

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NODO DI CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA  
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL  
TRATTO DI LINEA INTERESSATO.**

**MACROFASE FUNZIONALE 1**

**LOTTO 2**

**Terminal Merci Fase 1 - OPERE CIVILI**

**MU06 Muro asta di manovra - Relazione di calcolo muro a U**

SCALA:

-

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

RS3H    02    D    78    CL    MU0600    002    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Nani	Marzo 2020	C.Toraldo <i>Catino Toraldo</i>	Marzo 2020	S.Vanfiori <i>S. Vanfiori</i>	Marzo 2020	D.Tiberti <i>D. Tiberti</i>

File: RS3H.0.2.D.78.CL.MU.06.0.0.002.A

n. Elab.:

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10379



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	1 di 61

1. PREMESSA .....	3
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA .....	5
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	6
5.1 CALCESTRUZZO MURI .....	6
5.2 ACCIAIO D'ARMATURA .....	7
6. CRITERI DI VERIFICA.....	7
6.1 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE.....	7
6.1.1 <i>Verifica a carico limite della fondazione</i> .....	7
6.2 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE .....	8
6.3 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE).....	8
6.3.1 <i>Calcolo dei cedimenti (sle)</i> .....	8
6.4 VERIFICHE STRUTTURALI SLU .....	9
6.4.1 <i>Criteri di verifica delle sezioni in c.a.</i> .....	9
6.4.2 <i>Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione</i> .....	10
6.4.3 <i>Verifica agli stati limite ultimi a taglio</i> .....	10
6.5 VERIFICHE STRUTTURALI (SLE).....	12
6.5.1 <i>Verifiche alle tensioni</i> .....	12
6.5.2 <i>Verifiche a fessurazione</i> .....	13
7. CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC 2018 .....	14
8. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	15
9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	16
9.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	16



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	2 di 61

9.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	16
10.	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	20
10.1	ANALISI DEI CARICHI .....	22
10.1.1	<i>Peso proprio della struttura</i> .....	22
10.1.2	<i>Carichi permanenti portati</i> .....	22
10.1.3	<i>Ballast</i> .....	23
10.1.4	<i>Spinta orizzontale dovuta al ballast</i> .....	23
10.1.5	<i>Spinta del terreno e dell'acqua</i> .....	25
10.1.6	<i>Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore</i> .....	27
10.1.7	<i>Incremento di spinta dovuta al carico accidentale</i> .....	28
10.1.8	<i>Azione sismica</i> .....	29
10.2	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	32
10.3	RISULTATI E VERIFICHE STRUTTURALI .....	35
10.3.1	<i>Verifica piedritto</i> .....	38
10.3.2	<i>Verifica soletta inferiore</i> .....	46
10.4	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	55
10.4.1	<i>Verifica a carico limite della fondazione</i> .....	55
10.4.2	<i>Calcolo dei cedimenti</i> .....	60

## 1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo della Diretrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo nodo di Catania, interrimento linea per il prolungamento della pista dell'aeroporto di Fontanarossa e per la messa a sti del tratto di linea interessato - macrofase funzionale 1 - lotto 02.

### 1.1 Descrizione dell'opera

La seguente relazione di calcolo, in particolare, riguarda il dimensionamento del muro ad U denominato MU06 che sostiene l'asta di manovra del terminal merci Bicocca nell'ambito del progetto del Nodo di Catania.

In particolare si sviluppa dalla progressiva chilometrica 1+840 alla 2+340 per uno sviluppo complessivo di 500 m circa. In Figura 1 si riporta la sezione del muro MU06, che presenta una soletta di fondazione di spessore pari a 1,50 m e larghezza pari a 12.6 m. I piedritti hanno spessore variabile tra 1,00 m (spessore allo spiccato) e 0,40 m (spessore in sommità) . L'altezza complessiva del muro varia tra 6,00 m e 8,00 m (compresa lo spessore della fondazione).

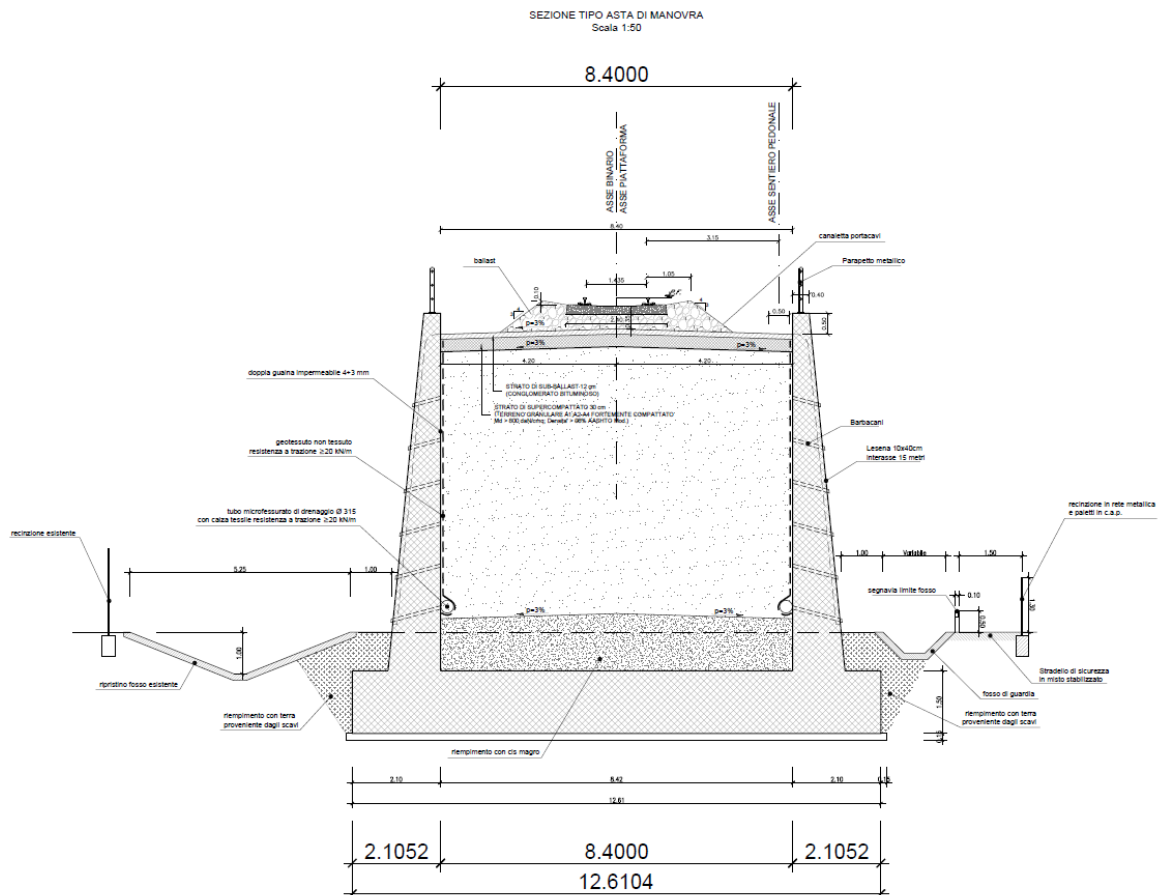


Figura 1 – Sezione MU06.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	4 di 61

Al fine di considerare le condizioni di carico più gravose si è considerato il modello di calcolo con altezza massima dei piedritti pari a 6,50 m. L'altezza complessiva del muro, compresa la soletta di fondazione, è pari a 8,00 m.

Lo spessore dei piedritti allo spiccato è pari a 1,00 m, mentre la sezione di sommità ha spessore 0.4 m. La soletta di fondo ha spessore di 1,50 m.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

- Rif. [1] Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Rif. [2] Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Rif. [3] Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2;
- Rif. [4] RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- Rif. [5] Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea..

## 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

RS3H.0.2.D.78.BZ.MU.06.0.0.002.A: "Terminal Merci Fase 1 – Opere civili – MU06: Muro asta di manovra – Pianta, profilo, sezioni muro a U – Tav. 1/2"

RS3H.0.2.D.78.BZ.MU.06.0.0.003.A: "Terminal Merci Fase 1 – Opere civili – MU06: Muro asta di manovra – Pianta, profilo, sezioni muro a U – Tav. 2/2"

RS3H.0.2.D.78.RH.GE.00.0.5.001.A: "Elaborati generali – Geotecnica - Relazione geotecnica generale"



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	5 di 61

#### 4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

unità di misura principali

N (Newton)	unità di forza
m (metro)	unità di lunghezza
kg (kilogrammo-massa)	unità di massa
s (secondo)	unità di tempo

unità di misura derivate **kN**

(kiloNewton)	10 <sup>3</sup> N
<b>MN</b> (megaNewton)	10 <sup>6</sup> N
<b>kgf</b> (kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
<b>cm</b> (centimetro)	10 <sup>-2</sup> m
<b>mm</b> (millimetro)	10 <sup>-3</sup> m
<b>Pa</b> (Pascal)	1 N/m <sup>2</sup>
<b>kPa</b> (kiloPascal)	10 <sup>3</sup> N/m <sup>2</sup>
<b>MPa</b> (megaPascal)	10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
N/m <sup>3</sup>	(peso specifico)
<b>g</b> (accelerazione di gravità)	~9.81 m/s <sup>2</sup>

corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	6 di 61

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

$\gamma$ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m <sup>3</sup> )	
$\sigma$ (sigma)	tensione normale	(N/mm <sup>2</sup> )	
$\tau$ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm <sup>2</sup> )	
$\varepsilon$ (epsilon)	deformazione	(m/m)	-
$\phi$ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)	

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 5.1 Calcestruzzo muri

Classe di resistenza C32/40  $R_{ck} \geq 40$  N/mm<sup>2</sup>

Classe di esposizione ambientale XC4

Copriferro nominale minimo 50 mm

Resistenza di calcolo del calcestruzzo per la verifica agli SLU ( $\gamma_c = 1.5$ ):

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	32 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	18.13 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3.02 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$	2.12 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.41 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$	3.63 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$	2.54 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm} = 22.000 [f_{cm} / 10]^{0.3}$	33348 N/mm <sup>2</sup>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	7 di 61

## 5.2 Acciaio d'armatura

L'acciaio utilizzato è ad aderenza migliorata tipo B450C ed è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura:

$$f_{y, nom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t, nom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo dell'acciaio per la verifica agli SLU ( $\gamma_s=1.15$ ):

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 0.186\%$$

## 6. CRITERI DI VERIFICA

### 6.1 Verifiche geotecniche (slu) in condizioni statiche

Nelle verifiche di sicurezza si sono presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo sia a breve termine sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

Per i **muri a U su fondazione diretta** si considera lo stato limite ultimo di tipo geotecnico (GEO) il collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno e lo stato limite ultimo di tipo strutturale, (STR) il raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica a carico limite è effettuata secondo la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.I, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18.

#### 6.1.1 Verifica a carico limite della fondazione

Per il calcolo della capacità portante della fondazione si è fatto riferimento alla formula di Brinch-Hansen (1970) integrata dai coefficienti sismici di Paolucci e Pecker (1995), di seguito riportata:

$$q_{lim} = c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma B N_{s\gamma} d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$$

$$F_s = q_{lim} / q_{es}$$

con  $q_{es} = N / (B^*L')$  la pressione dovuta al carico verticale.



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO. MACROFASE FUNZIONALE 1 LOTTO 02					
	Relazione di calcolo muro a U	COMMESSA <b>RS3H</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 78 CL</b>	DOCUMENTO <b>MU06 00 002</b>	REV. <b>A</b>

## 6.2 Verifiche geotecniche (slv) in condizioni sismiche

L'azione sismica agente sulle masse strutturali è stata considerata con un approccio di tipo pseudo-statico. Esso consente di rappresentare il sisma mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . Il tema è approfondito al paragrafo 10.1.8.

## 6.3 Verifiche geotecniche (sle)

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione [6.2.7] delle NTC 2018:

$$E_d \leq C_d$$

essendo  $E_d$  e  $C_d$  rispettivamente il valore di progetto dell'effetto delle azioni e il prescritto valore limite dell' effetto delle azioni (spostamenti, rotazioni, distorsioni, ecc.).

In particolare, dovranno essere valutati gli spostamenti delle opere di sostegno e del terreno circostante per verificarne la compatibilità con la funzionalità delle opere stesse e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

Per i lavori e le opere da realizzare in prossimità di linee ferroviarie già in esercizio, le verifiche agli SLE dovranno essere condotte assumendo come limite degli spostamenti indotti durante la costruzione sui binari in esercizio i valori limite dei difetti riferiti al secondo livello di qualità descritti nella specifica tecnica RFI TCAR ST AR 01 001 D "Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h" e relativi allegati.

Qualora vengano superati i limiti riferiti al primo livello di qualità, il progetto dovrà prevedere l'esecuzione di un monitoraggio del binario durante la costruzione al fine di controllare l'effettivo andamento delle deformazioni.

### 6.3.1 Calcolo dei cedimenti (sle)

Per quanto riguarda la valutazione dei cedimenti, è stata impiegata la teoria di Poulos e Davis (1974).

In tal modo il cedimento immediato è dovuto ad una distorsione del terreno sottostante il carico, che si deforma e cambia forma a volume costante.

### **Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)**

$$\Delta\sigma_{zi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{tot} = \Sigma\delta_i = \Sigma(((\Delta\sigma_{zi} - v_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i/E_i)$$

## **6.4 Verifiche strutturali sl**

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15;

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

### **6.4.1 Criteri di verifica delle sezioni in c.a.**

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	10 di 61

#### 6.4.2 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

#### 6.4.3 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM17/01/2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

- resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

- valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

- valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0,02;$$

$A_{s1}$  è l'area dell'armatura tesa;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd};$$

$N_{Ed}$  è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

$A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \cot\theta \leq 2,5$  è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave;



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	11 di 61

$A_{sw}$  è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

$s$  è il passo delle staffe;

$f_{ywd}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$  è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$  è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$\sigma_c < 0.55 f_{ck}$  per combinazione di carico caratteristica (rara);

$\sigma_c < 0.40 f_{ck}$  per combinazione di carico quasi permanente;

$\sigma_s < 0.75 f_k$  per combinazione di carico caratteristica (rara).

Nel secondo caso, si assume che le condizioni ambientali del sito in cui sorge l'opera siano ordinarie e aggressive, rispettivamente per la zattera di fondazione e per il paramento verticale, e si verifica che il valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia al più pari ai seguenti valori nominali:

$w_1 = 0.2$  mm per condizioni ambientali aggressive (comb. Frequente e quasi permanente);

$w_2 = 0.3$  mm per condizioni ambientali ordinarie (comb. Frequente e quasi permanente).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	12 di 61

## 6.5 Verifiche strutturali (sle)

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato

### 6.5.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento " Manuale di progettazione opere civili"

#### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara):  $0,55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente:  $0,40 f_{ck}$ ;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$

Per il caso in esame risulta in particolare:

- Muro di sostegno:

#### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{cmax\ QP} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{13.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax\ R} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{18.26} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

#### ACCIAIO

$$\sigma_{s\ max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{337.5} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	13 di 61

### 6.5.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
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	$\leq w_1$

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 6-1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali.

Risultando:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dalle specifiche RFI (Manuale di progettazione delle opere civili parte II sezione 2 – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione Caratteristica (Rara)

$$\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura prevista al punto " C4.1.2.2.4.5 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.7/19.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	14 di 61

## 7. CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC 2018

- Elemento strutturale: fondazione muro di sostegno

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	24	[mm]
Diametro staffe:	-	[mm]
Diametro armature di ripartizione:	18	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Incremento di 5 mm rispetto a vita nominale di 50 anni		
Tolleranza di posa:	10	[mm]
Copriferro staffe:		
Copriferro minimo cmin:	40	[mm]
Copriferro nominale Netto Staffe:	50	[mm]
Copriferro barre longitudinali:		
Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	68	[mm]
Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale:	80	[mm]

- Elemento strutturale: elevazione muro di sostegno

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	24	[mm]
Diametro staffe:	12	[mm]
Diametro armature di ripartizione:	18	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Incremento di 5 mm rispetto a vita nominale di 50 anni		
Tolleranza di posa:	10	[mm]
Copriferro staffe:		
Copriferro minimo cmin:	40	[mm]
Copriferro nominale Netto Staffe:	50	[mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 74 [mm]

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 92 [mm]

## 8. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel tratto in esame la stratigrafia è costituita da:

- Depositi alluvionali recenti: sabbie limose (U1)
- Depositi alluvionali recenti: argille limose e limi argillosi (U1a)

In particolare il terreno spingente è costituito dal rilevato ferroviari, mentre in corrispondenza della soletta inferiore è presente l'unità geotecnica U1.

In accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica, alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento, per l'unità geotecnica U1 stati considerati i seguenti parametri meccanici:

U.G.	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	E
[-]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[MPa]
U1	19	10	28	60
Falda a -5 m da p.c.				

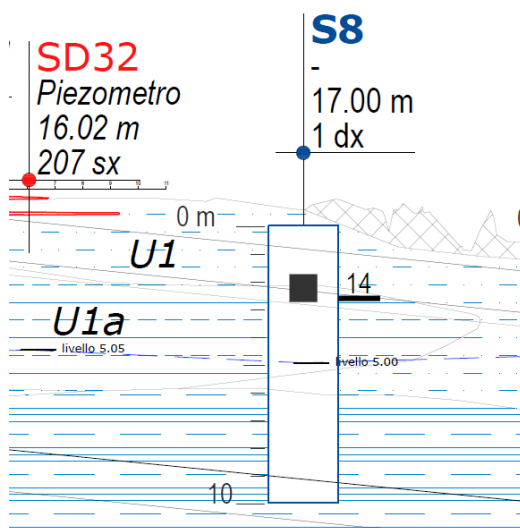


Figura 2 – Sondaggio di riferimento per la stratigrafia.





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	16 di 61

## 9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

### 9.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale ( $V_N$ ), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso ( $C_U$ )

In accordo con quanto riportato al punto 2.5.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili –Ponti e Strutture, per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 75$  anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità  $V < 250$  Km/h") e una classe d'uso III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a  $C_U = 1.5$ .

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni.

### 9.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali), dipendono, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (periodo di riferimento per valutazione azione sismica) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Categoria sottosuolo C

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni 2018, si ottiene per il sito in esame:

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 15.05125      LATITUDINE: 37.45896

Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia      PROVINCIA: Catania      COMUNE: Catania

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo:  Sito esterno al reticolo,  Interpolazione su 3 nodi,  Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

INTRO      **FASE 1**      FASE 2      FASE 3

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$ : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 112.5 info

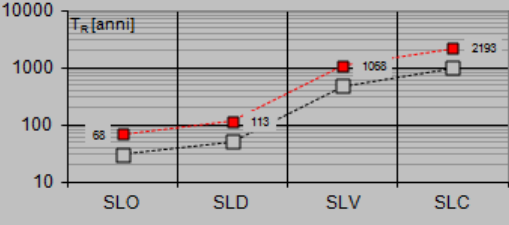
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

Stati limite di esercizio - SLE:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \rightarrow 68 \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \rightarrow 113 \end{array} \right.$

Stati limite ultimi - SLU:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \rightarrow 1068 \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \rightarrow 2193 \end{array} \right.$

Elaborazioni: Grafici parametri azione, Grafici spettri di risposta, Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO: ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie, ---■--- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per gli stati limite di normativa sono dunque:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

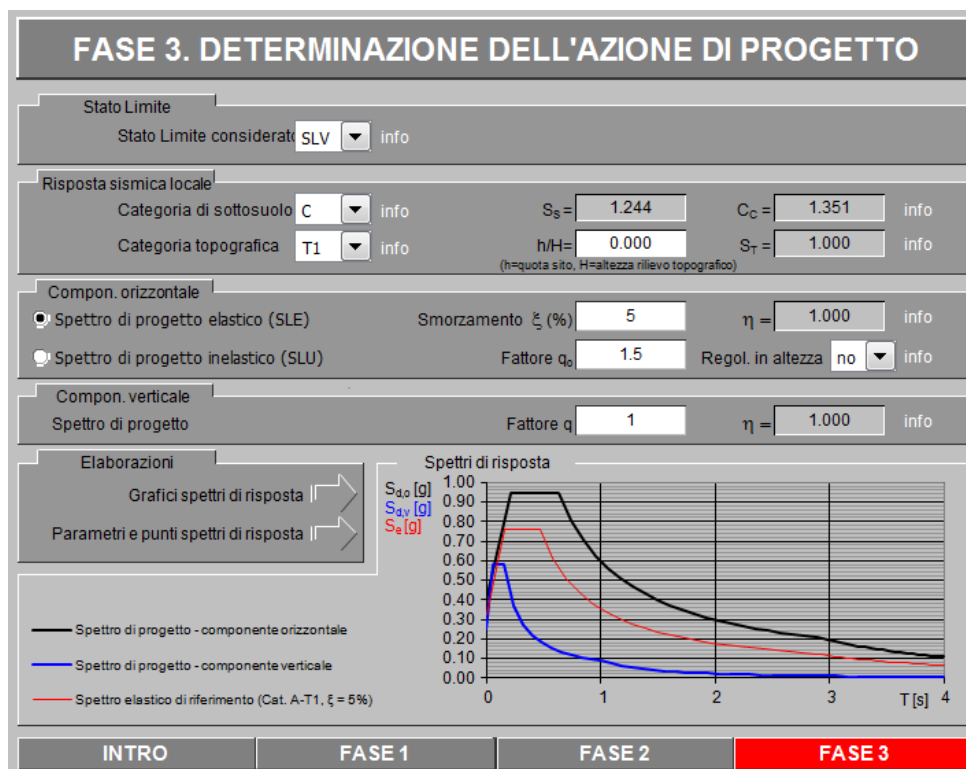
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	18 di 61

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.080	2.495	0.281
SLD	113	0.103	2.503	0.290
SLV	1068	0.323	2.357	0.466
SLC	2193	0.461	2.354	0.526

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C^*$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limiSLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.323 g
$F_0$	2.357
$T_c$	0.466 s
$S_s$	1.244
$C_c$	1.351
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.244
$\eta$	1.000
$T_B$	0.210 s
$T_C$	0.629 s
$T_D$	2.891 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

#### 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  $\eta$  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	0.401
$T_B$	0.210	0.946
$T_C$	0.629	0.946
	0.737	0.808
	0.845	0.705
	0.953	0.625
	1.060	0.562
	1.168	0.510
	1.276	0.467
	1.383	0.430
	1.491	0.399
	1.599	0.372
	1.706	0.349
	1.814	0.328
	1.922	0.310
	2.029	0.293
	2.137	0.279
	2.245	0.265
	2.352	0.253
	2.460	0.242
	2.568	0.232
	2.676	0.223
	2.783	0.214
$T_D$	2.891	0.206
	2.944	0.199
	2.997	0.192
	3.049	0.185
	3.102	0.179
	3.155	0.173
	3.208	0.167
	3.261	0.162
	3.313	0.157
	3.366	0.152
	3.419	0.147
	3.472	0.143
	3.525	0.139
	3.577	0.135
	3.630	0.131
	3.683	0.127
	3.736	0.123
	3.789	0.120
	3.842	0.117
	3.894	0.114
	3.947	0.110
	4.000	0.108



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	20 di 61

## 10. MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta pari a 2000 kN/m<sup>3</sup>.

Tale valore è stato determinato, a partire dal valore di E dello strato di fondazione, attraverso la seguente relazione:

$$k_w = \frac{E}{(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E = modulo elastico del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

$c_t$  = fattore di forma, coefficiente adimensionale valutato con le relazione  $c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$  (per  $L/B \leq 10$  con L lunghezza singolo concio).

unità	E	$\nu$	B	L	L/B	$c_t$	$k_w$
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m <sup>3</sup> )
U1	30	0.3	12.6	30	2.38	1.316	1988

L'analisi delle strutture è stata condotta mediante il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000, prodotto dalla Computer and Structures inc. di Berkeley, California, USA.

Lo schema statico impiegato è quello di telaio costituito da elementi frame; in corrispondenza della intersezione tra tali elementi il programma genera in automatico dei nodi per garantire la continuità strutturale. Ad ogni elemento è assegnata la corrispondente sezione rettangolare in calcestruzzo, la cui geometria è definita dallo spessore dell'elemento stesso per una larghezza unitaria, dal momento che la struttura è risolta come piana.

Per le verifiche delle sezioni si è adottato il programma RC-SEC – Autore GEOSTRU.

La larghezza interna è di 7.80 m, l'altezza interna, dalla soletta di fondazione, è pari 6.50 m, la soletta di fondazione ha spessore pari a 1.50 m e lunghezza 12.6 m, i piedritti hanno spessore variabile (tra 1.00 e 0.4 m).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	21 di 61

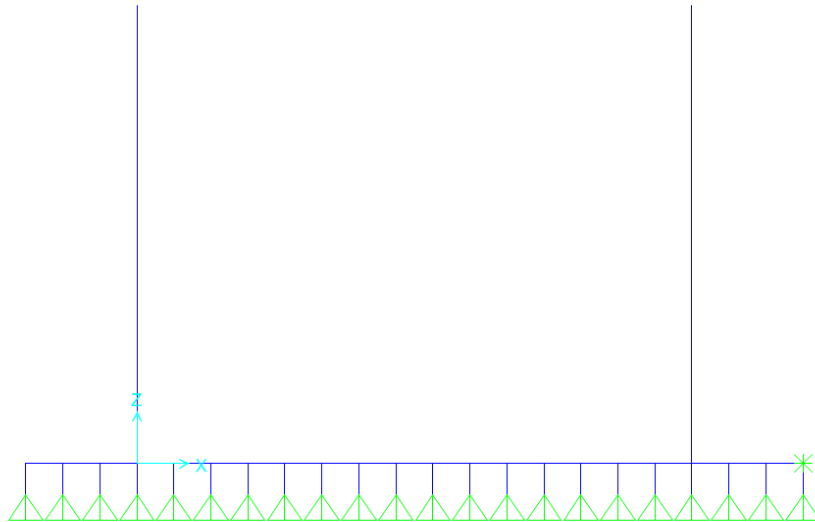


Figura 3 – Modello di calcolo.

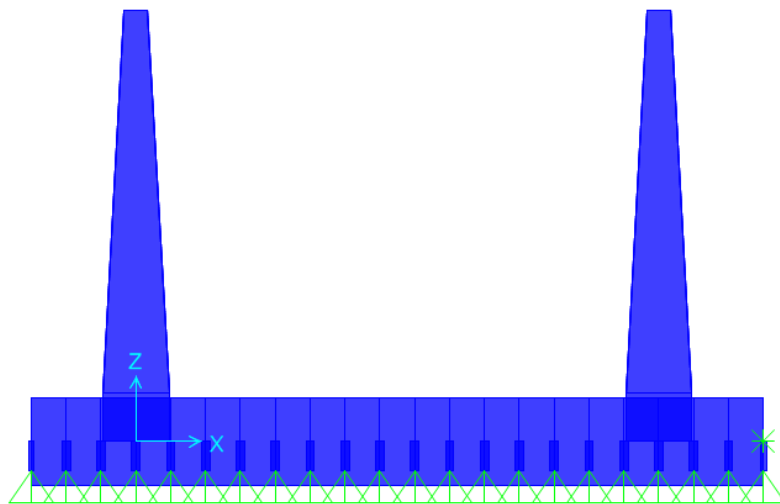


Figura 4 – Modello di calcolo estruso.

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	22 di 61

## 10.1 Analisi dei carichi

### 10.1.1 Peso proprio della struttura

Il peso proprio della struttura è valutato automaticamente dal programma di calcolo attribuendo al c.a. un peso dell'unità di volume di  $25 \text{ kN/m}^3$ .

### 10.1.2 Carichi permanenti portati

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

permanenti portati		
soletta inf		
$\gamma_3$	25 $\text{kN/m}^3$	
$S_3$	0.4 m	spessore e massetto pendenze
$W_3$	10.00 $\text{kN/m}^2$	
$\gamma_4$	19 $\text{kN/m}^3$	
$S_4$	1.2 m	Rinterro laterale
$W_4$	22.80 $\text{kN/m}^2$	
$L_4$	1.20 m	
$\gamma_3$	20 $\text{kN/m}^3$	
$h_{\text{netta}}$	5.9 m	riempimento rilevato ferroviario
$S_3$	0 m	
$W_3$	118.00 $\text{kN/m}^2$	

Frame Span Loads (permanenti\_soletta\_inferiore) (GLOBAL CSys)

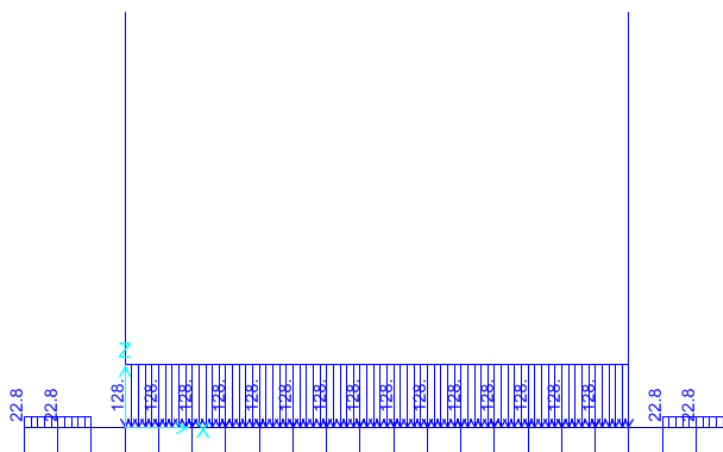


Figura 5 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

### 10.1.3 Ballast

Il ballast è stato valutato considerando uno sviluppo in altezza di 0.8 m:  $p_b = 20 \cdot 0.8 = 16.0 \text{ kN/m}^2$

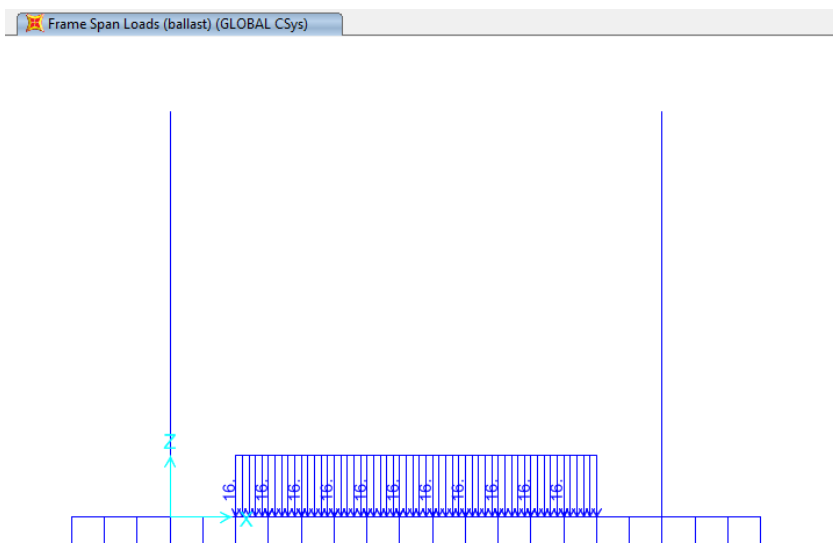


Figura 6 – Ballast.

### 10.1.4 Spinta orizzontale dovuta al ballast

Il ballast produce una spinta orizzontale sui piedritti, valutata a partire dal peso del ballast calcolato in precedenza.

Spinta statica aggiuntiva	
	Ballast
K0	0.38
$p_b$	16 $\text{kN/m}^2$
$\Delta p_d$	6.15 $\text{kN/m}^2$





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	24 di 61

Frame Span Loads (Ballast H) (GLOBAL CSys)

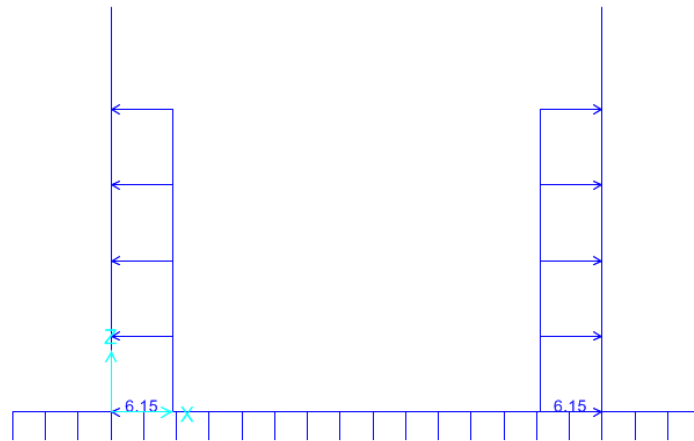


Figura 7– Ballast\_H.

### 10.1.5 Spinta del terreno e dell'acqua

Per la valutazione della spinta esercitata dal terreno quest'ultimo è stato considerato in condizioni di riposo pertanto il coefficiente di spinta è dato dalla relazione  $k_0 = 1 - \text{sen}\varphi'$ . La falda è posta a -5,00 m dal piano campagna per cui non influisce sulle spinte esterne. L'unica spinta considerata è quella del rilevato ferroviario interno al muro.

spinta a riposo e spinta H <sub>2</sub> O		
$\gamma_t$	20 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico terreno
$\varphi'_k$	38 °	angolo attrito caratteristico
$\varphi'_d$	38.0 °	angolo attrito di progetto
$k_0$	0.38 -	

z da testa piedritto (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m <sup>2</sup> )
0	0.00
6.51	50.04

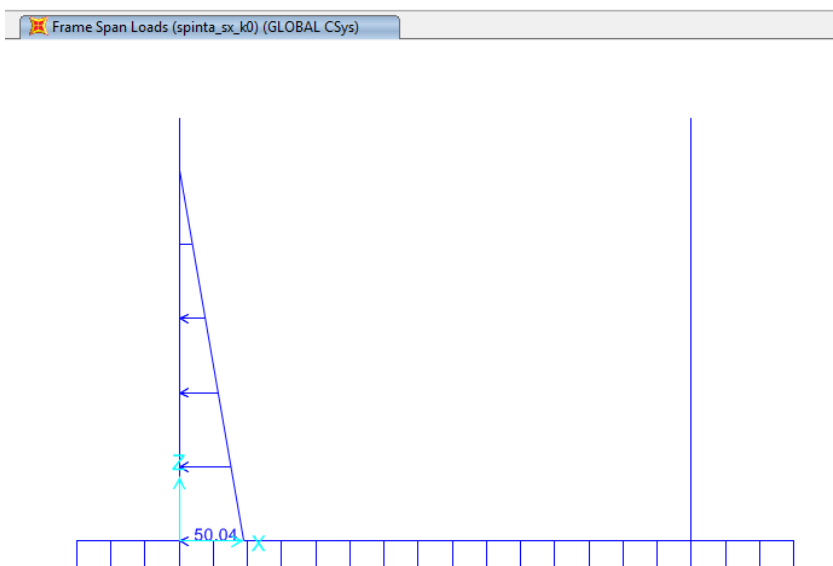


Figura 8 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	26 di 61

Frame Span Loads (spinta\_dx\_k0) (GLOBAL CSys)

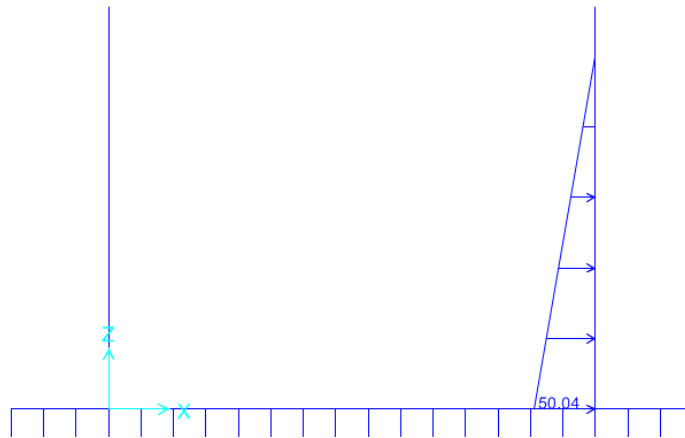


Figura 9 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

### 10.1.6 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare è stato considerato il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 10, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

Longitudinalmente i carichi assiali del modello di carico LM71 sono stati distribuiti uniformemente su 6.4 m.

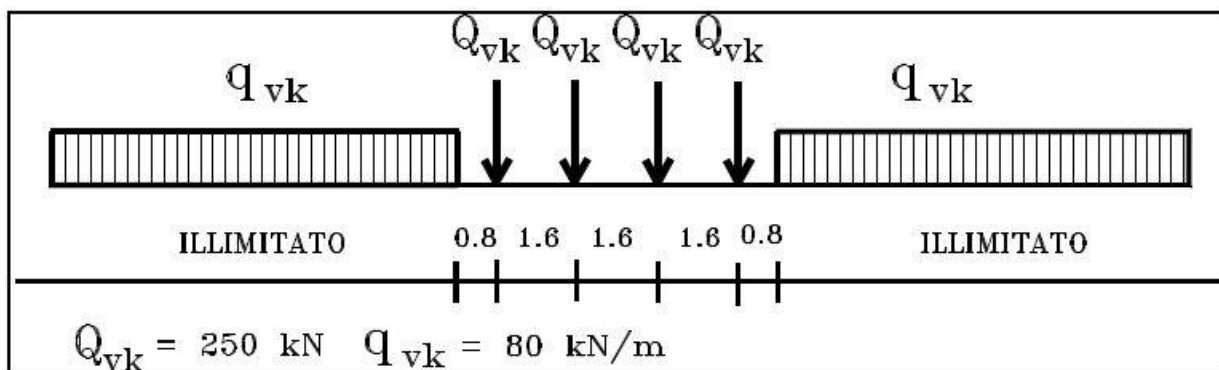


Figura 10 – Treno di carico LM71

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ , il cui valore è riportato nella Figura 11.

modello di carico	coefficiente di adattamento $\alpha$
LM71	1.1

Figura 11– Coefficiente di adattamento  $\alpha$

Trasversalmente i carichi sono stati ripartiti secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast, secondo una pendenza di 1 a 1 all'interno dello spessore e del massetto delle pendenze e con una pendenza pari all'angolo di attrito del rilevato ferroviario, fino al raggiungimento dei piedritti.

Pertanto, considerando per la traversa una larghezza di 2.40 m, si ha:

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{sm} + \tan\varphi \cdot s_r) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.4 + \tan 38^\circ \cdot 2.80) \cdot 2 = 7.80 \text{ m}$$

I carichi utilizzati sono riepilogati nella Tabella seguente:

Carico variabile verticale agente alla quota del piano medio della soletta inferiore agente su $L_d$	
LM71	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d = 22.04 \text{ kN/m}^2$

Frame Span Loads (accidentale\_LM71) (GLOBAL CSys)

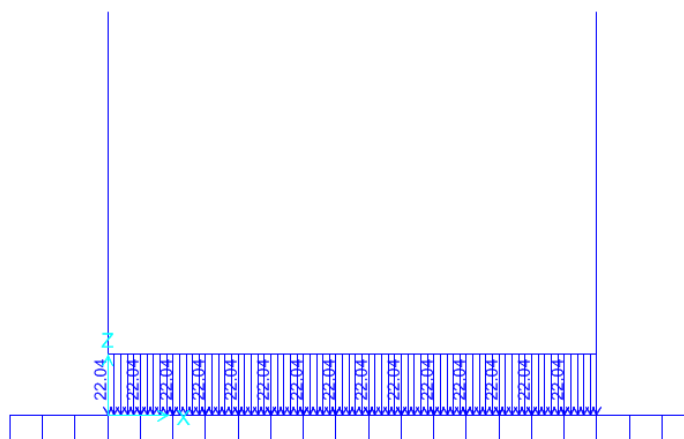


Figura 12 – Treno di carico LM71.

### 10.1.7 Incremento di spinta dovuta al carico accidentale

Il carico accidentale che transita internamente, produce sui piedritti una spinta orizzontale calcolata come segue:

Spinta statica dovuta al treno LM71	
$q_{v1}$	22.04 kN/m <sup>2</sup>
$k_0$	0.38
$\Delta p_d$	8.47 kN/m <sup>2</sup>

Frame Span Loads (spinta\_LM71) (GLOBAL CSys)

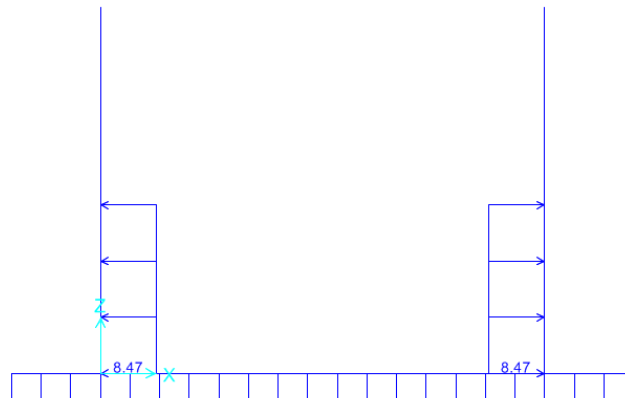


Figura 13 – Spinta del treno di carico LM71.

### 10.1.8 Azione sismica

L'azione sismica agente sulle masse strutturali è stata considerata con un approccio di tipo pseudo-statico. Esso consente di rappresentare il sisma mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . Le forze sismiche sono pertanto:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$ , rispettivamente, coefficiente sismico orizzontale e verticale, pari a

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g \text{ coefficiente sismico orizzontale}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \text{ coefficiente sismico verticale}$$

Nelle espressioni precedenti  $a_{max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito mentre  $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione di tale accelerazione valutato in funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti relativi rispetto al terreno. Per l'analisi della struttura in esame  $\beta_m$  è stato posto pari ad 1. L'accelerazione orizzontale massima è stata valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido e  $S$  un coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	30 di 61

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto, della massa associata al peso proprio e delle masse associate al carico permanente.

Inoltre, l'incremento di spinta dovuto al sisma è stato valutato utilizzando la teoria di Wood. Secondo tale teoria la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma, su una parete di altezza  $H_s$ , viene determinato attraverso la relazione  $\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H_{tot}^2$  ( $H_{tot}$ = distanza p.c. – intradosso soletta di fondazione). Si valuta la spinta indotta dal rilevato ferroviario sul muro in sinistra.

$a_g$	0.323	g
$S_S$	1.24	
$S_T$	1	
$a_{max}$	0.402	g
$\beta_m$	1	
$k_h$	0.402	
$k_v$	0.201	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	4.02	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 0.4 m
$k_h \cdot W_{P2}$	11.45	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 1.14 m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
$h_{tot}$	6.51	m	altezza complessiva
$\Delta p_d$	52.32	kN/m <sup>2</sup>	incremento di spinta



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	31 di 61

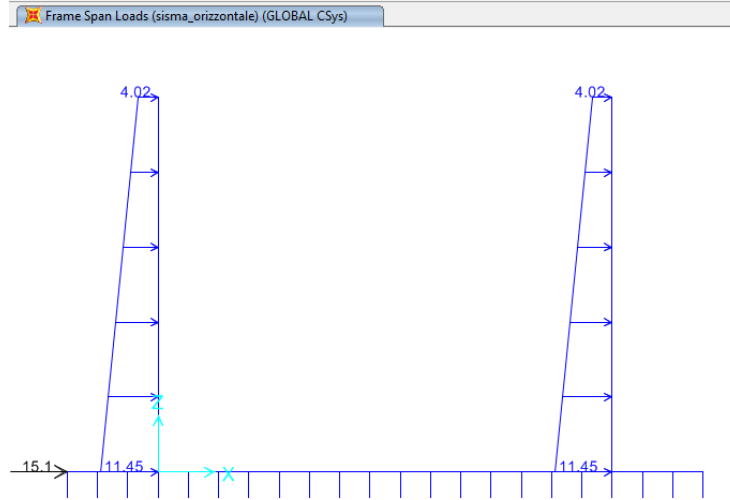


Figura 14 – Sisma orizzontale.

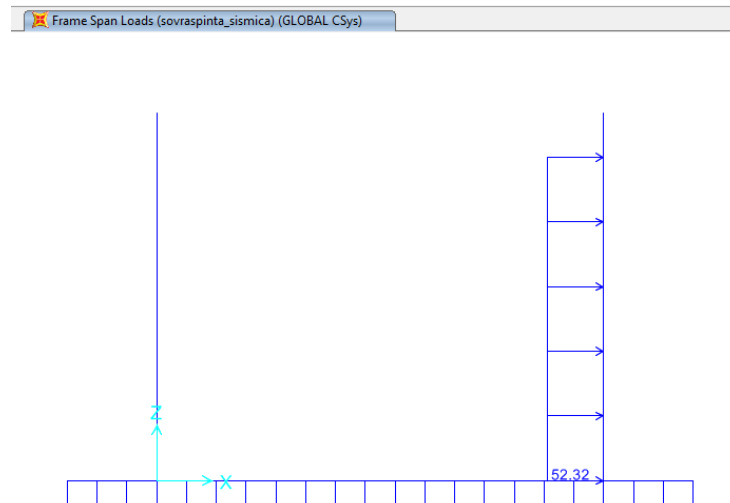


Figura 15 – Incremento di spinta dovuto al sisma.





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	32 di 61

## 10.2 Combinazioni di calcolo

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

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

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

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

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.3 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

Le azioni impiegate nella definizione delle combinazioni di carico sono riepilogate nella Tabella 2.

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuta al ballast	Ballast_H
spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro	spinta_sx_k0
spinta a riposo del terreno sul piedritto destro	spinta_dx_k0
incremento di spinta dovuta al carico accidentale sui piedritti	spinta_LM71
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario agente su tutta la soletta inferiore	Accidentale_LM71
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_orizzontale
incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma	sovraspinta_sismica

Tabella 2 – Riepilogo carichi.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	33 di 61

Nelle Tabelle seguenti sono elencate le combinazioni di carico impiegate nelle verifiche.

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche								
	slu1	slu2	slu3	slu4	slu5	slu6	slu7	slu8
DEAD	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1
per_sol_inf	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35
ballast	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5
Ballast_H	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5
spinta_sx_k0	1.35	1.35	1	1	1.35	1	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1.35	1.35	1	1	1.35	1	1.35	1
spinta_LM71	1.45	1.45	1.45	0	0	1.45	1.45	1.45
accidentale_LM71	1.45	1.45	1.45	0	0	1.45	1.45	1.45

Tabella 3 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (1/2).

Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche						
	slu9	slu10	slu11	slu12	slu13	slu14
DEAD	1	1.35	1.35	1	1.35	1.35
per_sol_inf	1	1.35	1	1.35	1	1
ballast	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Ballast_H	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
spinta_sx_k0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1
spinta_LM71	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0
accidentale_LM71	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0

Tabella 4– Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (2/2).

Combinazioni di carico agli SLV			
	sis1	sis2	sis3
DEAD	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1
ballast	1	1	1
Ballast_H	1	1	1

spinta_sx_k0	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1
spinta_LM71	0	0	0.2
accidentale_LM71	0	0	0.2
sisma_orizzontale	1	0.3	1
sovraspinta_sismica	1	0.3	1

Tabella 5 – Combinazioni di carico agli SLV

Combinazioni di carico agli SLE			
	rar1	fre1	qpe
DEAD	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1
ballast	1	1	1
Ballast_H	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1
spinta_LM71	1	0.8	0
Accidentale_LM71	1	0.8	0

Tabella 6 – Combinazioni di carico agli SLE.

### 10.3 Risultati e verifiche strutturali

Nelle immagini a seguire si riportano i digrammi di involuppo delle sollecitazioni per gli stati limite ultimi statici e sismici e per gli stati limite d'esercizio.

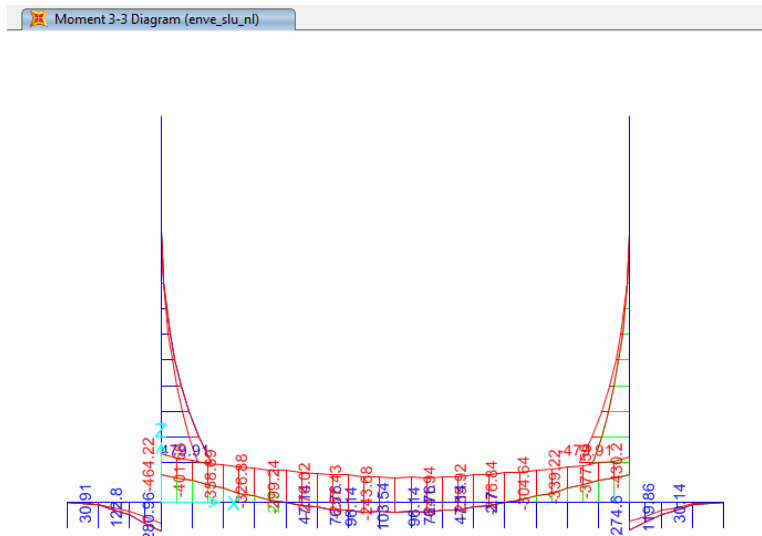


Figura 16 – Momento flettente enve-SLU.

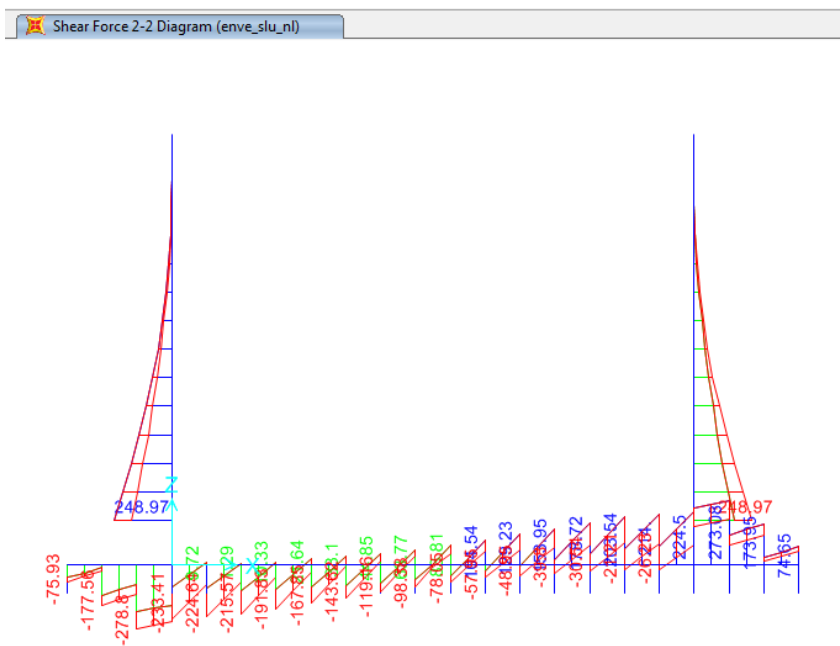


Figura 17 – Taglio enve-SLU.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	36 di 61

Moment 3-3 Diagram (enve\_slusis\_nl)

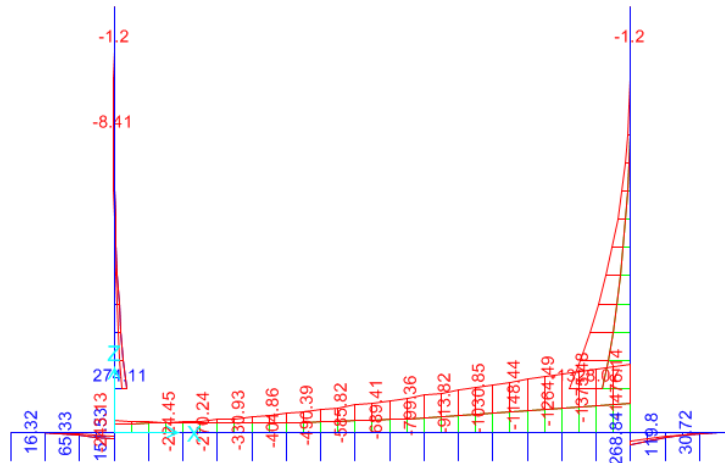


Figura 18 – Momento flettente enve-SLV.

Shear Force 2-2 Diagram (enve\_slusis\_nl)

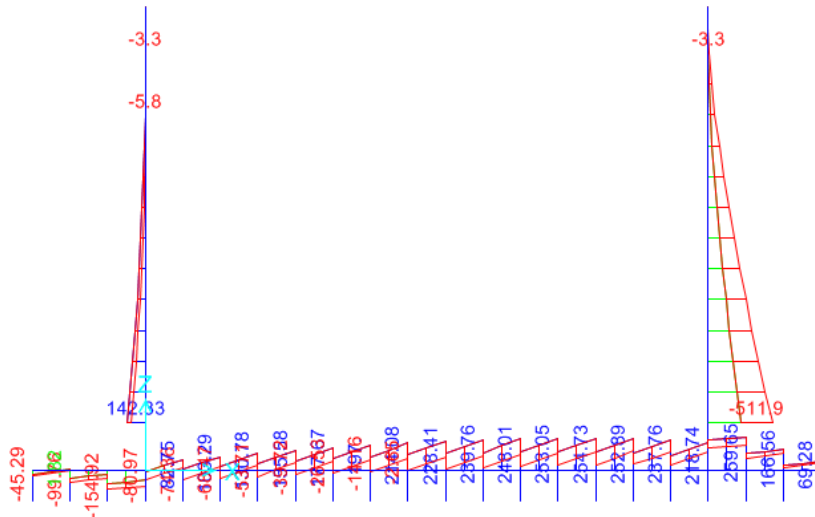


Figura 19 – Taglio enve-SLV.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	37 di 61

Moment 3-3 Diagram (enve\_sle\_nl)

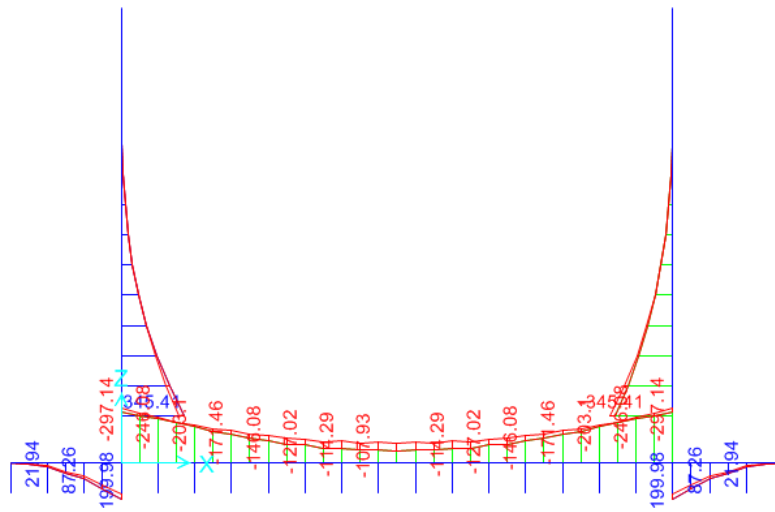


Figura 20 – Momento flettente enve-SLE.

### 10.3.1 Verifica piedritto

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-122.11	142.33	<b>274.11</b>	1	0.75	sis2_nl
M3	min	-122.11	-511.90	<b>-1328.07</b>	7	0.75	sis3_nl
V2	max	-122.11	<b>142.33</b>	274.11	1	0.75	sis2_nl
V2	min	-122.11	<b>-511.90</b>	-1328.07	7	0.75	sis3_nl
P	max	<b>0.00</b>	0.00	0.00	7	7.41	sis1_nl
P	min	<b>-122.11</b>	108.02	177.15	1	0.75	sis1_nl

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-164.85	248.97	<b>479.91</b>	1	0.75	slu2_nl
M3	min	-164.85	-248.97	<b>-479.91</b>	7	0.75	slu2_nl
V2	max	-164.85	<b>248.97</b>	479.91	1	0.75	slu2_nl
V2	min	-164.85	<b>-248.97</b>	-479.91	7	0.75	slu2_nl
P	max	<b>0.00</b>	0.00	0.00	1	7.41	slu4_nl
P	min	<b>-164.85</b>	248.97	479.91	1	0.75	slu2_nl

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-122.11	179.48	<b>345.41</b>	1	0.75	rar1_nl
M3	min	-122.11	-179.48	<b>-345.41</b>	7	0.75	rar1_nl
V2	max	-122.11	<b>179.48</b>	345.41	1	0.75	rar1_nl
V2	min	-122.11	<b>-179.48</b>	-345.41	7	0.75	rar1_nl
P	max	<b>0.00</b>	0.00	0.00	1	7.41	rar1_nl
P	min	<b>-122.11</b>	179.48	345.41	1	0.75	rar1_nl

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-122.11	174.99	<b>339.46</b>	1	0.75	fre1_nl
M3	min	-122.11	-174.99	<b>-339.46</b>	7	0.75	fre1_nl
V2	max	-122.11	<b>174.99</b>	339.46	1	0.75	fre1_nl
V2	min	-122.11	<b>-174.99</b>	-339.46	7	0.75	fre1_nl
P	max	<b>0.00</b>	0.00	0.00	1	7.41	fre1_nl
P	min	<b>-122.11</b>	174.99	339.46	1	0.75	fre1_nl



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	39 di 61

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-122.11	157.03	<b>315.67</b>	1	0.75	qpe1_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	-122.11	-157.03	<b>-315.67</b>	7	0.75	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	-122.11	<b>157.03</b>	315.67	1	0.75	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	-122.11	<b>-157.03</b>	-315.67	7	0.75	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>0.00</b>	0.00	0.00	1	7.41	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-122.11</b>	157.03	315.67	1	0.75	qpe1_nl

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

As = 10Φ24

As' = 10Φ24

Staffe : Φ12/20 a 4 bracci

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

### 10.3.1.1 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied

(Percorso File: C:\Commesse\C16\Modelli di calcolo\MU06\_LOTT02 (C16)\RS3H.0.2.D.78.CL.MU.06.0.0.002.A\rc\_sec\_mu06\pied.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettilineare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

C32/40

Resistenza compress. di progetto fcd:

181.30 daN/cm<sup>2</sup>

Resistenza compress. ridotta fcd':

90.65 daN/cm<sup>2</sup>

Deform. unitaria max resistenza ec2:

0.0020

Deformazione unitaria ultima ecu:

0.0035

Diagramma tensioni-deformaz.:

Parabola-Rettangolo





DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	40 di 61

Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	30.23	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	100.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	16485	47991	24897	0
2	16485	-47991	-24897	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	12211	34541
2	12211	-34541

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

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	41 di 61

N°Comb.	N	Mx
1	12211	33946 (68649)
2	12211	-33946 (-68649)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	12211	31567 (69023)
2	12211	-31567 (-69023)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.8 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	16485	47991	16467	158611	3.305	89.5	0.12	0.70	45.2 (20.0)
2	S	16485	-47991	16467	-158611	3.305	10.5	0.12	0.70	45.2 (20.0)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	100.0	0.00043	90.8	-0.02676	9.2
2	0.00350	0.0	0.00043	9.2	-0.02676	90.8

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	42 di 61

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]  
 N.Bracci staffe: 4  
 Area staffe/m : 22.6 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors. / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.  
 Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
 bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	24897	42540	373765	72330	100.0 90.8	1.000	1.009	7.8
2	S	-24897	42540	373765	72330	100.0 90.8	1.000	1.009	7.8

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm<sup>2</sup>]  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm<sup>2</sup>]  
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)  
 D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.  
 (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	25.3	100.0	0.0	70.9	-806	90.8	23.0	2300	45.2	9.1
2	S	25.3	0.0	0.0	29.1	-806	9.2	23.0	2300	45.2	9.1

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica  
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 K2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
 srm Distanza massima in mm tra le fessure  
 wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
 M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00046	0.00019	0.50	0.60	0.000242 (0.000242)	479	0.116 (0.20)	68564
2	S	-0.00046	0.00019	0.50	0.60	0.000242 (0.000242)	479	0.116 (0.20)	-68564

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	43 di 61

1	S	24.9	100.0	0.0	70.8	-790	90.8	23.0	2300	45.2	9.1
2	S	24.9	0.0	0.0	29.2	-790	9.2	23.0	2300	45.2	9.1

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00045	0.00019	0.50	0.60	0.000237 (0.000237)	479	0.114 (0.20)	68649
2	S	-0.00045	0.00019	0.50	0.60	0.000237 (0.000237)	479	0.114 (0.20)	-68649

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	23.2	100.0	0.0	70.5	-726	90.8	23.0	2300	45.2	9.1
2	S	23.2	0.0	0.0	29.5	-726	9.2	23.0	2300	45.2	9.1

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00042	0.00017	0.50	0.40	0.000218 (0.000218)	479	0.104 (0.20)	69023
2	S	-0.00042	0.00017	0.50	0.40	0.000218 (0.000218)	479	0.104 (0.20)	-69023

### 10.3.1.2 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: **pie\_d\_sisma**

(Percorso File: C:\Commesse\C16\Modelli di calcolo\MU06\_LOTTO2 (C16)\RS3H.0.2.D.78.CL.MU.06.0.0.002.A\rc\_sec\_mu06\pie\_d\_sisma.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettagolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30 daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	30.00 daN/cm <sup>2</sup>
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	44 di 61

Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	100.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	12211	27411	14233	0
2	12211	-132807	-51190	0
3	12211	27411	14233	0
4	12211	-132807	-51190	0
5	12211	17715	10802	0

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.8	cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	12211	27411	12202	150294	5.483	75.1	0.27	0.78	45.2 (20.0)
2	S	12211	-132807	12202	-150294	1.132	24.9	0.27	0.78	45.2 (20.0)
3	S	12211	27411	12202	150294	5.483	75.1	0.27	0.78	45.2 (20.0)
4	S	12211	-132807	12202	-150294	1.132	24.9	0.27	0.78	45.2 (20.0)
5	S	12211	17715	12202	150294	8.484	75.1	0.27	0.78	45.2 (20.0)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	45 di 61

## DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00074	100.0	0.00047	90.8	-0.00196	9.2
2	0.00074	0.0	0.00047	9.2	-0.00196	90.8
3	0.00074	100.0	0.00047	90.8	-0.00196	9.2
4	0.00074	0.0	0.00047	9.2	-0.00196	90.8
5	0.00074	100.0	0.00047	90.8	-0.00196	9.2

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

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]  
 N.Bracci staffe: 4  
 Area staffe/m : 22.6 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

## VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.  
 Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
 bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	14233	41957	372892	72330	100.0  90.8	1.000	1.007	4.5
2	S	-51190	41957	372892	72330	100.0  90.8	1.000	1.007	16.0
3	S	14233	41957	372892	72330	100.0  90.8	1.000	1.007	4.5
4	S	-51190	41957	372892	72330	100.0  90.8	1.000	1.007	16.0
5	S	10802	41957	372892	72330	100.0  90.8	1.000	1.007	3.4

### 10.3.2 Verifica soletta inferiore

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-470.34	130.38	<b>119.80</b>	38	0.00	sis3_nl
M3	min	130.36	237.76	<b>-1375.48</b>	32	0.60	sis3_nl
V2	max	130.36	<b>254.73</b>	-1145.13	28	0.60	sis3_nl
V2	min	-4.53	<b>-99.76</b>	16.32	45	0.00	sis2_nl
P	max	<b>175.29</b>	-74.36	-224.34	8	0.00	sis2_nl
P	min	<b>-470.34</b>	127.58	117.55	38	0.00	sis1_nl

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	0.00	-128.73	<b>122.80</b>	45	0.60	slu10_nl
M3	min	312.84	-147.89	<b>-401.66</b>	8	0.00	slu11_nl
V2	max	255.84	<b>214.01</b>	-215.61	32	0.60	slu6_nl
V2	min	312.84	<b>-224.64</b>	-326.29	8	0.00	slu8_nl
P	max	<b>312.84</b>	-191.18	-343.51	8	0.00	slu2_nl
P	min	<b>0.00</b>	-134.04	23.39	45	0.00	slu1_nl

SLE -		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	0.00	90.78	<b>87.26</b>	38	0.00	rar1_nl
M3	min	225.81	-136.92	<b>-246.08</b>	8	0.00	rar1_nl
V2	max	225.81	<b>136.92</b>	-246.08	32	0.60	rar1_nl
V2	min	225.81	<b>-136.92</b>	-246.08	8	0.00	rar1_nl
P	max	<b>225.81</b>	-136.92	-246.08	8	0.00	rar1_nl
P	min	<b>0.00</b>	-126.95	21.94	45	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	0.00	87.97	<b>85.02</b>	38	0.00	fre1_nl
M3	min	220.05	-131.12	<b>-244.48</b>	8	0.00	fre1_nl
V2	max	220.05	<b>131.12</b>	-244.48	32	0.60	fre1_nl
V2	min	220.05	<b>-131.12</b>	-244.48	8	0.00	fre1_nl
P	max	<b>220.05</b>	-131.12	-244.48	8	0.00	fre1_nl
P	min	<b>0.00</b>	-124.15	21.38	45	0.00	fre1_nl



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	47 di 61

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	0.00	76.75	<b>76.04</b>	38	0.00	qpe1_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	197.01	-107.94	<b>-238.08</b>	8	0.00	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	0.00	<b>112.93</b>	19.13	38	0.60	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	0.00	<b>-112.93</b>	19.13	45	0.00	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>197.01</b>	-107.94	-238.08	8	0.00	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>0.00</b>	-112.93	19.13	45	0.00	qpe1_nl

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

As = 10Φ24

As' = 10Φ24

Staffe : -

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.



Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	48 di 61

### 10.3.2.1 Verifica a taglio

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	255 kN
$N_{Ed}$	130 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	1500 mm
-----	---------

Copriferro

$c$	80 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	1420 mm
-----	---------

Area Calcestruzzo

$A_c$	1500000 mm <sup>2</sup>
-------	-------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

$\emptyset$	24 mm
-------------	-------

$A_{sl}$	4521.6 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0032 ? 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0867 ? 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.38 ? 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.25
------------	------

$V_{Rd}$	532.79 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, la sezione non necessita di armature a taglio.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	49 di 61

### 10.3.2.2 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: SOL INF

(Percorso File: C:\Commesse\C16\Modelli di calcolo\MU06\_LOTTO2 (C16)\RS3H.0.2.D.78.CL.MU.06.0.0.002.Arc\_sec\_mu06\SOL INF.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	30.23	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	150.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	50 di 61

Vy  
MT

Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione  
Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	12280	0	0
2	-31284	-40166	0	0
3	-25584	-21561	0	0
4	-31284	-32629	0	0
5	-31284	-34351	0	0
6	0	2339	0	0

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

N  
Mx

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	8726
2	-22581	-24608
3	-22581	-24608
4	-22581	-24608
5	-22581	-24608
6	0	2194

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

N  
Mx

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	8502 (137919)
2	-22005	-24448 (-110243)
3	-22005	-24448 (-110243)
4	-22005	-24448 (-110243)
5	-22005	-24448 (-110243)
6	0	2138 (137919)

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

N  
Mx

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	7604 (137919)
2	-19701	-23808 (-112056)
3	0	1913 (137919)
4	0	1913 (137919)
5	-19701	-23808 (-112056)
6	0	1913 (137919)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	51 di 61

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	12280	-18	242829	19.774	140.8	0.06	0.70	45.2 (24.8)
2	S	-31284	-40166	-31261	-221835	5.523	8.5	0.06	0.70	45.2 (24.8)
3	S	-25584	-21561	-25577	-225659	10.466	8.7	0.06	0.70	45.2 (24.8)
4	S	-31284	-32629	-31261	-221835	6.799	8.5	0.06	0.70	45.2 (24.8)
5	S	-31284	-34351	-31261	-221835	6.458	8.5	0.06	0.70	45.2 (24.8)
6	S	0	2339	-18	242829	103.818	140.8	0.06	0.70	45.2 (24.8)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	150.0	0.00046	142.0	-0.05042	8.0
2	0.00350	0.0	0.00022	8.0	-0.05465	142.0
3	0.00350	0.0	0.00027	8.0	-0.05386	142.0
4	0.00350	0.0	0.00022	8.0	-0.05465	142.0
5	0.00350	0.0	0.00022	8.0	-0.05465	142.0
6	0.00350	150.0	0.00046	142.0	-0.05042	8.0

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm<sup>2</sup>)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm<sup>2</sup>)  
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)  
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.  
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a  $5(c+\varnothing/2)$  e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA  
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.  
 MACROFASE FUNZIONALE 1  
 LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 RS3H 02 D 78 CL MU06 00 002 A 52 di 61

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.1	150.0	0.0	115.6	-147	142.0	20.0	2000	45.2	9.3
2	S	5.9	0.0	0.0	16.8	-654	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
3	S	5.9	0.0	0.0	16.8	-654	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
4	S	5.9	0.0	0.0	16.8	-654	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
5	S	5.9	0.0	0.0	16.8	-654	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
6	S	0.8	150.0	0.0	115.6	-37	142.0	20.0	2000	45.2	9.3

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica  
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 e2 Massima deformazione unitaria (compressione: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 K2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e2)$  in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
 srm Distanza massima in mm tra le fessure  
 wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
 M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00008	0.00002	0.50	0.60	0.000044 (0.000044)	412	0.018 (0.20)	137919
2	S	-0.00035	0.00004	0.50	0.60	0.000196 (0.000196)	412	0.081 (0.20)	-109813
3	S	-0.00035	0.00004	0.50	0.60	0.000196 (0.000196)	412	0.081 (0.20)	-109813
4	S	-0.00035	0.00004	0.50	0.60	0.000196 (0.000196)	412	0.081 (0.20)	-109813
5	S	-0.00035	0.00004	0.50	0.60	0.000196 (0.000196)	412	0.081 (0.20)	-109813
6	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000011 (0.000011)	412	0.005 (0.20)	137919

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.0	150.0	0.0	115.6	-143	142.0	20.0	2000	45.2	9.3
2	S	5.9	0.0	0.0	17.1	-645	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
3	S	5.9	0.0	0.0	17.1	-645	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
4	S	5.9	0.0	0.0	17.1	-645	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
5	S	5.9	0.0	0.0	17.1	-645	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
6	S	0.8	150.0	0.0	115.6	-36	142.0	20.0	2000	45.2	9.3

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00008	0.00002	0.50	0.60	0.000043 (0.000043)	412	0.018 (0.20)	137919
2	S	-0.00034	0.00004	0.50	0.60	0.000193 (0.000193)	412	0.080 (0.20)	-110243
3	S	-0.00034	0.00004	0.50	0.60	0.000193 (0.000193)	412	0.080 (0.20)	-110243
4	S	-0.00034	0.00004	0.50	0.60	0.000193 (0.000193)	412	0.080 (0.20)	-110243
5	S	-0.00034	0.00004	0.50	0.60	0.000193 (0.000193)	412	0.080 (0.20)	-110243
6	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000011 (0.000011)	412	0.004 (0.20)	137919

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.7	150.0	0.0	115.6	-128	142.0	20.0	2000	45.2	9.3
2	S	6.0	0.0	0.0	18.4	-609	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
3	S	0.7	150.0	0.0	115.6	-32	142.0	20.0	2000	45.2	9.3



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	53 di 61

4	S	0.7	150.0	0.0	115.6	-32	142.0	20.0	2000	45.2	9.3
5	S	6.0	0.0	0.0	18.4	-609	8.0	20.0	2000	45.2	9.3
6	S	0.7	150.0	0.0	115.6	-32	142.0	20.0	2000	45.2	9.3

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00007	0.00002	0.50	0.40	0.000038 (0.000038)	412	0.016 (0.20)	137919
2	S	-0.00032	0.00005	0.50	0.40	0.000183 (0.000183)	412	0.075 (0.20)	-112056
3	S	-0.00002	0.00000	0.50	0.40	0.000010 (0.000010)	412	0.004 (0.20)	137919
4	S	-0.00002	0.00000	0.50	0.40	0.000010 (0.000010)	412	0.004 (0.20)	137919
5	S	-0.00032	0.00005	0.50	0.40	0.000183 (0.000183)	412	0.075 (0.20)	-112056
6	S	-0.00002	0.00000	0.50	0.40	0.000010 (0.000010)	412	0.004 (0.20)	137919

#### 10.3.2.3 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: SOL\_INF\_sisma

(Percorso File: C:\Commesse\C16\Modelli di calcolo\MU06\_LOTT02 (C16)\RS3H.0.2.D.78.CL.MU.06.0.0.002.A\rc\_sec\_mu06\SOL\_INF\_sisma.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettagonolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	30.00 daN/cm <sup>2</sup>	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	150.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	54 di 61

Barre superiori: 10Ø24 (45.2 cm<sup>2</sup>)  
 Coprif.Inf.(dal baric. barre): 8.0 cm  
 Coprif.Sup.(dal baric. barre): 8.0 cm  
 Coprif.Lat. (dal baric.barre): 5.0 cm

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	47034	11980	0	0
2	-13036	-137548	0	0
3	-13036	-114513	0	0
4	453	1632	0	0
5	-17529	-22434	0	0
6	47034	11755	0	0

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) e (N,Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
 As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	47034	11980	47039	261604	21.837	115.2	0.25	0.75	45.2 (24.6)
2	S	-13036	-137548	-13043	-225605	1.640	29.9	0.21	0.70	45.2 (24.6)
3	S	-13036	-114513	-13043	-225605	1.970	29.9	0.21	0.70	45.2 (24.6)
4	S	453	1632	453	233812	143.267	118.9	0.22	0.71	45.2 (24.6)
5	S	-17529	-22434	-17536	-222857	9.934	29.5	0.21	0.70	45.2 (24.6)
6	S	47034	11755	47039	261604	22.255	115.2	0.25	0.75	45.2 (24.6)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	55 di 61

Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00064	150.0	0.00049	142.0	-0.00196	8.0
2	0.00052	0.0	0.00038	8.0	-0.00196	142.0
3	0.00052	0.0	0.00038	8.0	-0.00196	142.0
4	0.00055	150.0	0.00041	142.0	-0.00196	8.0
5	0.00051	0.0	0.00037	8.0	-0.00196	142.0
6	0.00064	150.0	0.00049	142.0	-0.00196	8.0

## 10.4 Verifiche geotecniche

### 10.4.1 Verifica a carico limite della fondazione

La verifica a carico limite della fondazione è condotta con l'approccio 2 (A1+M1+R3) e quindi le azioni sono amplificate per i coefficienti A1 (1.5 sia per i permanenti che per i variabili) i coefficienti parziali dei parametri geotecnici sono M1 (tutti pari a 1) ed i coefficienti da applicare alle resistenze caratteristiche sono R3 (2.3).

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
slu1_nl	NonStatic	0	0	2359.263	0	0
slu2_nl	NonStatic	0	0	3100.178	0	0
slu3_nl	NonStatic	0	0	3100.178	0	0
slu4_nl	NonStatic	0	0	2812.556	0	0
slu5_nl	NonStatic	0	0	2812.556	0	0
slu6_nl	NonStatic	0	0	2834.415	0	0
slu7_nl	NonStatic	0	0	2625.026	0	0
slu8_nl	NonStatic	57.008	0	2834.415	0	123.7075
sis1_nl	NonStatic	-470.336	0	2071.641	0	-1465.383
sis2_nl	NonStatic	-141.101	0	2071.641	0	-439.6149
sis3_nl	NonStatic	-470.336	0	2111.313	0	-1465.383
rar1_nl	NonStatic	0	0	2270.001	0	0
fre1_nl	NonStatic	0	0	2230.329	0	0
qpe1_nl	NonStatic	0	0	2071.641	0	0
slu9_nl	NonStatic	57.008	0	2412.063	0	123.7075
slu10_nl	NonStatic	57.008	0	3100.178	0	123.7075
slu11_nl	NonStatic	57.008	0	2677.826	0	123.7075
slu12_nl	NonStatic	57.008	0	2834.415	0	123.7075
slu13_nl	NonStatic	57.008	0	2677.826	0	123.7075
slu14_nl	NonStatic	57.008	0	2390.204	0	123.7075

Il valore massimo è pari a 3100.2 kN.



Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	56 di 61

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

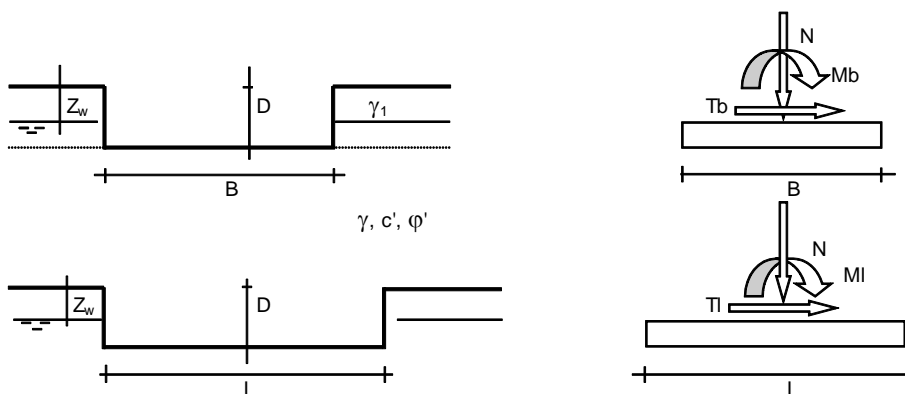
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

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

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

**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 12.60 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 2.50 (m)



Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	57 di 61

### AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	3100.20		3100.20
Mb [kNm]	0.00		0.00
MI [kNm]	124.00		124.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	57.00		57.00
H [kN]	57.00	0.00	57.00

*Peso unità di volume del terreno*

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$$c' = 10.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 28.00 \quad (^\circ)$$

*Valori di progetto*

$$c' = 10.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 28.00 \quad (^\circ)$$

*Profondità della falda*

$$Z_w = 3.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.04 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 12.60 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 0.92 \quad (\text{m})$$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$$q = 47.50 \quad (\text{kN/mq})$$

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

$$\gamma = 9.40 \quad (\text{kN/mc})$$

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

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

$$N_q = 14.72$$

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

$$N_c = 25.80$$

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

$$N_\gamma = 16.72$$

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	58 di 61

**$s_c, s_q, s_y$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.04$$

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

$$s_q = 1.04$$

$$s_y = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_y = 0.97$$

**$i_c, i_q, i_y$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.93 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.07 \quad m = 1.07 \quad (-)$$

( $m=2$  nel caso di fondazione nastroforme e  $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$  in tutti gli altri casi)

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

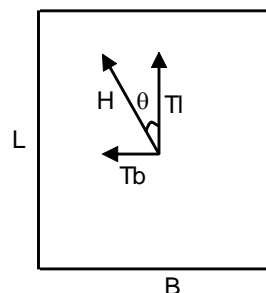
$$i_q = 0.98$$

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

$$i_c = 0.98$$

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

$$i_y = 0.96$$



**$d_c, d_q, d_y$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

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

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

$$d_q = 1.36$$

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

$$d_c = 1.39$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	59 di 61

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1407.25 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 267.44 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

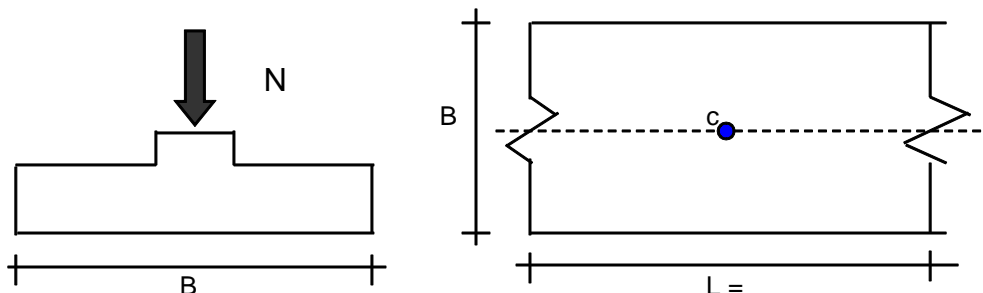
$$q_{lim} / \gamma_R = 611.85 \geq q = 267.44 \quad (\text{kN/m}^2)$$

### 10.4.2 Calcolo dei cedimenti

Di seguito si riportano i valori massimi delle reazioni alla base del muro allo stato limite di esercizio, ovvero considerando solo quelle derivanti dalle combinazioni rara, frequente e quasi permanente.

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
rar1_nl	NonStatic	0	0	2270.001	0	0
fre1_nl	NonStatic	0	0	2230.329	0	0
qpe1_nl	NonStatic	0	0	2071.641	0	0

Il valore massimo è pari a 2270 kN.



#### Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z = (2q/\pi) * (\alpha + \text{sen}\alpha\cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_x = (2q/\pi) * (\alpha - \text{sen}\alpha\cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_y = (4q/\pi) * (\nu\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{\text{tot}} = \Sigma\delta_i = \Sigma(((\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y))\Delta z_i / E_i))$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1  
LOTTO 02

Relazione di calcolo muro a U

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	D 78 CL	MU06 00 002	A	61 di 61

### DATI DI INPUT:

$B = 12.60$  (m) (Larghezza della Fondazione)

$N = 2270.00$  (kN) (Carico Verticale Agente)

$q = 180.16$  (kN/mq) (Pressione Agente ( $q = N/B$ ))

$ns = 2$  (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da $z_i$	a $z_{i+1}$	$\Delta z_i$	E	$\nu$	$\delta_{ci}$
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	U1	3.50	0.0	3.5	1.0	60000	0.30	0.56
2	U1a	3.30	3.5	6.8	1.0	100000	0.30	0.38
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-

$\delta_{ctot} = 0.94$  (cm)