	8,06	0,00	-256,06	-401,68
89	8,16	0,00	-249,32	-376,41
90	8,26	0,00	-242,44	-351,82
91	8,36	0,00	-235,40	-327,93
92	8,46	0,00	-228,22	-304,74
93	8,56	0,00	-220,88	-282,29
94	8,66	0,00	-213,40	-260,57
95	8,76	0,00	-205,77	-239,61
96	8,86	0,00	-197,98	-219,42
97	8,96	0,00	-190,05	-200,02
98	9,06	0,00	-181,97	-181,42
99	9,16	0,00	-173,74	-163,63
100	9,26	0,00	-165,36	-146,68
101	9,36	0,00	-156,83	-130,57
102	9,46	0,00	-148,15	-115,32
103	9,56	0,00	-139,32	-100,94
104	9,66	0,00	-130,34	-87,46
105	9,76	0,00	-121,21	-74,88
106	9,86	0,00	-111,93	-63,22
107	9,96	0,00	-102,50	-52,50
108	10,06	0,00	-92,93	-42,73
109	10,16	0,00	-83,20	-33,92
110	10,26	0,00	-73,32	-26,09
111	10,36	0,00	-63,30	-19,26
112	10,46	0,00	-53,12	-13,44
113	10,56	0,00	-42,80	-8,64
114	10,66	0,00	-32,32	-4,88
115	10,76	0,00	-21,70	-2,18
116	10,86	0,00	-10,92	-0,55
117	10,96	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	0,00	21,07	1,05
3	-1,80	0,00	42,19	4,22
4	-1,70	0,00	63,34	9,49
5	-1,60	0,00	84,54	16,89
6	-1,50	0,00	105,78	26,40
7	-1,40	0,00	127,07	38,04
8	-1,30	0,00	148,39	51,82
9	-1,20	0,00	169,76	67,72
10	-1,10	0,00	191,17	85,77
11	-1,00	0,00	212,62	105,96
12	-0,90	0,00	234,12	128,30
13	-0,80	0,00	255,66	152,78
14	-0,70	0,00	277,24	179,43
15	-0,60	0,00	298,86	208,23
16	-0,50	0,00	320,53	239,20
17	0,96	0,00	4,26	41,44
18	1,06	0,00	4,34	41,01
19	1,16	0,00	4,41	40,57
20	1,26	0,00	4,49	40,12
21	1,36	0,00	4,55	39,67
22	1,46	0,00	4,62	39,21
23	1,56	0,00	4,69	38,75
24	1,66	0,00	4,75	38,28
25	1,76	0,00	4,81	37,80

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
26	1,86	0,00	4,87	37,31
27	1,96	0,00	4,92	36,83
28	2,06	0,00	4,98	36,33
29	2,16	0,00	5,03	35,83
30	2,26	0,00	5,07	35,33
31	2,36	0,00	5,12	34,82
32	2,46	0,00	5,16	34,30
33	2,56	0,00	5,20	33,78
34	2,66	0,00	5,24	33,26
35	2,76	0,00	5,28	32,73
36	2,86	0,00	5,31	32,21
37	2,96	0,00	5,34	31,67
38	3,06	0,00	5,37	31,14
39	3,16	0,00	5,40	30,60
40	3,26	0,00	5,42	30,06
41	3,36	0,00	5,44	29,51
42	3,46	0,00	5,46	28,97
43	3,56	0,00	5,48	28,42
44	3,66	0,00	5,49	27,87
45	3,76	0,00	5,50	27,32
46	3,86	0,00	5,51	26,77
47	3,96	0,00	5,52	26,22
48	4,06	0,00	5,52	25,67
49	4,16	0,00	5,53	25,12
50	4,26	0,00	5,53	24,57
51	4,36	0,00	5,52	24,01
52	4,46	0,00	5,52	23,46
53	4,56	0,00	5,51	22,91
54	4,66	0,00	5,50	22,36
55	4,76	0,00	5,49	21,81
56	4,86	0,00	5,47	21,26
57	4,96	0,00	5,46	20,71
58	5,06	0,00	5,44	20,17
59	5,16	0,00	5,41	19,63
60	5,26	0,00	5,39	19,09
61	5,36	0,00	5,36	18,55
62	5,46	0,00	5,33	18,02
63	5,56	0,00	5,30	17,48
64	5,66	0,00	5,27	16,95
65	5,76	0,00	5,23	16,43
66	5,86	0,00	5,19	15,91
67	5,96	0,00	5,15	15,39
68	6,06	0,00	5,11	14,88
69	6,16	0,00	5,06	14,37
70	6,26	0,00	5,01	13,87
71	6,36	0,00	4,96	13,37
72	6,46	0,00	4,91	12,87
73	6,56	0,00	4,85	12,39
74	6,66	0,00	4,79	11,90
75	6,76	0,00	4,73	11,43
76	6,86	0,00	4,67	10,96
77	6,96	0,00	4,60	10,49
78	7,06	0,00	4,54	10,04
79	7,16	0,00	4,46	9,59
80	7,26	0,00	4,39	9,14
81	7,36	0,00	4,32	8,71
82	7,46	0,00	4,24	8,28
83	7,56	0,00	4,16	7,86
84	7,66	0,00	4,08	7,45
85	7,76	0,00	3,99	7,05
86	7,86	0,00	3,90	6,65
87	7,96	0,00	3,81	6,27
88	8,06	0,00	3,72	5,89
89	8,16	0,00	3,63	5,52
90	8,26	0,00	3,53	5,16
91	8,36	0,00	3,43	4,82
92	8,46	0,00	3,33	4,48
93	8,56	0,00	3,23	4,15
94	8,66	0,00	3,12	3,83
95	8,76	0,00	3,01	3,53
96	8,86	0,00	2,90	3,23
97	8,96	0,00	2,78	2,95
98	9,06	0,00	2,67	2,67
99	9,16	0,00	2,55	2,41
100	9,26	0,00	2,43	2,16
101	9,36	0,00	2,31	1,93
102	9,46	0,00	2,18	1,70
103	9,56	0,00	2,05	1,49
104	9,66	0,00	1,92	1,29
105	9,76	0,00	1,79	1,11
106	9,86	0,00	1,65	0,93
107	9,96	0,00	1,51	0,78
108	10,06	0,00	1,37	0,63
109	10,16	0,00	1,23	0,50
110	10,26	0,00	1,08	0,39
111	10,36	0,00	0,94	0,29
112	10,46	0,00	0,79	0,20
113	10,56	0,00	0,63	0,13

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
114	10,66	0,00	0,48	0,07
115	10,76	0,00	0,32	0,03
116	10,86	0,00	0,16	0,01
117	10,96	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	0,00	21,07	1,05
3	-1,80	0,00	42,19	4,22
4	-1,70	0,00	63,34	9,49
5	-1,60	0,00	84,54	16,89
6	-1,50	0,00	105,78	26,40
7	-1,40	0,00	127,07	38,04
8	-1,30	0,00	148,39	51,82
9	-1,20	0,00	169,76	67,72
10	-1,10	0,00	191,17	85,77
11	-1,00	0,00	212,62	105,96
12	-0,90	0,00	234,12	128,30
13	-0,80	0,00	255,66	152,78
14	-0,70	0,00	277,24	179,43
15	-0,60	0,00	298,86	208,23
16	-0,50	0,00	320,53	239,20
17	0,96	0,00	4,26	41,44
18	1,06	0,00	4,34	41,01
19	1,16	0,00	4,41	40,57
20	1,26	0,00	4,49	40,12
21	1,36	0,00	4,55	39,67
22	1,46	0,00	4,62	39,21
23	1,56	0,00	4,69	38,75
24	1,66	0,00	4,75	38,28
25	1,76	0,00	4,81	37,80
26	1,86	0,00	4,87	37,31
27	1,96	0,00	4,92	36,83
28	2,06	0,00	4,98	36,33
29	2,16	0,00	5,03	35,83
30	2,26	0,00	5,07	35,33
31	2,36	0,00	5,12	34,82
32	2,46	0,00	5,16	34,30
33	2,56	0,00	5,20	33,78
34	2,66	0,00	5,24	33,26
35	2,76	0,00	5,28	32,73
36	2,86	0,00	5,31	32,21
37	2,96	0,00	5,34	31,67
38	3,06	0,00	5,37	31,14
39	3,16	0,00	5,40	30,60
40	3,26	0,00	5,42	30,06
41	3,36	0,00	5,44	29,51
42	3,46	0,00	5,46	28,97
43	3,56	0,00	5,48	28,42
44	3,66	0,00	5,49	27,87
45	3,76	0,00	5,50	27,32
46	3,86	0,00	5,51	26,77
47	3,96	0,00	5,52	26,22
48	4,06	0,00	5,52	25,67
49	4,16	0,00	5,53	25,12
50	4,26	0,00	5,53	24,57
51	4,36	0,00	5,52	24,01
52	4,46	0,00	5,52	23,46
53	4,56	0,00	5,51	22,91
54	4,66	0,00	5,50	22,36
55	4,76	0,00	5,49	21,81
56	4,86	0,00	5,47	21,26
57	4,96	0,00	5,46	20,71
58	5,06	0,00	5,44	20,17
59	5,16	0,00	5,41	19,63
60	5,26	0,00	5,39	19,09
61	5,36	0,00	5,36	18,55
62	5,46	0,00	5,33	18,02
63	5,56	0,00	5,30	17,48
64	5,66	0,00	5,27	16,95
65	5,76	0,00	5,23	16,43
66	5,86	0,00	5,19	15,91
67	5,96	0,00	5,15	15,39
68	6,06	0,00	5,11	14,88
69	6,16	0,00	5,06	14,37
70	6,26	0,00	5,01	13,87
71	6,36	0,00	4,96	13,37
72	6,46	0,00	4,91	12,87
73	6,56	0,00	4,85	12,39
74	6,66	0,00	4,79	11,90
75	6,76	0,00	4,73	11,43
76	6,86	0,00	4,67	10,96
77	6,96	0,00	4,60	10,49
78	7,06	0,00	4,54	10,04

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
79	7,16	0,00	4,46	9,59
80	7,26	0,00	4,39	9,14
81	7,36	0,00	4,32	8,71
82	7,46	0,00	4,24	8,28
83	7,56	0,00	4,16	7,86
84	7,66	0,00	4,08	7,45
85	7,76	0,00	3,99	7,05
86	7,86	0,00	3,90	6,65
87	7,96	0,00	3,81	6,27
88	8,06	0,00	3,72	5,89
89	8,16	0,00	3,63	5,52
90	8,26	0,00	3,53	5,16
91	8,36	0,00	3,43	4,82
92	8,46	0,00	3,33	4,48
93	8,56	0,00	3,23	4,15
94	8,66	0,00	3,12	3,83
95	8,76	0,00	3,01	3,53
96	8,86	0,00	2,90	3,23
97	8,96	0,00	2,78	2,95
98	9,06	0,00	2,67	2,67
99	9,16	0,00	2,55	2,41
100	9,26	0,00	2,43	2,16
101	9,36	0,00	2,31	1,93
102	9,46	0,00	2,18	1,70
103	9,56	0,00	2,05	1,49
104	9,66	0,00	1,92	1,29
105	9,76	0,00	1,79	1,11
106	9,86	0,00	1,65	0,93
107	9,96	0,00	1,51	0,78
108	10,06	0,00	1,37	0,63
109	10,16	0,00	1,23	0,50
110	10,26	0,00	1,08	0,39
111	10,36	0,00	0,94	0,29
112	10,46	0,00	0,79	0,20
113	10,56	0,00	0,63	0,13
114	10,66	0,00	0,48	0,07
115	10,76	0,00	0,32	0,03
116	10,86	0,00	0,16	0,01
117	10,96	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	0,00	21,07	1,05
3	-1,80	0,00	42,19	4,22
4	-1,70	0,00	63,34	9,49
5	-1,60	0,00	84,54	16,89
6	-1,50	0,00	105,78	26,40
7	-1,40	0,00	127,07	38,04
8	-1,30	0,00	148,39	51,82
9	-1,20	0,00	169,76	67,72
10	-1,10	0,00	191,17	85,77
11	-1,00	0,00	212,62	105,96
12	-0,90	0,00	234,12	128,30
13	-0,80	0,00	255,66	152,78
14	-0,70	0,00	277,24	179,43
15	-0,60	0,00	298,86	208,23
16	-0,50	0,00	320,53	239,20
17	0,96	0,00	4,26	41,44
18	1,06	0,00	4,34	41,01
19	1,16	0,00	4,41	40,57
20	1,26	0,00	4,49	40,12
21	1,36	0,00	4,55	39,67
22	1,46	0,00	4,62	39,21
23	1,56	0,00	4,69	38,75
24	1,66	0,00	4,75	38,28
25	1,76	0,00	4,81	37,80
26	1,86	0,00	4,87	37,31
27	1,96	0,00	4,92	36,83
28	2,06	0,00	4,98	36,33
29	2,16	0,00	5,03	35,83
30	2,26	0,00	5,07	35,33
31	2,36	0,00	5,12	34,82
32	2,46	0,00	5,16	34,30
33	2,56	0,00	5,20	33,78
34	2,66	0,00	5,24	33,26
35	2,76	0,00	5,28	32,73
36	2,86	0,00	5,31	32,21
37	2,96	0,00	5,34	31,67
38	3,06	0,00	5,37	31,14
39	3,16	0,00	5,40	30,60
40	3,26	0,00	5,42	30,06
41	3,36	0,00	5,44	29,51
42	3,46	0,00	5,46	28,97
43	3,56	0,00	5,48	28,42

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
44	3,66	0,00	5,49	27,87
45	3,76	0,00	5,50	27,32
46	3,86	0,00	5,51	26,77
47	3,96	0,00	5,52	26,22
48	4,06	0,00	5,52	25,67
49	4,16	0,00	5,53	25,12
50	4,26	0,00	5,53	24,57
51	4,36	0,00	5,52	24,01
52	4,46	0,00	5,52	23,46
53	4,56	0,00	5,51	22,91
54	4,66	0,00	5,50	22,36
55	4,76	0,00	5,49	21,81
56	4,86	0,00	5,47	21,26
57	4,96	0,00	5,46	20,71
58	5,06	0,00	5,44	20,17
59	5,16	0,00	5,41	19,63
60	5,26	0,00	5,39	19,09
61	5,36	0,00	5,36	18,55
62	5,46	0,00	5,33	18,02
63	5,56	0,00	5,30	17,48
64	5,66	0,00	5,27	16,95
65	5,76	0,00	5,23	16,43
66	5,86	0,00	5,19	15,91
67	5,96	0,00	5,15	15,39
68	6,06	0,00	5,11	14,88
69	6,16	0,00	5,06	14,37
70	6,26	0,00	5,01	13,87
71	6,36	0,00	4,96	13,37
72	6,46	0,00	4,91	12,87
73	6,56	0,00	4,85	12,39
74	6,66	0,00	4,79	11,90
75	6,76	0,00	4,73	11,43
76	6,86	0,00	4,67	10,96
77	6,96	0,00	4,60	10,49
78	7,06	0,00	4,54	10,04
79	7,16	0,00	4,46	9,59
80	7,26	0,00	4,39	9,14
81	7,36	0,00	4,32	8,71
82	7,46	0,00	4,24	8,28
83	7,56	0,00	4,16	7,86
84	7,66	0,00	4,08	7,45
85	7,76	0,00	3,99	7,05
86	7,86	0,00	3,90	6,65
87	7,96	0,00	3,81	6,27
88	8,06	0,00	3,72	5,89
89	8,16	0,00	3,63	5,52
90	8,26	0,00	3,53	5,16
91	8,36	0,00	3,43	4,82
92	8,46	0,00	3,33	4,48
93	8,56	0,00	3,23	4,15
94	8,66	0,00	3,12	3,83
95	8,76	0,00	3,01	3,53
96	8,86	0,00	2,90	3,23
97	8,96	0,00	2,78	2,95
98	9,06	0,00	2,67	2,67
99	9,16	0,00	2,55	2,41
100	9,26	0,00	2,43	2,16
101	9,36	0,00	2,31	1,93
102	9,46	0,00	2,18	1,70
103	9,56	0,00	2,05	1,49
104	9,66	0,00	1,92	1,29
105	9,76	0,00	1,79	1,11
106	9,86	0,00	1,65	0,93
107	9,96	0,00	1,51	0,78
108	10,06	0,00	1,37	0,63
109	10,16	0,00	1,23	0,50
110	10,26	0,00	1,08	0,39
111	10,36	0,00	0,94	0,29
112	10,46	0,00	0,79	0,20
113	10,56	0,00	0,63	0,13
114	10,66	0,00	0,48	0,07
115	10,76	0,00	0,32	0,03
116	10,86	0,00	0,16	0,01
117	10,96	0,00	0,00	0,00

PROGETTAZIONE ATI:

Risultati per involucro

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
2	Spinta statica	679,29	21,33	632,76	247,08	10,96	-7,56
	Incremento di spinta sismica		250,63	233,46	91,16	10,96	-7,60
	Peso/inerzia muro			103,40	741,31/51,70	2,89	-9,84
	Peso/inerzia terrapieno			355,17	2546,21/177,58	5,87	-4,84
	Resistenza tiranti			-110,74	29,67	-0,50	-5,00

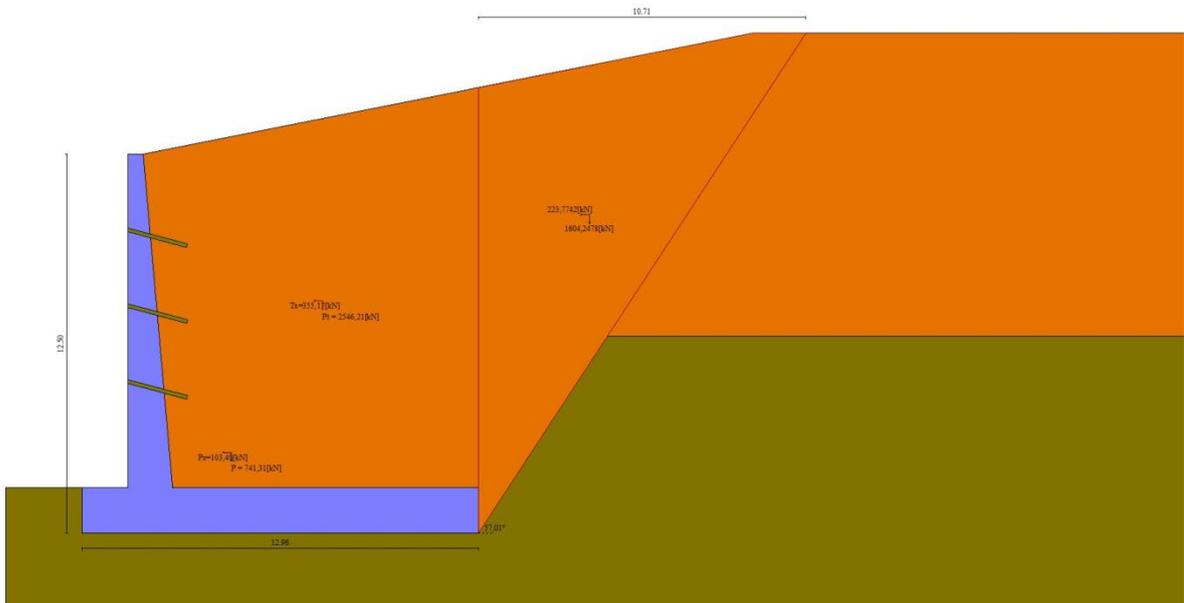


Fig. 14 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

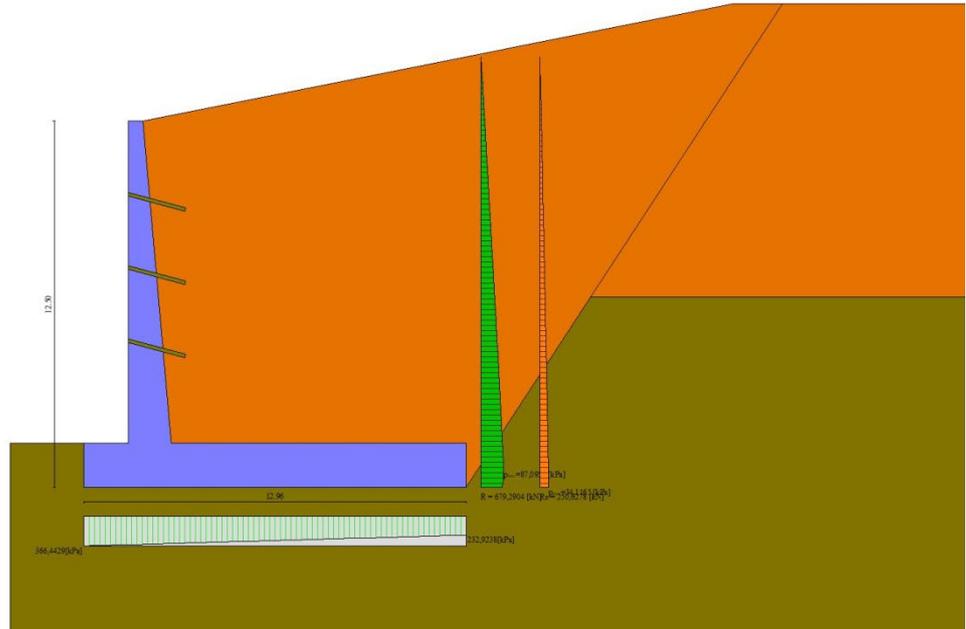


Fig. 15 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

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

lc	N [kN]	T [kN]	M _r [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	3631,19	724,41	4067,32	28484,24	-0,203
2 - STR (A1-M1-R3)	3884,61	1214,05	7269,27	30567,16	0,484
3 - STR (A1-M1-R3)	3391,57	1125,79	8487,20	28470,20	0,589
4 - GEO (A2-M2-R2)	3559,62	557,27	4029,72	27572,85	-0,133
5 - GEO (A2-M2-R2)	3878,35	1085,60	7269,27	30382,43	0,522
6 - GEO (A2-M2-R2)	3385,31	997,34	8487,20	28285,47	0,633
7 - EQU (A1-M1-R3)	3631,19	724,41	4067,32	28484,24	-0,203
8 - EQU (A1-M1-R3)	4055,42	1587,18	9472,32	32120,33	0,897
9 - EQU (A1-M1-R3)	3323,81	1475,13	11398,85	29077,86	1,162
10 - SLER	3557,27	550,45	3128,71	27531,72	-0,223
11 - SLEF	3557,27	550,45	3128,71	27531,72	-0,223
12 - SLEQ	3557,27	550,45	3128,71	27531,72	-0,223
13 - SLEQ	3716,91	837,79	5150,50	29009,51	0,062
14 - SLEQ	3476,24	794,69	5745,21	27987,90	0,083

PROGETTAZIONE ATI:

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.830		3.431			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.229		2.075			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.161		2.169			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.795		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.781		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.757		
7 - EQU (A1-M1-R3)			7.003				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.391				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.551				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1324,37	0,00	0,00	--	110,74	1435,10	1236,53	1.161

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	3884,61	8060,54	6717,11	2.075

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

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

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

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	lr	lrc	Re	ry
2	35.490 23.177 22.022	0.651 0.651 0.209	1.054 1.027 1.027	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.807	0.825

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
2	1,50	10,00	9,02	17,65	32,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	29077,86	11398,85	2.551

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 4,50	20,51	1.757

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	91,49	0,00	0,00	20,00 - 1,36	78,583	32,000	0	0,0	
2	214,21	0,00	0,00	1,36	64,539	32,000	0	0,0	
3	271,17	0,00	0,00	1,36	56,668	32,000	10	0,0	12,04; 36,33
4	308,86	0,00	0,00	1,36	50,247	32,000	10	0,0	15,70; 34,05
5	342,78	0,00	0,00	1,36	44,614	32,000	10	0,0	
6	371,55	0,00	0,00	1,36	39,489	32,000	10	0,0	21,83; 30,59
7	398,48	0,00	0,00	1,36	34,722	32,000	10	0,0	
8	421,45	0,00	0,00	1,36	30,218	32,000	10	0,0	
9	433,78	0,00	0,00	1,36	25,913	32,000	10	0,0	
10	442,73	0,00	0,00	1,36	21,761	32,000	10	0,0	
11	448,61	0,00	0,00	1,36	17,727	32,000	10	0,0	
12	451,65	0,00	0,00	1,36	13,782	32,000	10	0,0	
13	452,02	0,00	0,00	1,36	9,902	32,000	10	0,0	
14	449,82	0,00	0,00	1,36	6,069	32,000	10	0,0	
15	487,69	0,00	0,00	1,36	2,262	32,000	10	0,0	
16	164,30	0,00	0,00	1,36	-1,534	32,000	10	0,0	
17	135,30	0,00	0,00	1,36	-5,338	32,000	10	0,0	
18	128,76	0,00	0,00	1,36	-9,165	32,000	10	0,0	
19	121,51	0,00	0,00	1,36	-13,034	32,000	10	0,0	
20	111,62	0,00	0,00	1,36	-16,965	32,000	10	0,0	
21	98,91	0,00	0,00	1,36	-20,980	32,000	10	0,0	
22	83,20	0,00	0,00	1,36	-25,107	32,000	10	0,0	
23	64,17	0,00	0,00	1,36	-29,380	32,000	10	0,0	
24	41,41	0,00	0,00	1,36	-33,841	32,000	10	0,0	
25	14,34	0,00	0,00	-13,95 - 1,36	-38,209	32,000	10	0,0	

PROGETTAZIONE ATI:

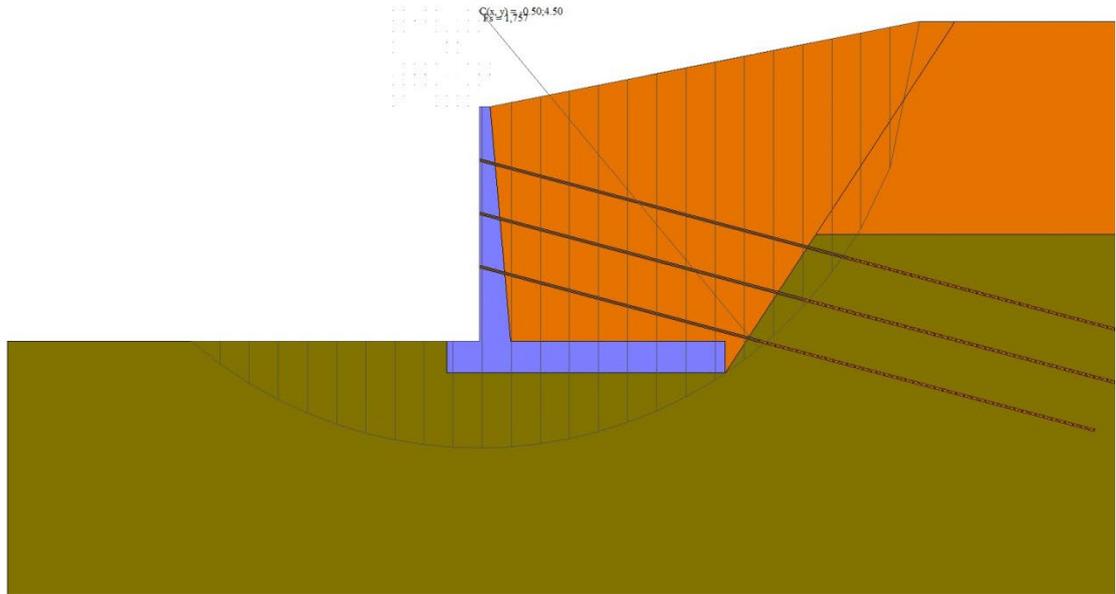


Fig. 16 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

Elementi calcolati a piastra

Simbologia adottata

- Mx, My Momenti flettenti, espresso in [kNm]
- Mxy Momento torcente, espresso in [kNm]. Positivo se diretto da monte verso valle
- Tx, Ty Tagli, espresso in [kN]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

I momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori (intradosso fondazione, paramento esterno)

Piastra paramento

In	Mx [kNm]	My [kNm]	Mxy [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]	
629	3,65 (10)	-1,27 (10)	-0,65 (10)	0,06 (10)	-6,57 (10)	MAX
82	-539,58 (2)	-1798,60 (2)	1,79 (2)	0,00 (2)	-554,67 (2)	MIN
675	0,60 (10)	0,58 (10)	0,42 (10)	1,81 (10)	-5,68 (10)	MAX
82	-539,58 (2)	-1798,60 (2)	1,79 (2)	0,00 (2)	-554,67 (2)	MIN
1	-482,69 (2)	-1608,95 (2)	335,24 (2)	0,00 (2)	200,68 (2)	MAX
577	-482,69 (2)	-1608,95 (2)	-335,24 (2)	0,00 (2)	200,68 (2)	MIN
9	-146,28 (2)	-1235,36 (2)	81,22 (2)	129,99 (2)	-398,76 (2)	MAX
487	-146,28 (2)	-1235,36 (2)	-81,22 (2)	-129,99 (2)	-398,76 (2)	MIN
577	-400,04 (10)	-1333,46 (10)	-304,21 (10)	0,00 (10)	337,60 (10)	MAX
26	-530,81 (2)	-1769,36 (2)	29,67 (2)	0,00 (2)	-583,60 (2)	MIN

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

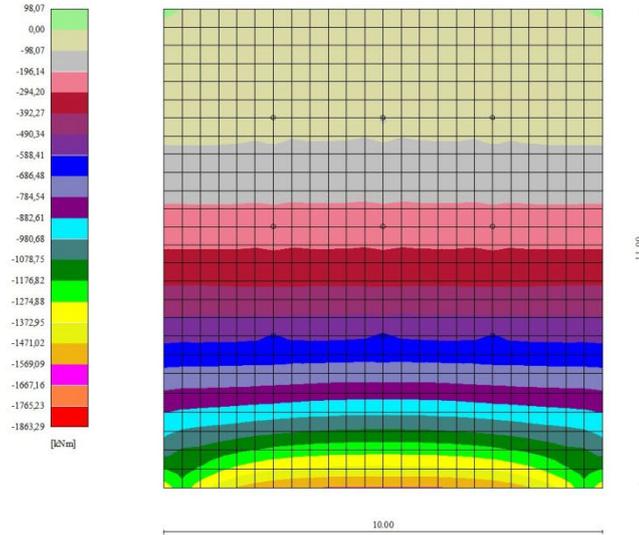


Fig. 17 - Piastra paramento - Momento M_{yMAX} (Combinazione n° 10)

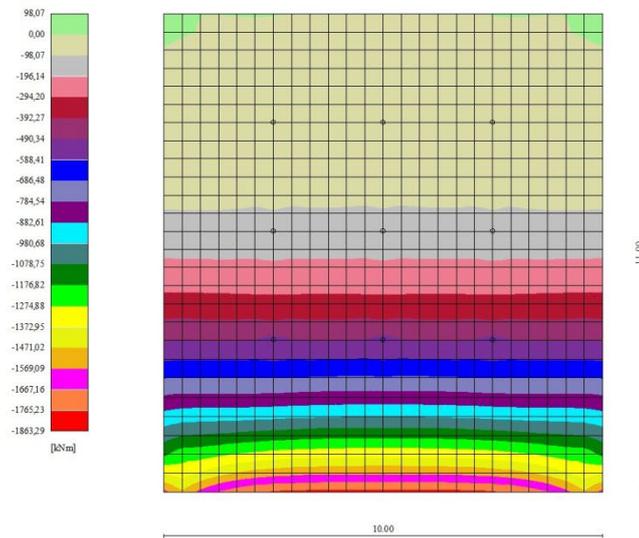


Fig. 18 - Piastra paramento - Momento M_{yMIN} (Combinazione n° 2)

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

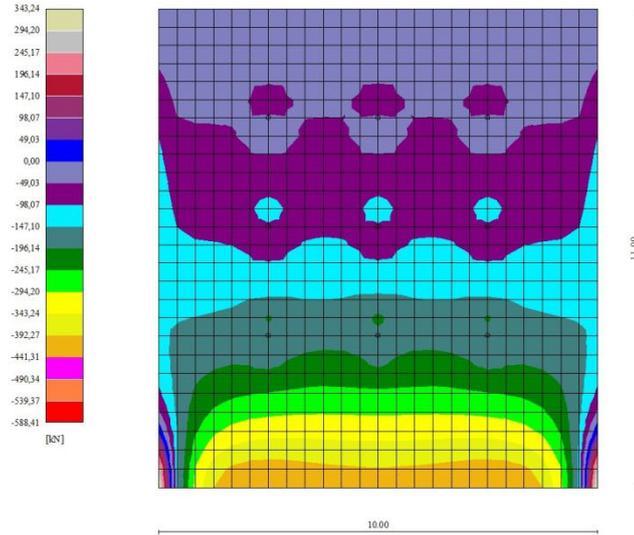


Fig. 19 - Piastra paramento - Taglio T_{yMAX} (Combinazione n° 10)

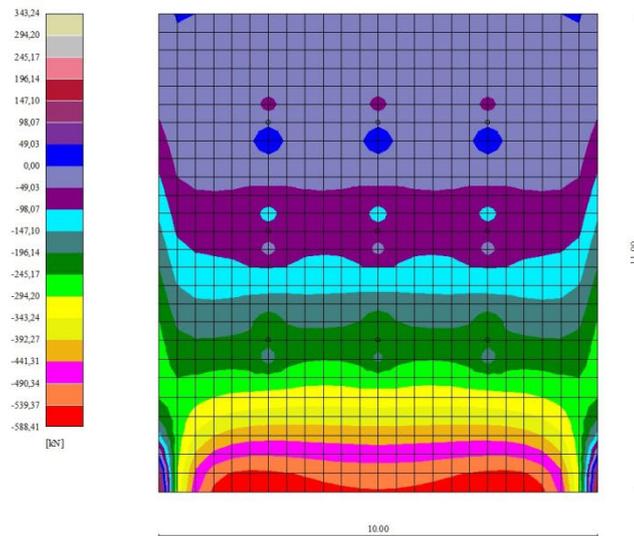


Fig. 20 - Piastra paramento - Taglio T_{yMIN} (Combinazione n° 2)

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	-2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	0,00	0,00	21,07	32,92	1,05	1,65
3	-1,80	0,00	0,00	42,19	65,73	4,22	6,58
4	-1,70	0,00	0,00	63,34	98,44	9,49	14,79

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
5	-1,60	0,00	0,00	84,54	131,04	16,89	26,26
6	-1,50	0,00	0,00	105,78	163,55	26,40	40,99
7	-1,40	0,00	0,00	127,07	195,95	38,04	58,97
8	-1,30	0,00	0,00	148,39	228,24	51,82	80,18
9	-1,20	0,00	0,00	169,76	260,44	67,72	104,61
10	-1,10	0,00	0,00	191,17	292,53	85,77	132,26
11	-1,00	0,00	0,00	212,62	324,52	105,96	163,12
12	-0,90	0,00	0,00	234,12	356,40	128,30	197,16
13	-0,80	0,00	0,00	255,66	388,18	152,78	234,39
14	-0,70	0,00	0,00	277,24	419,86	179,43	274,80
15	-0,60	0,00	0,00	298,86	451,44	208,23	318,36
16	-0,50	0,00	0,00	320,53	482,91	239,20	365,08
17	0,96	0,00	0,00	-676,28	38,01	-3480,75	41,44
18	1,06	0,00	0,00	-670,10	30,55	-3413,43	41,01
19	1,16	0,00	0,00	-663,92	23,24	-3346,73	40,57
20	1,26	0,00	0,00	-657,72	16,07	-3280,65	40,12
21	1,36	0,00	0,00	-651,51	9,04	-3215,18	39,67
22	1,46	0,00	0,00	-645,29	4,62	-3150,34	39,21
23	1,56	0,00	0,00	-639,06	4,69	-3086,13	38,75
24	1,66	0,00	0,00	-632,82	4,75	-3022,53	38,28
25	1,76	0,00	0,00	-626,56	4,81	-2959,56	37,80
26	1,86	0,00	0,00	-620,29	4,87	-2897,22	37,31
27	1,96	0,00	0,00	-614,01	4,92	-2835,50	36,83
28	2,06	0,00	0,00	-607,72	4,98	-2774,42	36,33
29	2,16	0,00	0,00	-601,42	5,03	-2713,96	35,83
30	2,26	0,00	0,00	-595,10	5,07	-2654,13	35,33
31	2,36	0,00	0,00	-588,78	5,12	-2594,94	34,82
32	2,46	0,00	0,00	-582,44	5,16	-2536,38	34,30
33	2,56	0,00	0,00	-576,08	5,20	-2478,45	33,78
34	2,66	0,00	0,00	-569,72	5,24	-2421,16	33,26
35	2,76	0,00	0,00	-563,35	5,28	-2364,51	32,73
36	2,86	0,00	0,00	-556,96	5,31	-2308,49	32,21
37	2,96	0,00	0,00	-550,56	5,34	-2253,12	31,67
38	3,06	0,00	0,00	-544,15	5,37	-2203,03	31,14
39	3,16	0,00	0,00	-537,73	5,40	-2162,77	30,60
40	3,26	0,00	0,00	-531,29	5,42	-2122,45	30,06
41	3,36	0,00	0,00	-524,84	5,44	-2082,08	29,51
42	3,46	0,00	0,00	-518,39	5,46	-2041,67	28,97
43	3,56	0,00	0,00	-511,92	5,48	-2001,24	28,42
44	3,66	0,00	0,00	-505,43	5,49	-1960,80	27,87
45	3,76	0,00	0,00	-498,94	5,50	-1920,37	27,32
46	3,86	0,00	0,00	-492,43	5,51	-1879,96	26,77
47	3,96	0,00	0,00	-485,91	5,52	-1839,59	26,22
48	4,06	0,00	0,00	-479,38	5,52	-1799,27	25,67
49	4,16	0,00	0,00	-472,84	5,53	-1759,02	25,12
50	4,26	0,00	0,00	-466,29	5,53	-1718,85	24,57
51	4,36	0,00	0,00	-459,72	5,52	-1678,79	24,01
52	4,46	0,00	0,00	-453,14	5,52	-1638,83	23,46
53	4,56	0,00	0,00	-446,55	5,51	-1599,00	22,91
54	4,66	0,00	0,00	-439,95	5,50	-1559,32	22,36
55	4,76	0,00	0,00	-433,34	5,49	-1519,79	21,81
56	4,86	0,00	0,00	-426,71	5,47	-1480,43	21,26
57	4,96	0,00	0,00	-420,07	5,46	-1441,26	20,71
58	5,06	0,00	0,00	-413,43	5,44	-1402,30	20,17
59	5,16	0,00	0,00	-406,76	5,41	-1363,55	19,63
60	5,26	0,00	0,00	-400,09	5,39	-1325,04	19,09
61	5,36	0,00	0,00	-393,41	5,36	-1286,77	18,55
62	5,46	0,00	0,00	-386,71	5,33	-1248,76	18,02
63	5,56	0,00	0,00	-380,00	5,30	-1211,03	17,48
64	5,66	0,00	0,00	-373,28	5,27	-1173,60	16,95
65	5,76	0,00	0,00	-366,57	5,23	-1136,47	16,43
66	5,86	0,00	0,00	-360,41	5,19	-1099,66	15,91
67	5,96	0,00	0,00	-354,29	5,15	-1063,19	15,39
68	6,06	0,00	0,00	-350,37	5,11	-1027,07	14,88
69	6,16	0,00	0,00	-350,62	5,06	-991,32	14,37
70	6,26	0,00	0,00	-351,73	5,01	-955,95	13,87
71	6,36	0,00	0,00	-347,68	4,96	-920,98	13,37
72	6,46	0,00	0,00	-343,49	4,91	-886,42	12,87
73	6,56	0,00	0,00	-339,15	4,85	-852,29	12,39
74	6,66	0,00	0,00	-334,66	4,79	-818,60	11,90
75	6,76	0,00	0,00	-330,01	4,73	-785,36	11,43
76	6,86	0,00	0,00	-325,22	4,67	-752,60	10,96
77	6,96	0,00	0,00	-320,28	4,60	-720,32	10,49
78	7,06	0,00	0,00	-315,19	4,54	-688,55	10,04
79	7,16	0,00	0,00	-309,95	4,46	-657,29	9,59
80	7,26	0,00	0,00	-304,56	4,39	-626,56	9,14
81	7,36	0,00	0,00	-299,02	4,32	-596,38	8,71
82	7,46	0,00	0,00	-293,33	4,24	-566,76	8,28
83	7,56	0,00	0,00	-287,49	4,16	-537,72	7,86
84	7,66	0,00	0,00	-281,51	4,08	-509,27	7,45
85	7,76	0,00	0,00	-275,37	3,99	-481,43	7,05
86	7,86	0,00	0,00	-269,08	3,90	-454,20	6,65
87	7,96	0,00	0,00	-262,64	3,81	-427,61	6,27
88	8,06	0,00	0,00	-256,06	3,72	-401,68	5,89
89	8,16	0,00	0,00	-249,32	3,63	-376,41	5,52
90	8,26	0,00	0,00	-242,44	3,53	-351,82	5,16
91	8,36	0,00	0,00	-235,40	3,43	-327,93	4,82
92	8,46	0,00	0,00	-228,22	3,33	-304,74	4,48

PROGETTAZIONE ATI:

E78 GROSSETO – FANO
TRATTO NODO DI AREZZO – SELCI – LAMA (E45)
ADEGUAMENTO A QUATTRO CORSIE DEL TRATTO SAN ZENO – AREZZO – PALAZZO DEL PERO, 1° LOTTO
(FI508)
OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO
ASSE PRINCIPALE – MURO OS.55 – RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
93	8,56	0,00	0,00	-220,88	3,23	-282,29	4,15
94	8,66	0,00	0,00	-213,40	3,12	-260,57	3,83
95	8,76	0,00	0,00	-205,77	3,01	-239,61	3,53
96	8,86	0,00	0,00	-197,98	2,90	-219,42	3,23
97	8,96	0,00	0,00	-190,05	2,78	-200,02	2,95
98	9,06	0,00	0,00	-181,97	2,67	-181,42	2,67
99	9,16	0,00	0,00	-173,74	2,55	-163,63	2,41
100	9,26	0,00	0,00	-165,36	2,43	-146,68	2,16
101	9,36	0,00	0,00	-156,83	2,31	-130,57	1,93
102	9,46	0,00	0,00	-148,15	2,18	-115,32	1,70
103	9,56	0,00	0,00	-139,32	2,05	-100,94	1,49
104	9,66	0,00	0,00	-130,34	1,92	-87,46	1,29
105	9,76	0,00	0,00	-121,21	1,79	-74,88	1,11
106	9,86	0,00	0,00	-111,93	1,65	-63,22	0,93
107	9,96	0,00	0,00	-102,50	1,51	-52,50	0,78
108	10,06	0,00	0,00	-92,93	1,37	-42,73	0,63
109	10,16	0,00	0,00	-83,20	1,23	-33,92	0,50
110	10,26	0,00	0,00	-73,32	1,08	-26,09	0,39
111	10,36	0,00	0,00	-63,30	0,94	-19,26	0,29
112	10,46	0,00	0,00	-53,12	0,79	-13,44	0,20
113	10,56	0,00	0,00	-42,80	0,63	-8,64	0,13
114	10,66	0,00	0,00	-32,32	0,48	-4,88	0,07
115	10,76	0,00	0,00	-21,70	0,32	-2,18	0,03
116	10,86	0,00	0,00	-10,92	0,16	-0,55	0,01
117	10,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

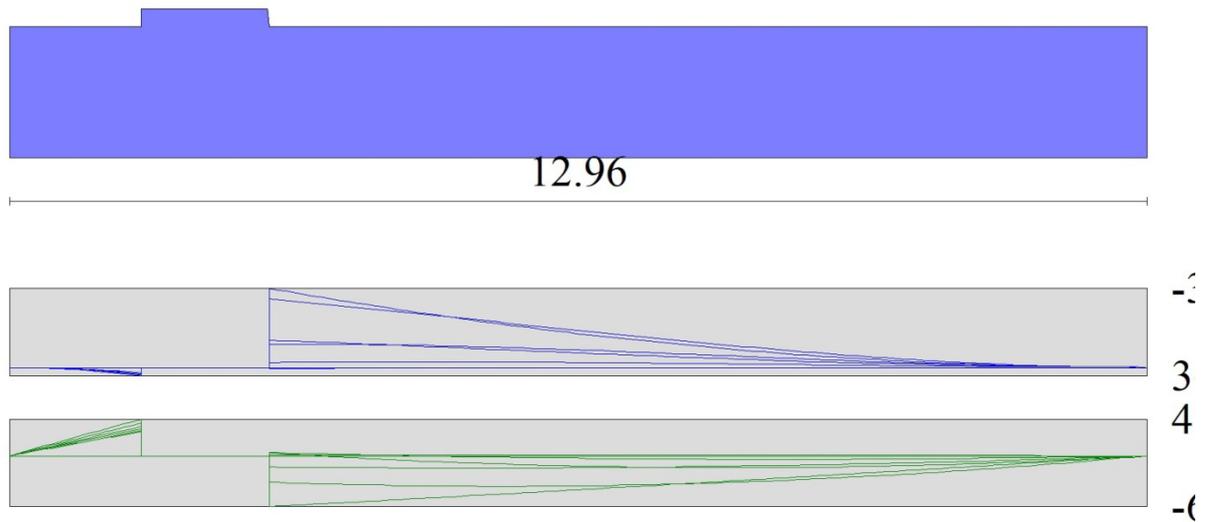


Fig. 21 - Fondazione

PROGETTAZIONE ATI: