

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

Opere di sostegno di linea

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 78 CL MU6900 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Gen-2020	A.Di Costanzo <i>A. Di Costanzo</i>	Gen-2020	A.Barreca <i>A. Barreca</i>	Gen-2020	D.Tiberti Apr-2020
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Apr-2020	A.Di Costanzo <i>A. Di Costanzo</i>	Apr-2020	A.Barreca <i>A. Barreca</i>	Apr-2020	

ITM RIFI S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Regionale  
UO Infrastrutture Sud  
Dist. Ing. - Gen. Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 1187/8

TR14: Muro ad U MU69  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	1 di 103

1.	PREMESSA .....	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	3
2.	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	6
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
4.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	8
5.	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	9
6.	MATERIALI .....	11
6.1	CALCESTRUZZO MURI .....	11
6.2	ACCIAIO D'ARMATURA .....	12
7.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	13
8.	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	15
9.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	16
9.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	16
9.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	16
10.	MURO AD U TIPO 2 H <sub>MAX</sub> =5.00M .....	20
10.1	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	20
10.2	ANALISI DEI CARICHI .....	23
10.2.1	<i>Peso proprio della struttura</i> .....	23
10.2.2	<i>Carichi permanenti portati</i> .....	23
10.2.3	<i>Ballast</i> .....	24
10.2.4	<i>Spinta del terreno e dell'acqua</i> .....	24
10.2.5	<i>Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore</i> .....	27
10.2.6	<i>Sovraccarico accidentale a tergo dell'opera</i> .....	29
10.2.7	<i>Azione sismica</i> .....	29
10.3	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	32
10.4	RISULTATI E VERIFICHE .....	32

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	2 di 103

Relazione di calcolo

10.4.1	Verifica piedritti s.0.8m.....	35
10.4.2	Verifica soletta inferiore.....	43
11.	VERIFICA A SOLLEVAMENTO.....	101
1.	MURO AD U TIPO 1 H=7.7M .....	53
1.1	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	53
1.2	ANALISI DEI CARICHI .....	56
1.2.1	Peso proprio della struttura.....	56
1.2.2	Carichi permanenti portati.....	56
1.2.3	Ballast.....	57
1.2.4	Spinta del terreno e dell'acqua .....	58
1.2.5	Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore.....	61
1.2.6	Sovraccarico accidentale a tergo dell'opera .....	62
1.2.7	Azione sismica .....	63
1.3	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	66
1.4	RISULTATI E VERIFICHE .....	68
1.4.1	Verifica piedritti s.1.2m.....	71
1.4.2	Verifica piedritti s.0.8m.....	83
1.4.3	Verifica soletta inferiore.....	91

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	3 di 103

Relazione di calcolo

## 1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo della direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo, nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Vallelunga – Caltanissetta Xirbi (Lotto 3b).

### 1.1 Descrizione dell'opera

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche del muro a U MU69, che si sviluppa per 53 m circa, dalla progressiva 46+487 km alla progressiva 46+450 km.

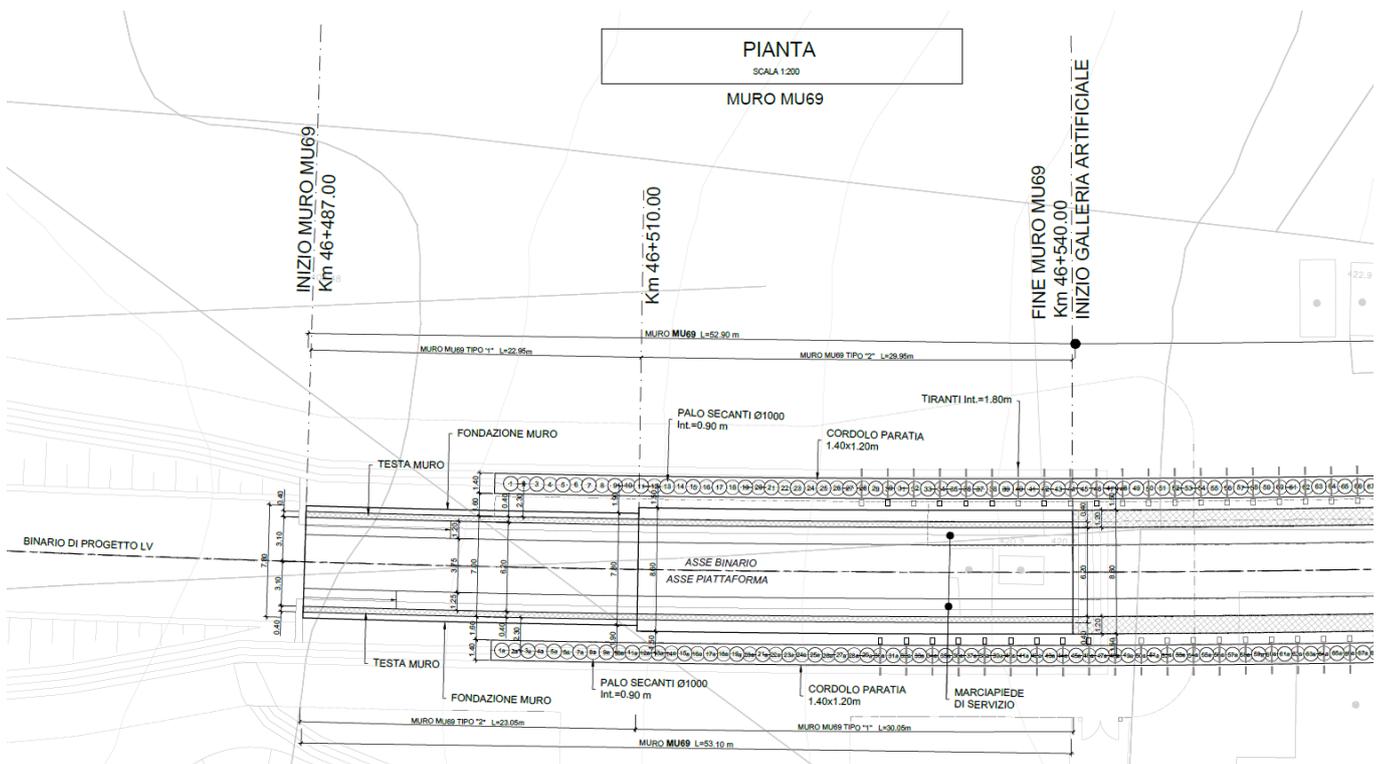


Figura 1-1 – TR14: Muro a U MU69 – Pianta.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	4 di 103

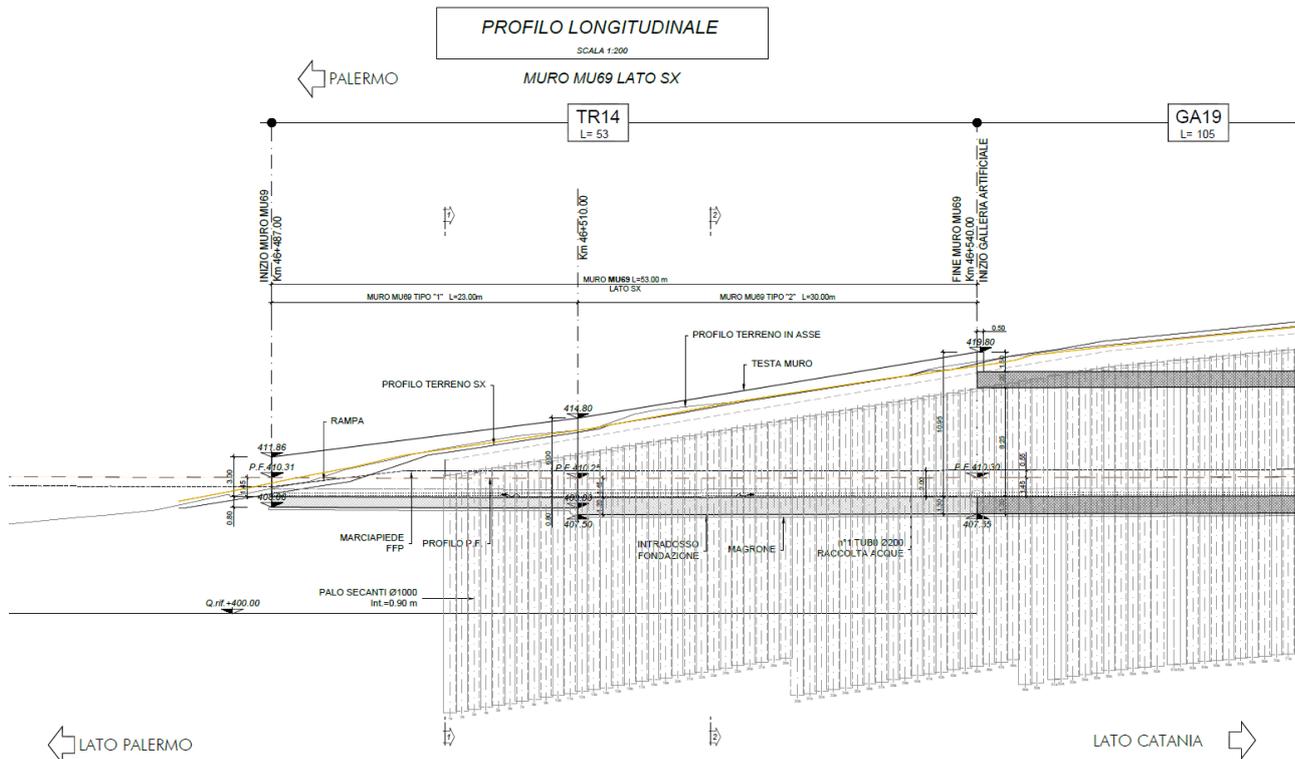
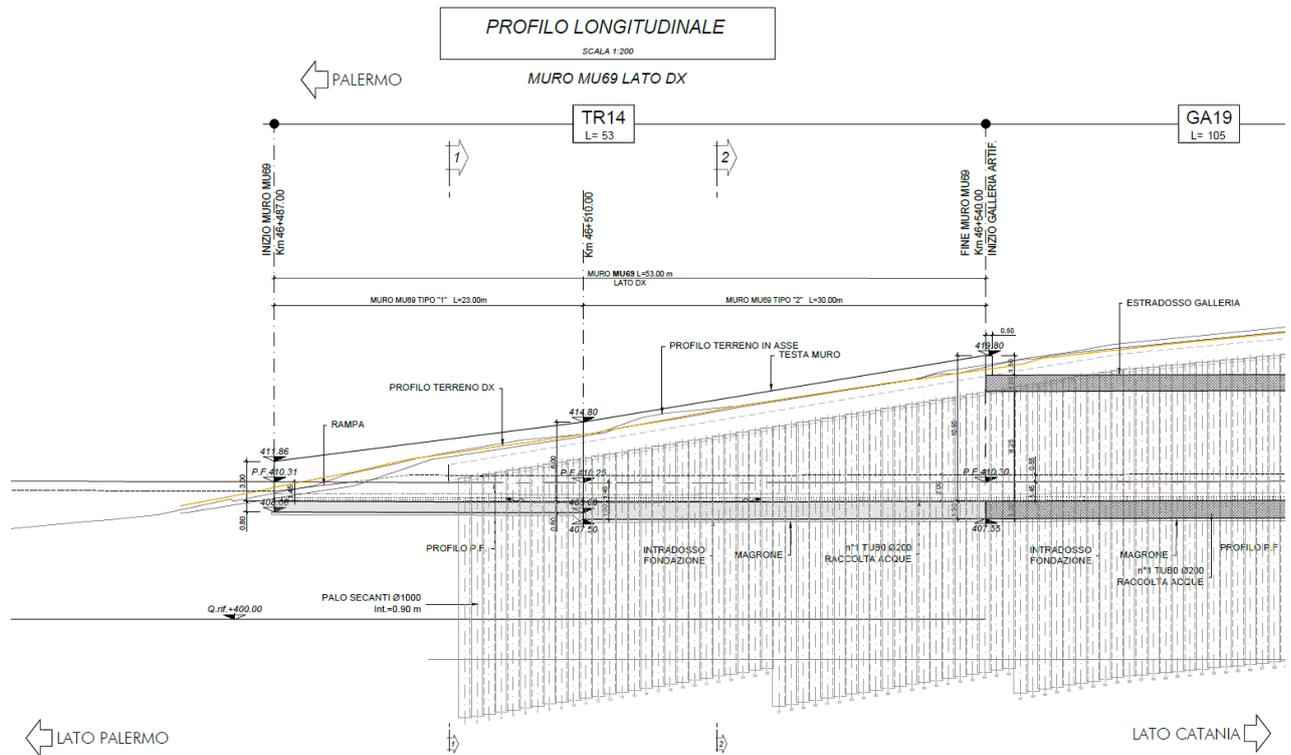


Figura 1-2 – TR14: Muro a U MU69 – Prospetto lato dx – lato sx.

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	5 di 103

Relazione di calcolo

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

Sono state analizzate le due sezioni tipologiche presenti:

- la prima presenta un'altezza massima di 6.00 m, con spessore dei piedritti variabile, pari a 0.80 m allo spiccato e 0.40 m in sommità per un tratto di 0.90 m. La soletta di fondo ha uno spessore pari a 0.80 m e una larghezza di 7.80 m.

- la seconda è caratterizzata da un'altezza massima di paramento di 10.45 m, con spessore dei piedritti variabile, pari a 1.20 m allo spiccato, 0.80 m in mezzeria e 0.40 m in sommità per un tratto di 0.90 m. La soletta di fondo ha uno spessore di 1.30 m e una larghezza di 8.60 m.

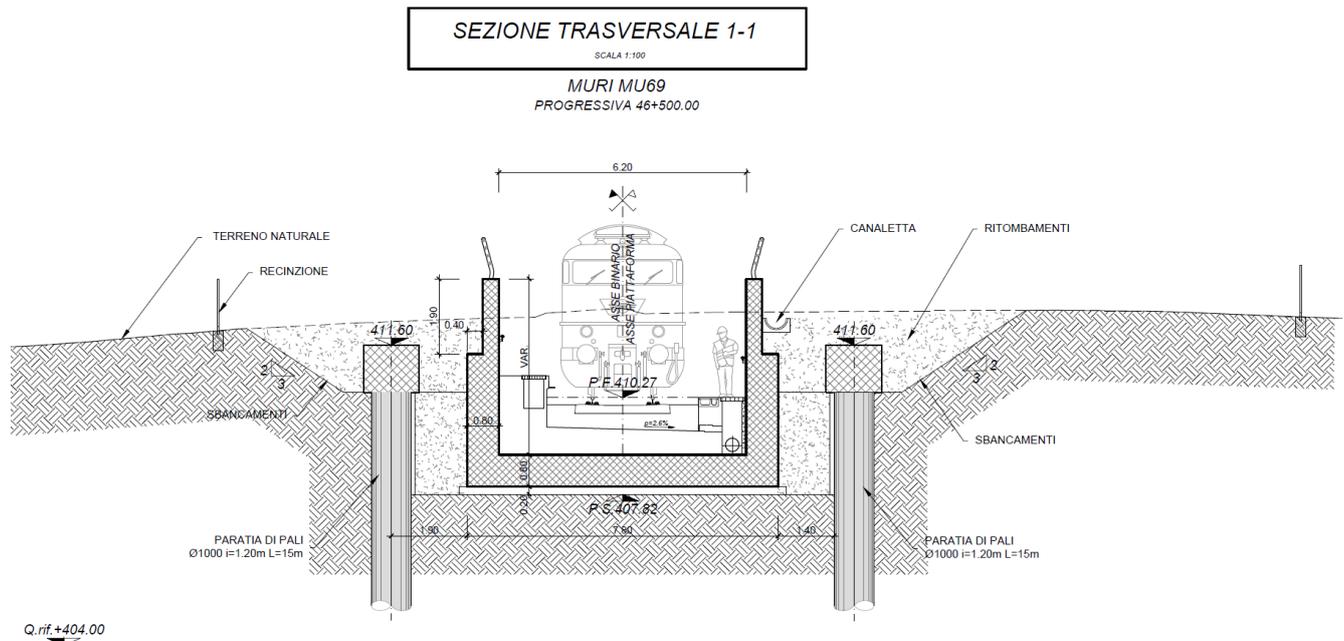


Figura 3 – Sezione tipo 1.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	6 di 103

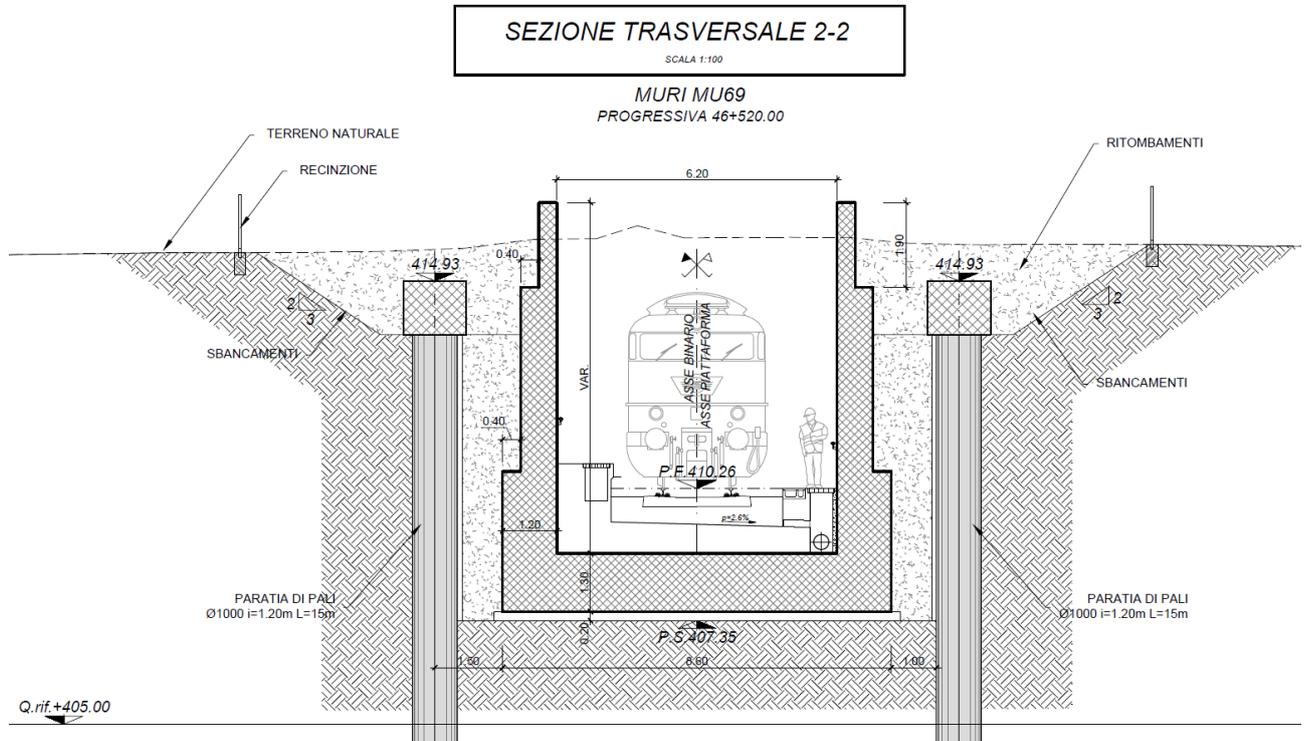


Figura 4 – Sezione tipo 2.

## 2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

In accordo con la Normativa vigente, al fine di valutare i parametri di azione sismica dell'area, si utilizzano le seguenti coordinate: lat = 37.53653 e long. = 14.05268.

Si riporta inoltre di seguito in figura la posizione geografica dell'opera in esame.

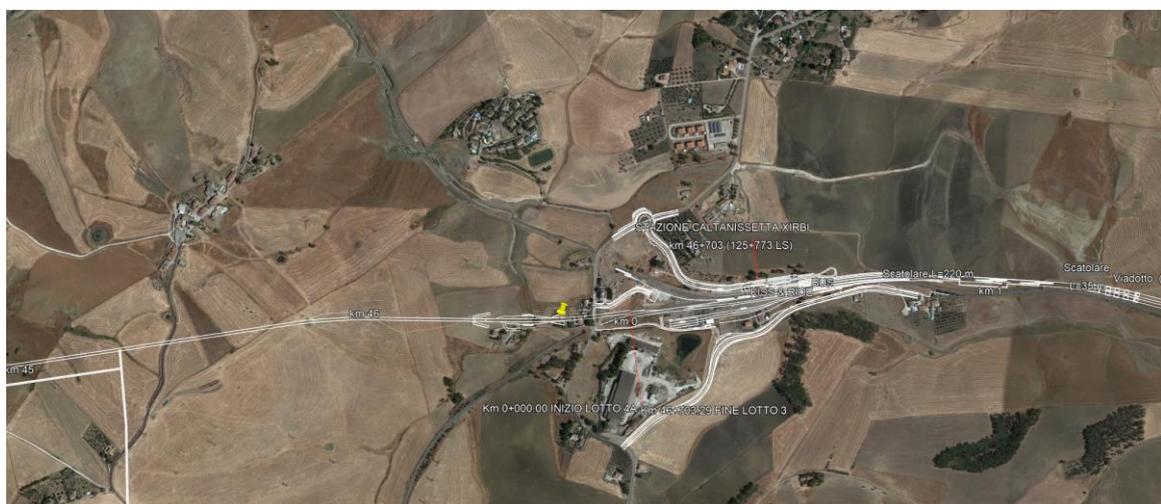


Figura 2-1. Posizione Geografica del tratto interessato: TR14

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b>  <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>  <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>  <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b></p>					
<p>TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU 69 0 0 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 7 di 103</p>

Nel seguito si mostrano le principali verifiche strutturali e geotecniche delle opere di sostegno provvisionali secondo normativa NTC2018.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B	FOGLIO 8 di 103

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

**Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);**

**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;

**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.

**Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2**

**RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18** - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

### 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

RS3T.3.0.D.78.P9.MU.69.0.0.001: "Opere di sostegno di linea – Lotto 3b – TR14: Muro a U MU69 – Pianta, prospetto e sezioni"

RS3T.3.0.D.78.GE.GE.00.0.0.002: "Geotecnica – Elaborati generali – Relazione geotecnica generale – Lotto 3b"

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 69 0 0 001</td> <td>B</td> <td>9 di 103</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	9 di 103
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	9 di 103								

## 5. 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)	103N
<b>MN</b> (megaNewton)	106N
<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)	103 N/m <sup>2</sup>
MPa (megaPascal)	106 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

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

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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b>  <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>  <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>  <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b></p>					
<p>TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU 69 0 0 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 10 di 103</p>

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)	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## 6. MATERIALI

### 6.1 Calcestruzzo muri

Classe di resistenza	C32/40 $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
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:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} \quad 33.2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad 41.2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad 18.8 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad 3.10 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm} \quad 2.17 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c \quad 1.44 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} \quad 3.72 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm} \quad 2.60 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3} \quad 33642.8 \text{ N/mm}^2$$

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

- Elemento strutturale: fondazione ed elevazione muro a U – tipo 1 e 2

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	26	[mm]
Diametro staffe:	14	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Tolleranza di posa:	10	[mm]
<b>Copriferro staffe:</b>		
Copriferro minimo $c_{min}$ :	50	[mm]
Copriferro nominale Netto Staffe:	64	[mm]

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

### Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 78 [mm]

**Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 91 [mm]**

### 6.2 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 N/mm<sup>2</sup>

$f_{t, nom}$  540 N/mm<sup>2</sup>

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 N/mm<sup>2</sup>

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## 7. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica: Si riportano di seguito i terreni su cui poggiano i muri di sostegno lungo il tracciato, con i parametri fisici e meccanici ad essi assegnati. Da un'analisi dei dati a disposizione emerge che lo strato di terreno sul quale verrà impostato il piano di posa della fondazione dei muri di sostegno è caratterizzato dai valori dei parametri di calcolo riportati in Tabella. Per quanto riguarda i parametri meccanici assunti nel calcolo si sono considerati i valori medi dell'intervallo di variabilità riportato nel profilo geotecnico.

Il terreno spingente è costituito dall'unità geotecnica AV che costituisce anche il terreno di fondazione.

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

U.G.	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	E
[-]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[MPa]
AV	21	0	24	100
Falda a – 6 m da p.c.				

In cui:

- $\gamma$       peso specifico
- $c'$       coesione drenata
- $\phi'$       angolo di attrito interno efficace
- E        Modulo di Young

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	14 di 103

Relazione di calcolo

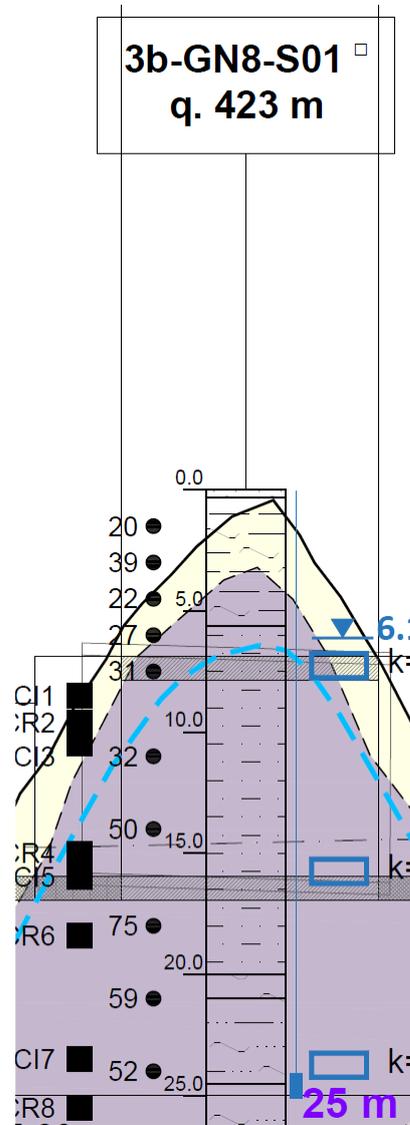


Figura 7-1 – Profilo geotecnico TR14.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## 8. 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.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## 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 DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	17 di 103

Relazione di calcolo

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

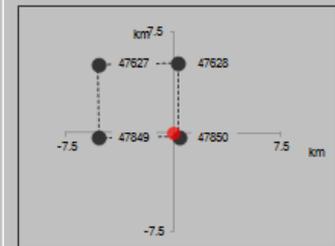
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

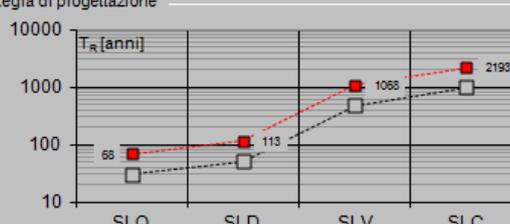
Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione



Stato	Strategia scelta (TR [anni])	Strategia ordinaria (TR [anni])
SLO	68	~40
SLD	113	~60
SLV	1068	~400
SLC	2193	~1000

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:

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	18 di 103

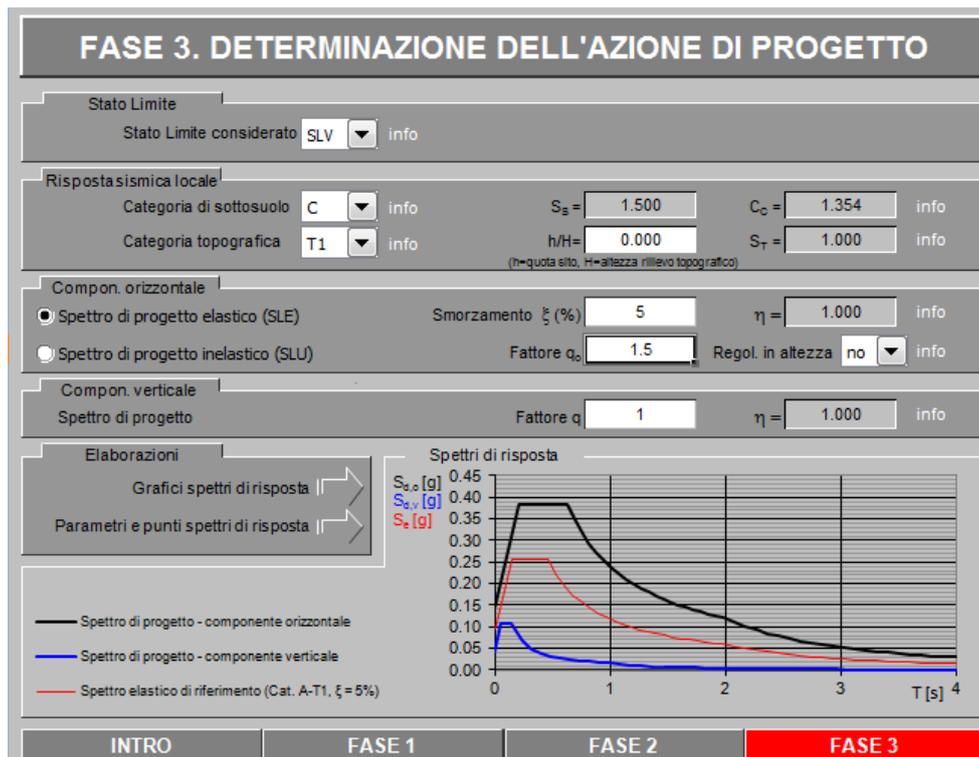
Relazione di calcolo

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.039	2.525	0.285
SLD	113	0.048	2.504	0.320
SLV	1068	0.096	2.662	0.463
SLC	2193	0.117	2.732	0.519

$a_g$  → 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.

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	19 di 103

Relazione di calcolo

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SL1

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.096 g
$F_0$	2.662
$T_C^*$	0.463 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.354
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.209 s
$T_C$	0.627 s
$T_D$	1.985 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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	0.144
$T_B \leftarrow$	0.209	0.384
$T_C \leftarrow$	0.627	0.384
	0.692	0.348
	0.756	0.319
	0.821	0.293
	0.886	0.272
	0.950	0.253
	1.015	0.237
	1.080	0.223
	1.144	0.210
	1.209	0.199
	1.274	0.189
	1.338	0.180
	1.403	0.172
	1.468	0.164
	1.532	0.157
	1.597	0.151
	1.662	0.145
	1.726	0.140
	1.791	0.134
	1.856	0.130
	1.920	0.125
$T_D \leftarrow$	1.985	0.121
	2.081	0.110
	2.177	0.101
	2.273	0.093
	2.369	0.085
	2.465	0.079
	2.561	0.073
	2.657	0.068
	2.753	0.063
	2.849	0.059
	2.945	0.055
	3.040	0.052
	3.136	0.049
	3.232	0.046
	3.328	0.043
	3.424	0.041
	3.520	0.039
	3.616	0.037
	3.712	0.035
	3.808	0.033
	3.904	0.031
	4.000	0.030

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RSST	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## 10. MURO AD U TIPO 1 $H_{MAX}=5.00M$

### 10.1 Modellazione adottata

Lo schema statico prevede la soletta a contatto con il terreno schematizzata come una trave su molle alla Winkler, il cui valore è stato valutato nel seguito.

La costante di Winkler si calcola tramite la formula:

$$k = \frac{1}{B' \cdot E' \cdot 4 \cdot I_s \cdot I_F} \quad (\text{formulazione di Vesic, rif. "Fondazioni" – Bowles})$$

con:

$E = 100 \text{ MPa}$                       modulo elastico del terreno

$\nu = 0.4$                               Coefficiente di Poisson del terreno

$$E' = \frac{1 - \nu^2}{E} = 0.0084$$

$$I_s = I_1 + \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} I_2 = 0.216 \quad \text{Coefficiente di Steinbrenner}$$

$IF = 0.70$                               Coefficiente di forma

$$I_1 = \frac{1}{\pi} \left[ M \ln \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{M^2 + N^2}}{M (1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \ln \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right] = 0.177$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \tan^{-1} \frac{M}{N \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} = 0.124$$

$B = 8.6 \text{ m}$                               Larghezza della soletta di fondo

$B' = B/2 = 4.30 \text{ m}$                       per  $I_i$  relativi al centro

$N = H/B' = 2.00 \text{ m}$

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	21 di 103

Relazione di calcolo

$$M=L'/B' = 3.49 \text{ m}$$

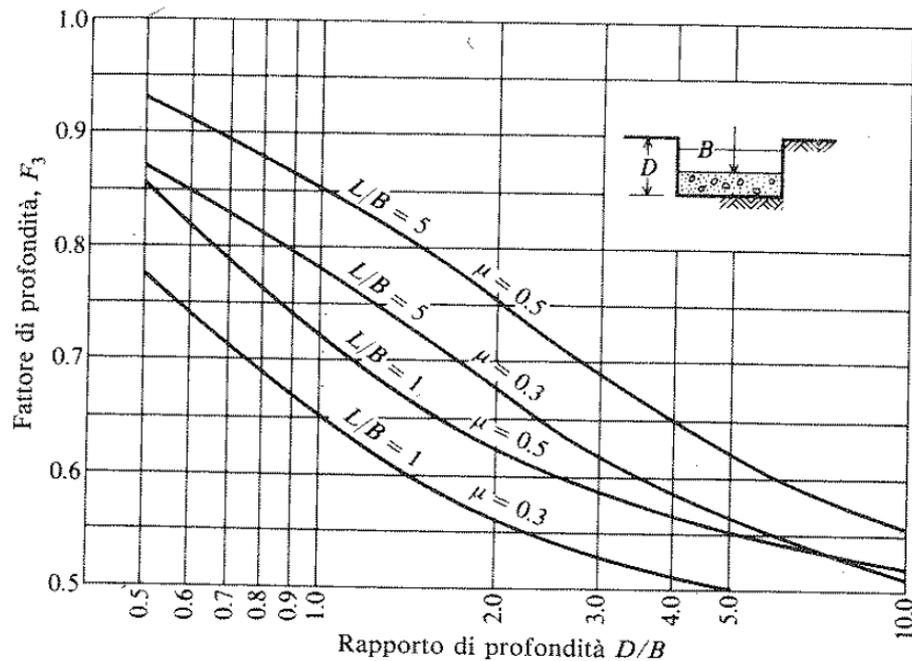


Figura 2– Coefficiente di influenza  $I_F$  per una fondazione collocata a profondità  $D$

Sostituendo i valori nella formula precedente si ricava  $k= 45000 \text{ kN/m}^3$ . La costante elastica viene applicata ai nodi dell'elemento frame con cui viene modellata la soletta di fondo differenziando la rigidità delle molle dei nodi centrali da quelli laterali e da quelli di spigolo.

n	25	numero di elementi di divisione della soletta inf.
ks	45000 $\text{kN/m}^3$	
Lint	6.3 m	larghezza interna dello scatolare
Sp	1.2 m	spessore dei piedritti
<b><u>RIGIDEZZA MOLLE CENTRALI</u></b>		
$K_{\text{centrali}}$	13500 $\text{kN/m}$	
<b><u>RIGIDEZZA MOLLE DI SPIGOLO</u></b>		
$K_{\text{spigolo}}$	67500 $\text{kN/m}$	
<b><u>RIGIDEZZA MOLLE INTERMEDIE</u></b>		
$K_{\text{intermedie}}$	20250 $\text{kN/m}$	

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B	FOGLIO 22 di 103

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 dimensione interna è di 6.30 m, l'altezza interna massima, a partire dal piano campagna; è pari a 5.00 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 0.80 m e piedritti hanno spessore variabile.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

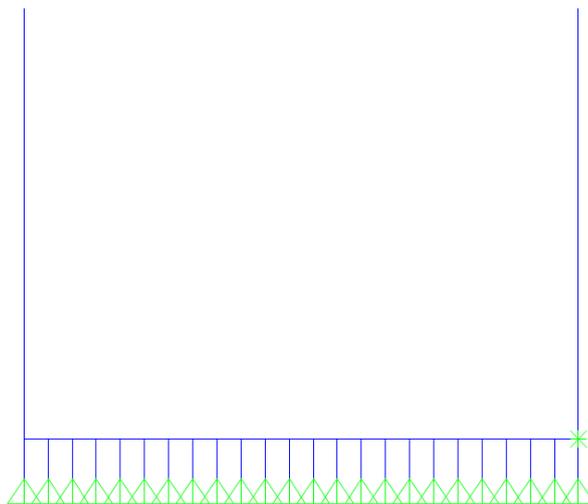


Figura 3 – Modello di calcolo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## 10.2 Analisi dei carichi

### 10.2.1 *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 kN/m<sup>3</sup>.

### 10.2.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
$\gamma_3$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
$S_3$	0.70	m
$W_3$	17.50	kN/m <sup>2</sup>
spessore e massetto pendenze		
$\gamma_4$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
$S_4$	0.60	m
$W_4$	15.00	kN/m <sup>2</sup>
marciapiedi		

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

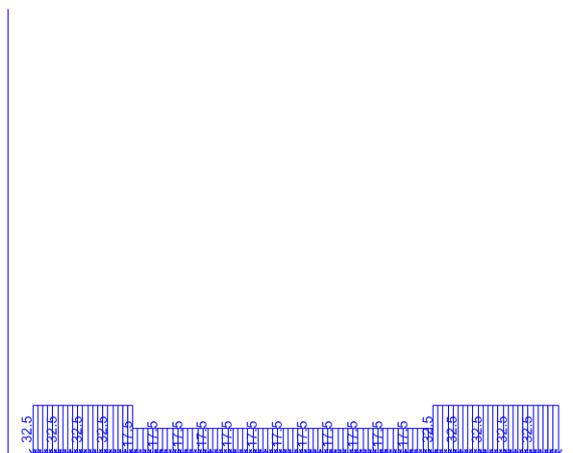


Figura 4 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

### 10.2.3 Ballast

Il ballast è stato valutato considerando uno sviluppo in altezza di 0.8 m:  $p_b = 18 \cdot 0.8 = 14.4 \text{ kN/m}^2$

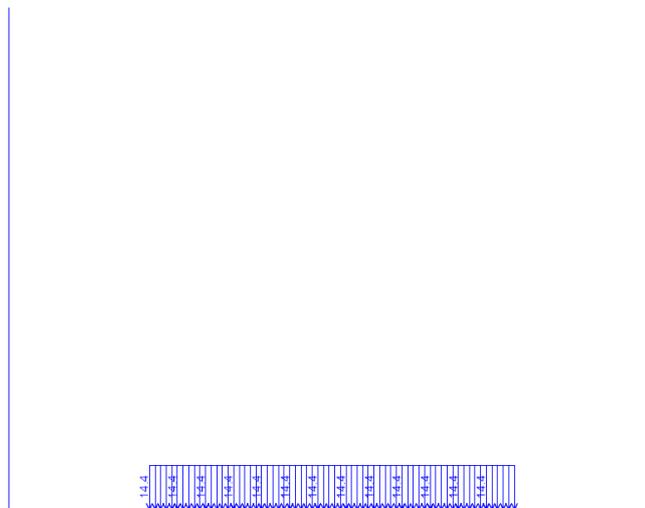


Figura 5 – Ballast.

### 10.2.4 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  $k_0 = 1 - \text{sen}\phi'$ .

SPINTA RIPOSO E SPINTA H <sub>2</sub> O			
$\gamma_t$	21.00	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico terreno
$\Phi'_k$	24	°	angolo attrito caratteristico
$\Phi'_d$	24	°	angolo attrito di progetto
$k_0$	0.59	-	
$\gamma_w$	10.00	kN/m <sup>3</sup>	peso H <sub>2</sub> O
$h_w$	4.25	m	quota H <sub>2</sub> O rispetto p.c.

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_w$ (kN/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00
0.9	11.21	0.00

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	25 di 103

4.25	52.95	0.00
5.4	60.45	11.50
5.8	63.06	15.50

$F_{t,inf}$	24.70	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
$F_{w,inf}$	5.40	kN/m	spinta H <sub>2</sub> O su metà spessore soletta inferiore

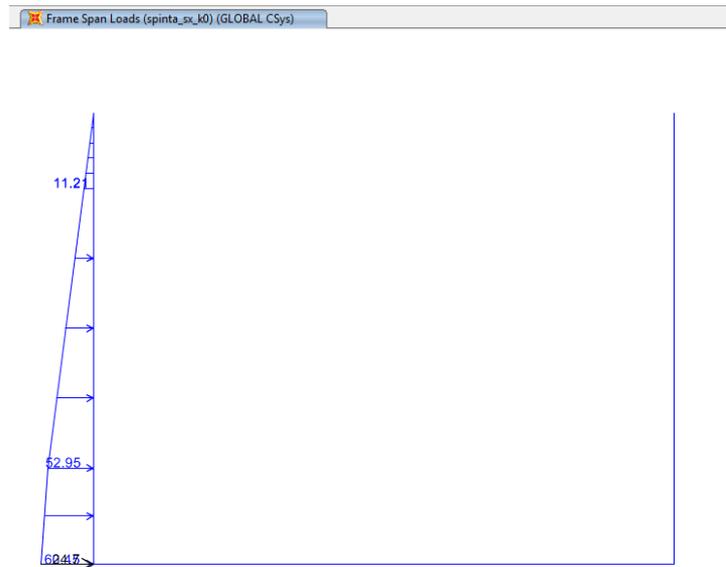


Figura 6 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	26 di 103

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

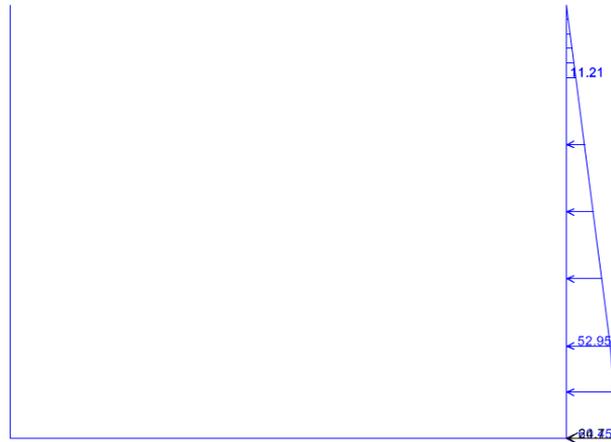


Figura 7 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

Frame Span Loads (spinta\_acqua\_sx) (GLOBAL CSys)

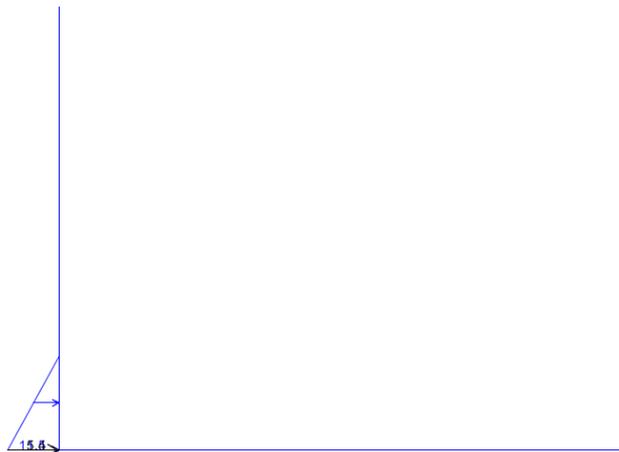


Figura 8 – Spinta dell'acqua sul piedritto sinistro.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

Frame Span Loads (spinta\_acqua dx) (GLOBAL CSys)

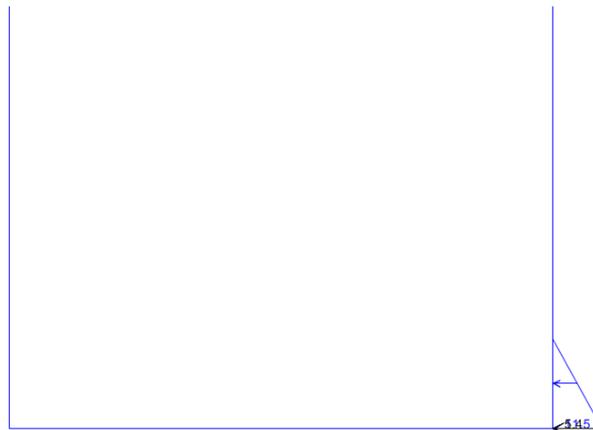


Figura 9 – Spinta dell’acqua sul piedritto destro.

### 10.2.5 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 29, 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.

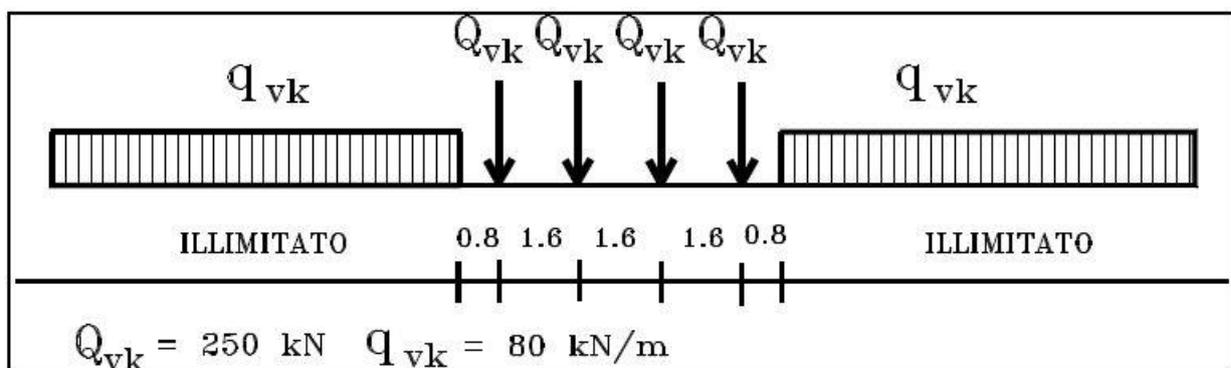


Figura 15 – Treno di carico LM71

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

modello di carico	coefficiente di adattamento $\alpha$
LM71	1.1
SW/2	1.0

Figura 16 – Coefficiente di adattamento  $\alpha$

Trasversalmente i carichi sono stati ripartiti secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast, ed secondo una pendenza di 1 a 1 all'interno del calcestruzzo di riempimento e della soletta in c.a.. Pertanto, alla quota del piano medio della soletta inferiore, considerando per la traversa una larghezza di 2.40 m, si ha:

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{rf} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.7 + 0.8/2) \cdot 2 = 4.78 \text{ m}$$

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	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d = 37.99 \text{ kN/m}^2$

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

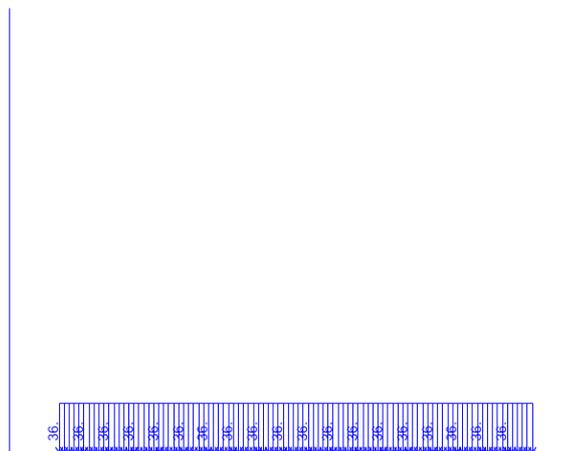


Figura 17 – Treno di carico LM71.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

### 10.2.6 Sovraccarico accidentale a tergo dell'opera

incremento spinta dovuto al sovraccarico accidentale			
$q_{1k}$	9	kN/m <sup>2</sup>	carico distribuito esterno
$\sigma_h$	3.84	kN/m <sup>2</sup>	
$F_{inf}$	2.14	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

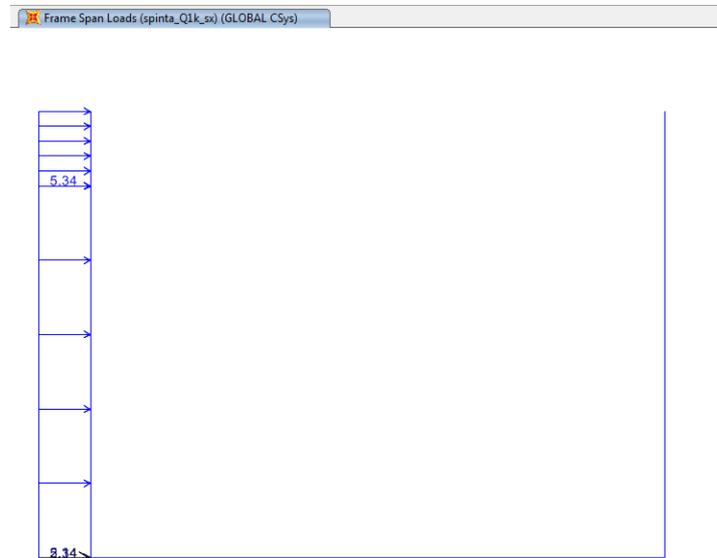


Figura 18 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sovraccarico accidentale.

### 10.2.7 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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

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 ( $S_T$ ).

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  $\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H_{\text{tot}}^2$  ( $H_{\text{tot}}$  = distanza p.c. – intradosso soletta inferiore).

$a_g$	0.096	g
$S_S$	1.5	
$S_T$	1	
$a_{\max}$	0.144	g
$\beta_m$	1	
$k_h$	0.144	
$k_v$	0.072	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.44	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	2.88	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 0.8m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
$h_{\text{tot}}$	5.8	m	altezza complessiva
$\Delta p_d$	17.54	kN/m <sup>2</sup>	incremento di spinta
$F_{pd}$	7.02	kN/m	f. concentrata sol. Inf.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	31 di 103

Frame Span Loads (sisma\_orizzontale) (GLOBAL CSys)

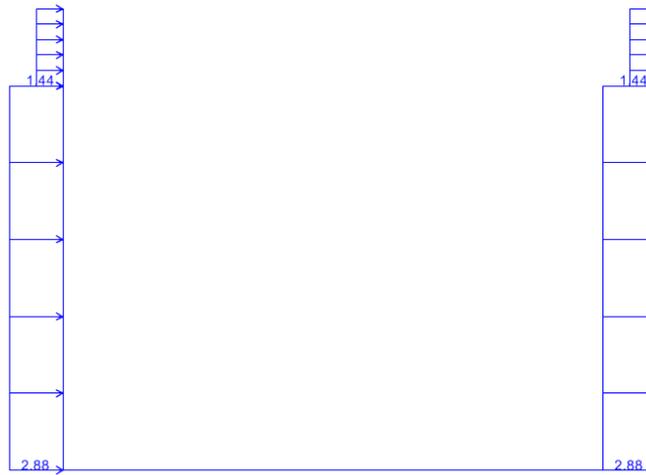


Figura 19 – Sisma orizzontale.

Frame Span Loads (sovraspinta\_sismica) (GLOBAL CSys)

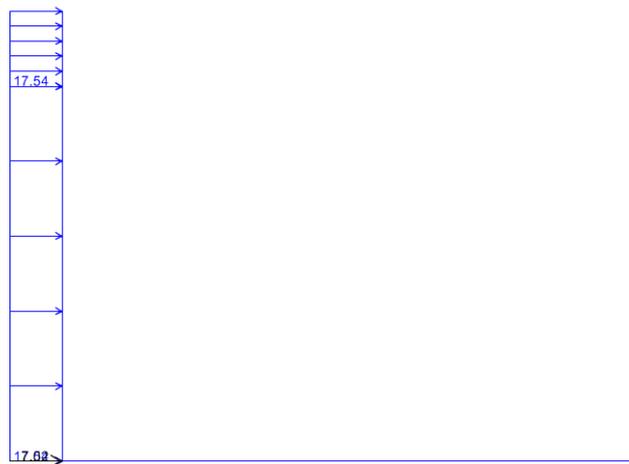


Figura 20 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	32 di 103

### 10.3 Combinazioni di calcolo

Per le combinazioni di calcolo si rimanda al paragrafo 11.3.

### 10.4 Risultati e verifiche

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

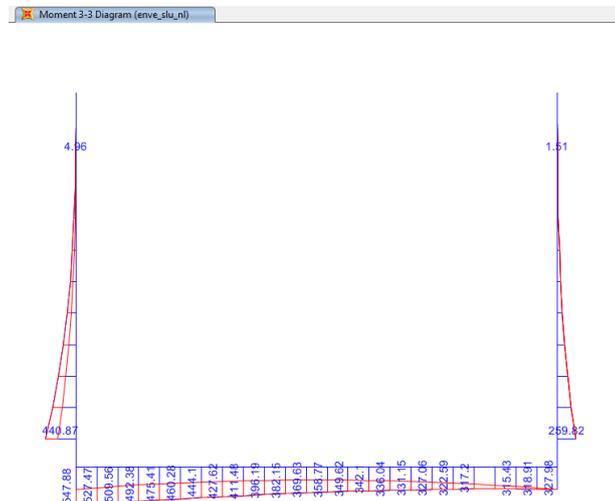


Figura 21 – Momento flettente enve-SLU.

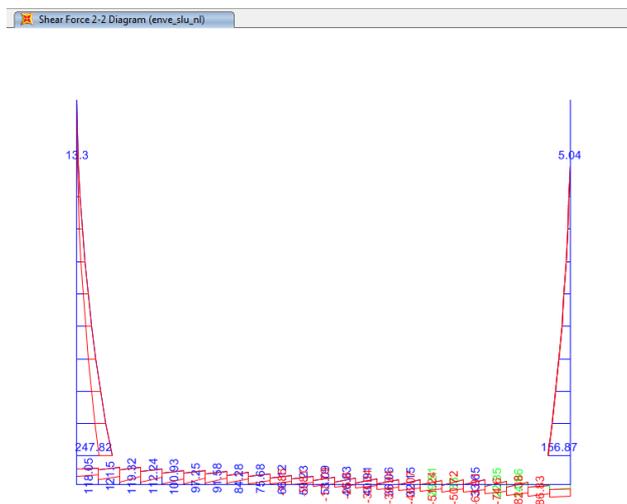


Figura 22 – Taglio enve-SLU.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	33 di 103

Moment 3-3 Diagram (enve\_sluss\_n)

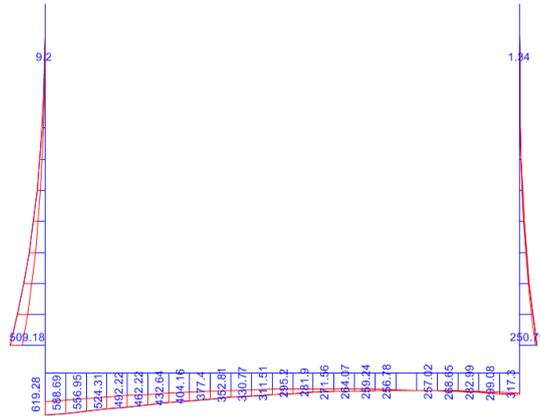


Figura 23 – Momento flettente enve-SLV.

Shear Force 2-2 Diagram (enve\_sluss\_n)

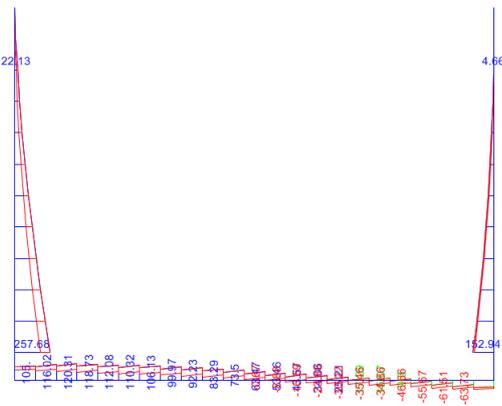


Figura 24 – Taglio enve-SLV.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	34 di 103

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

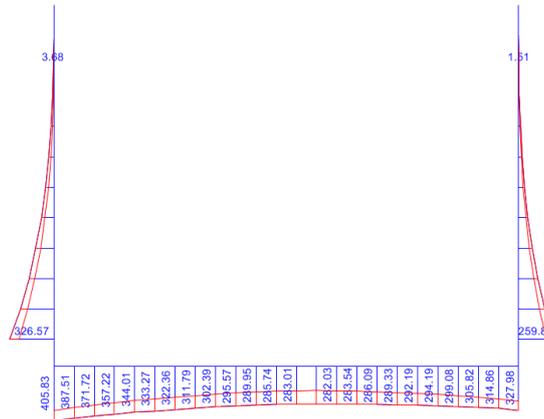


Figura 25 – Momento flettente enve-SLE.

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	35 di 103

Relazione di calcolo

### 10.4.1 Verifica piedritti s.0.8m

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	SLV	-90.97	257.68	<b>509.18</b>	1	0.40	sis1_nl
M3	min		-9.00	3.75	<b>0.93</b>	3	4.50	sis3_nl
V2	max		-90.97	<b>257.68</b>	509.18	1	0.40	sis1_nl
V2	min		-9.00	<b>3.75</b>	0.93	3	4.50	sis1_nl
P	max		<b>-9.00</b>	22.13	9.20	1	4.50	sis1_nl
P	min		<b>-90.97</b>	257.68	509.18	1	0.40	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-122.81	247.82	<b>440.87</b>	1	0.40	slu2_nl
M3	min		-12.15	5.05	<b>1.51</b>	1	4.50	slu1_nl
V2	max		-122.81	<b>247.82</b>	440.87	1	0.40	slu2_nl
V2	min		-12.15	<b>5.05</b>	1.51	1	4.50	slu1_nl
P	max		<b>-9.00</b>	13.30	4.96	1	4.50	slu3_nl
P	min		<b>-122.81</b>	156.87	259.82	1	0.40	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-90.97	183.57	<b>326.57</b>	1	0.40	rar1_nl
M3	min		-9.00	4.04	<b>1.21</b>	3	4.50	rar5_nl
V2	max		-90.97	<b>183.57</b>	326.57	1	0.40	rar1_nl
V2	min		-9.00	<b>4.04</b>	1.21	3	4.50	rar5_nl
P	max		<b>-9.00</b>	9.85	3.68	1	4.50	rar1_nl
P	min		<b>-90.97</b>	183.57	326.57	1	0.40	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-90.97	176.90	<b>309.89</b>	1	0.40	fre1_nl
M3	min		-9.00	4.04	<b>1.21</b>	3	4.50	fre2_nl
V2	max		-90.97	<b>176.90</b>	309.89	1	0.40	fre1_nl
V2	min		-9.00	<b>4.04</b>	1.21	3	4.50	fre2_nl
P	max		<b>-9.00</b>	8.65	3.14	1	4.50	fre1_nl
P	min		<b>-90.97</b>	176.90	309.89	1	0.40	fre1_nl

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	36 di 103

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-90.97	156.87	<b>259.82</b>	1	0.40	qpe1_nl
M3	min	QPE	-9.00	4.04	<b>1.21</b>	3	4.50	qpe2_nl
V2	max		-90.97	<b>156.87</b>	259.82	1	0.40	qpe1_nl
V2	min		-9.00	<b>4.04</b>	1.21	3	4.50	qpe2_nl
P	max		<b>-9.00</b>	5.05	1.51	1	4.50	qpe1_nl
P	min		<b>-90.97</b>	156.87	259.82	1	0.40	qpe1_nl

#### 10.4.1.1 Verifica a taglio

<b>Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</b>			
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:		$V_{Ed}$	<b>258 kN</b>
		$N_{Ed}$	<b>91 kN</b>
Calcestruzzo	<b>C30/37</b>	$R_{ck}$	<b>37 N/mm<sup>2</sup></b>
		$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		$f_{cd}$	17.40 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo		$\gamma_c$	1.5
Altezza sezione		h	<b>800 mm</b>
Copriferro		c	<b>83 mm</b>
Larghezza minima della sezione (in mm)		$b_w$	<b>1000 mm</b>
Altezza utile della sezione (in mm)		d	717 mm
Area Calcestruzzo		$A_c$	800000 mm <sup>2</sup>
Armatura longitudinale tesa	n <b>10</b>	$\emptyset$	<b>26 mm</b>
		$A_{sl}$	5306.6 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico di armatura longitudinale		$\rho_1$	0.0074 ≤ 0.02 <b>ok</b>
Tensione media di compressione nella sezione		$\sigma_{cp}$	0.1138 ≤ 0.2 $f_{cd}$ <b>ok</b>
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		k	1.53 ≤ 2 <b>ok</b>
$V_{min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$		$V_{min}$	0.26
		$V_{Rd}$	384.68 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

La sezione non necessita di armature resistenti a taglio.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## Condizioni statiche

### VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm <sup>2</sup> ]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	24782	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2
2	S	505	37124	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	1330	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
4	S	15687	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2

## Condizioni sismiche

### VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm <sup>2</sup> ]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	25768	38184	71.7	100.0	0.0074	0.1
2	S	375	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	2213	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0

### 10.4.1.2 Verifica in condizioni statiche

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

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:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	38 di 103

Relazione di calcolo

Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	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. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	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	12281	44087	24782	0
2	1215	151	505	0
3	900	496	1330	0
4	12281	25982	15687	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	9097	32657
2	900	121
3	900	368

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

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	39 di 103

Relazione di calcolo

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	9097	30989 (42665)
2	900	121 (0)
3	900	314 (68244)

### 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	9097	25982 (43020)
2	900	121 (0)
3	900	151 (244631)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 3.7 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	12281	44087	12255	141083	3.188	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)
2	S	1215	151	1216	137669	787.117	68.5	0.16	0.70	53.1 (12.0)
3	S	900	496	881	137566	267.813	68.6	0.16	0.70	53.1 (12.0)
4	S	12281	25982	12255	141083	5.389	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)

### 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	80.0	0.00106	71.7	-0.01759	8.3

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	40 di 103

Relazione di calcolo

2	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01840	8.3
3	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01843	8.3
4	0.00350	80.0	0.00106	71.7	-0.01759	8.3

#### 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	35.3	80.0	0.0	53.3	-893	71.7	17.8	1779	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	0	71.7	0.0	0	0.0	0.0
3	S	0.4	80.0	0.0	34.6	-4	71.7	12.1	1206	53.1	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 (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	-0.00053	0.00026	0.50	0.60	0.000268 (0.000268)	386	0.103 (0.20)	42572
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	338	0.000 (0.20)	62152

#### 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	33.5	80.0	0.0	53.2	-843	71.7	17.8	1775	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	0	71.7	0.0	0	0.0	0.0
3	S	0.3	80.0	0.0	22.3	-3	71.7	10.3	1034	53.1	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	-0.00050	0.00025	0.50	0.60	0.000253 (0.000253)	386	0.098 (0.20)	42665
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	324	0.000 (0.20)	68244

#### 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
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	41 di 103

Relazione di calcolo

1	S	28.2	80.0	0.0	52.8	-695	71.7	17.6	1763	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	0	71.7	0.0	0	0.0	0.0
3	S	0.2	80.0	0.0	6.0	0	71.7	2.2	223	53.1	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	-0.00041	0.00021	0.50	0.40	0.000208 (0.000208)	385	0.080 (0.20)	43020
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	257	0.000 (0.20)	244631

#### 10.4.1.3 Verifica in condizioni sismiche

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

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:	Rettangolare
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:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm <sup>2</sup>
ACCIAIO -	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm <sup>2</sup>
	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:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	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

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	42 di 103

Relazione di calcolo

N°Comb.	Momento torcente [daN m]				MT
	N	Mx	Vy	MT	
1	9097	50918	25768	0	0
2	900	93	375	0	0
3	900	920	2213	0	0

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.7	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 $\geq 1.000$
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]: 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	9097	50918	9111	133892	2.624	55.2	0.35	0.87	53.1 (12.0)
2	S	900	93	895	131602	1188.668	55.6	0.34	0.86	53.1 (12.0)
3	S	900	920	895	131602	140.360	55.6	0.34	0.86	53.1 (12.0)

## 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	0.00103	80.0	0.00069	71.7	-0.00196	8.3
2	0.00101	80.0	0.00066	71.7	-0.00196	8.3
3	0.00101	80.0	0.00066	71.7	-0.00196	8.3

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	43 di 103

Relazione di calcolo

### 10.4.2 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	SLV	-330.42	99.84	<b>556.95</b>	402	0.00	sis3_nl
M3	min		-249.23	15.38	<b>227.10</b>	412	0.30	sis2_nl
V2	max		-330.42	<b>120.31</b>	522.51	402	0.30	sis1_nl
V2	min		-249.23	<b>-55.67</b>	268.65	420	0.00	sis2_nl
P	max		<b>-249.23</b>	66.10	369.15	402	0.00	sis2_nl
P	min		<b>-330.42</b>	104.57	556.24	402	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-331.30	41.57	<b>509.56</b>	402	0.00	slu4_nl
M3	min		-214.43	16.30	<b>185.05</b>	410	0.30	slu1_nl
V2	max		-331.30	<b>119.32</b>	446.78	402	0.30	slu2_nl
V2	min		-214.43	<b>-74.60</b>	261.40	420	0.00	slu1_nl
P	max		<b>-214.43</b>	58.50	280.35	402	0.00	slu1_nl
P	min		<b>-331.30</b>	101.47	479.90	402	0.00	slu2_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-245.41	36.16	<b>371.72</b>	402	0.00	rar2_nl
M3	min		-245.41	9.18	<b>199.29</b>	414	0.30	rar5_nl
V2	max		-245.41	<b>82.94</b>	336.81	402	0.30	rar5_nl
V2	min		-245.41	<b>-58.27</b>	277.36	420	0.00	rar1_nl
P	max		<b>-237.66</b>	25.48	356.81	402	0.00	rar4_nl
P	min		<b>-245.41</b>	63.67	360.72	402	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-237.66	59.86	<b>343.06</b>	402	0.00	fre1_nl
M3	min		-237.66	13.55	<b>195.43</b>	413	0.30	fre2_nl
V2	max		-237.66	<b>79.13</b>	320.29	402	0.30	fre2_nl
V2	min		-237.66	<b>-59.32</b>	276.63	420	0.00	fre1_nl
P	max		<b>-214.43</b>	20.95	301.07	402	0.00	fre3_nl
P	min		<b>-237.66</b>	59.86	343.06	402	0.00	fre1_nl

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	44 di 103

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-214.43	-46.70	<b>290.82</b>	420	0.30	qpe1_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	-214.43	11.70	<b>181.98</b>	412	0.30	qpe2_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>		-214.43	<b>67.72</b>	270.72	402	0.30	qpe2_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>		-214.43	<b>-62.45</b>	274.45	420	0.00	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-214.43</b>	48.45	290.07	402	0.00	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-214.43</b>	48.45	290.07	402	0.00	qpe1_nl

#### 10.4.2.1 Verifica a taglio

<b>Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</b>			
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:		$V_{Ed}$	<b>120</b> kN
		$N_{Ed}$	<b>250</b> kN
Calcestruzzo	<b>C30/37</b>	$R_{ck}$	<b>37</b> N/mm <sup>2</sup>
		$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		$f_{cd}$	17.40 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo		$\gamma_c$	1.5
Altezza sezione		h	<b>800</b> mm
Copriferro		c	<b>83</b> mm
Larghezza minima della sezione (in mm)		$b_w$	<b>1000</b> mm
Altezza utile della sezione (in mm)		d	717 mm
Area Calcestruzzo		$A_c$	800000 mm <sup>2</sup>
Armatura longitudinale tesa	n	$\emptyset$	<b>26</b> mm
		$A_{sl}$	5306.6 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico di armatura longitudinale		$\rho_1$	0.0074 ≤ 0.02 <b>ok</b>
Tensione media di compressione nella sezione		$\sigma_{cp}$	0.3125 ≤ 0.2 $f_{cd}$ <b>ok</b>
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		k	1.53 ≤ 2 <b>ok</b>
$V_{min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$		$V_{min}$	0.26
		$V_{Rd}$	406.05 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

La sezione non necessita di armature resistenti a taglio.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## Condizioni statiche

### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm <sup>2</sup> ]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	4157	42453	75.0	100.0	0.0071	0.4
2	S	1630	40809	75.0	100.0	0.0071	0.3
3	S	11932	42453	75.0	100.0	0.0071	0.4
4	S	7460	40809	75.0	100.0	0.0071	0.3
5	S	5850	40809	75.0	100.0	0.0071	0.3
6	S	10147	42453	75.0	100.0	0.0071	0.4

## Condizioni sismiche

### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm <sup>2</sup> ]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	9984	42440	75.0	100.0	0.0071	0.4
2	S	1538	41299	75.0	100.0	0.0071	0.3
3	S	12031	42440	75.0	100.0	0.0071	0.4
4	S	5567	41299	75.0	100.0	0.0071	0.3
5	S	6610	41299	75.0	100.0	0.0071	0.3
6	S	10457	42440	75.0	100.0	0.0071	0.4

## 10.4.2.2 Verifica in condizioni statiche

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
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:

C30/37

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	46 di 103

Relazione di calcolo

Resis. compr. di progetto fcd:	170.00	daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. 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 tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	80.0
3	50.0	80.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	26
2	-45.0	71.7	26
3	45.0	71.7	26
4	45.0	5.0	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

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

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	47 di 103

Relazione di calcolo

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	33130	50956	0	4157	0
2	21443	18505	0	1630	0
3	33130	44678	0	11932	0
4	21443	26140	0	-7460	0
5	21443	28035	0	5850	0
6	33130	47990	0	10147	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	24541	37172	0
2	24541	19929	0
3	24541	33681	0
4	24541	27736	0
5	23766	35681	0
6	24541	36072	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	23766	34306 (49442)	0 (0)
2	23766	19543 (54415)	0 (0)
3	23766	32029 (49871)	0 (0)
4	23766	27663 (50921)	0 (0)
5	21443	30107 (49610)	0 (0)
6	23766	34306 (49442)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	48 di 103

Relazione di calcolo

1	21443	29082 (49830)	0 (0)
2	21443	18198 (54023)	0 (0)
3	21443	27072 (50314)	0 (0)
4	21443	27445 (50218)	0 (0)
5	21443	29007 (49846)	0 (0)
6	21443	29007 (49846)	0 (0)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	33130	50956	0	33129	154713	0	3.03	53.1(13.4)
2	S	21443	18505	0	21422	151031	0	8.13	53.1(13.4)
3	S	33130	44678	0	33129	154713	0	3.46	53.1(13.4)
4	S	21443	26140	0	21422	151031	0	5.76	53.1(13.4)
5	S	21443	28035	0	21422	151031	0	5.37	53.1(13.4)
6	S	33130	47990	0	33129	154713	0	3.22	53.1(13.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.146	-50.0	80.0	0.00085	-45.0	71.7	-0.02046	-45.0	5.0
2	0.00350	0.142	-50.0	80.0	0.00078	-45.0	71.7	-0.02111	-45.0	5.0
3	0.00350	0.146	-50.0	80.0	0.00085	-45.0	71.7	-0.02046	-45.0	5.0
4	0.00350	0.142	-50.0	80.0	0.00078	-45.0	71.7	-0.02111	-45.0	5.0
5	0.00350	0.142	-50.0	80.0	0.00078	-45.0	71.7	-0.02111	-45.0	5.0
6	0.00350	0.146	-50.0	80.0	0.00085	-45.0	71.7	-0.02046	-45.0	5.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	49 di 103

Relazione di calcolo

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000319491	-0.022059295	0.146	0.700
2	0.000000000	0.000328171	-0.022753676	0.142	0.700
3	0.000000000	0.000319491	-0.022059295	0.146	0.700
4	0.000000000	0.000328171	-0.022753676	0.142	0.700
5	0.000000000	0.000328171	-0.022753676	0.142	0.700
6	0.000000000	0.000319491	-0.022059295	0.146	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	34.8	-50.0	80.0	-847	-25.0	5.0	1250	53.1
2	S	19.5	-50.0	80.0	-368	-35.0	5.0	1250	53.1
3	S	31.8	-50.0	80.0	-750	-45.0	5.0	1250	53.1
4	S	26.5	-50.0	80.0	-584	-45.0	5.0	1250	53.1
5	S	33.5	-50.0	80.0	-812	-15.0	5.0	1250	53.1
6	S	33.9	-50.0	80.0	-817	-5.0	5.0	1250	53.1

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0	0.500	26.0	37	0.00025 (0.00025)	230	0.058 (0.20)	49162	0
2	S	-0.00021	0	0.500	26.0	37	0.00011 (0.00011)	230	0.025 (0.20)	54576	0
3	S	-0.00042	0	0.500	26.0	37	0.00022 (0.00022)	230	0.052 (0.20)	49753	0
4	S	-0.00032	0	0.500	26.0	37	0.00018 (0.00018)	230	0.040 (0.20)	51158	0
5	S	-0.00045	0	0.500	26.0	37	0.00024 (0.00024)	230	0.056 (0.20)	49212	0
6	S	-0.00045	0	0.500	26.0	37	0.00024 (0.00024)	230	0.056 (0.20)	49335	0

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	32.2	-50.0	80.0	-773	-15.0	5.0	1250	53.1

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	50 di 103

Relazione di calcolo

2	S	19.1	-50.0	80.0	-364	-5.0	5.0	1250	53.1
3	S	30.2	-50.0	80.0	-710	-45.0	5.0	1250	53.1
4	S	26.4	-50.0	80.0	-588	-5.0	5.0	1250	53.1
5	S	28.3	-50.0	80.0	-674	-35.0	5.0	1250	53.1
6	S	32.2	-50.0	80.0	-773	-15.0	5.0	1250	53.1

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00043	0	0.500	26.0	37	0.00023 (0.00023)	230	0.053 (0.20)	49442	0
2	S	-0.00020	0	0.500	26.0	37	0.00011 (0.00011)	230	0.025 (0.20)	54415	0
3	S	-0.00039	0	0.500	26.0	37	0.00021 (0.00021)	230	0.049 (0.20)	49871	0
4	S	-0.00033	0	0.500	26.0	37	0.00018 (0.00018)	230	0.041 (0.20)	50921	0
5	S	-0.00037	0	0.500	26.0	37	0.00020 (0.00020)	230	0.046 (0.20)	49610	0
6	S	-0.00043	0	0.500	26.0	37	0.00023 (0.00023)	230	0.053 (0.20)	49442	0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	27.4	-50.0	80.0	-646	-5.0	5.0	1250	53.1
2	S	17.8	-50.0	80.0	-343	-5.0	5.0	1250	53.1
3	S	25.7	-50.0	80.0	-589	-15.0	5.0	1250	53.1
4	S	26.0	-50.0	80.0	-600	-15.0	5.0	1250	53.1
5	S	27.4	-50.0	80.0	-643	-25.0	5.0	1250	53.1
6	S	27.4	-50.0	80.0	-643	-25.0	5.0	1250	53.1

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00036	0	0.500	26.0	37	0.00019 (0.00019)	230	0.045 (0.20)	49830	0
2	S	-0.00019	0	0.500	26.0	37	0.00010 (0.00010)	230	0.024 (0.20)	54023	0
3	S	-0.00033	0	0.500	26.0	37	0.00018 (0.00018)	230	0.041 (0.20)	50314	0
4	S	-0.00033	0	0.500	26.0	37	0.00018 (0.00018)	230	0.041 (0.20)	50218	0
5	S	-0.00036	0	0.500	26.0	37	0.00019 (0.00019)	230	0.044 (0.20)	49846	0
6	S	-0.00036	0	0.500	26.0	37	0.00019 (0.00019)	230	0.044 (0.20)	49846	0

### 10.4.2.3 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 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: C30/37  
 Resis. compr. di progetto fcd: 170.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 328360 daN/cm<sup>2</sup>

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	51 di 103

Relazione di calcolo

Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. 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 tensione-deformaz.:	Bilineare finito

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	80.0
3	50.0	80.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	26
2	-45.0	75.0	26
3	45.0	75.0	26
4	45.0	5.0	26

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	33042	55695	0	9984	0
2	24923	22710	0	1538	0
3	33042	52251	0	12031	0
4	24923	26865	0	-5567	0
5	24923	36915	0	6610	0

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

6            33042            55624            0            10457            0

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:            3.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali:            7.4 cm

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

Ver            S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sn            Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
 Mx Sn            Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Sn            Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res            Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)  
 Mx Res            Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res            Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic.            Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
                          Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa            Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	33042	55695	0	33039	151405	0	2.72	53.1(13.4)
2	S	24923	22710	0	24917	148999	0	6.56	53.1(13.4)
3	S	33042	52251	0	33039	151405	0	2.90	53.1(13.4)
4	S	24923	26865	0	24917	148999	0	5.55	53.1(13.4)
5	S	24923	36915	0	24917	148999	0	4.04	53.1(13.4)
6	S	33042	55624	0	33039	151405	0	2.72	53.1(13.4)

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max            Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 x/d            Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max            Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 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)  
 Xs min            Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 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 compress.)  
 Xs max            Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max            Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00093	0.323	-50.0	80.0	0.00074	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
2	0.00091	0.318	-50.0	80.0	0.00072	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
3	0.00093	0.323	-50.0	80.0	0.00074	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
4	0.00091	0.318	-50.0	80.0	0.00072	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
5	0.00091	0.318	-50.0	80.0	0.00072	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
6	0.00093	0.323	-50.0	80.0	0.00074	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c            Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d            Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000038527	-0.002149133	0.323	0.844

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

2	0.000000000	0.000038224	-0.002147620	0.318	0.837
3	0.000000000	0.000038527	-0.002149133	0.323	0.844
4	0.000000000	0.000038224	-0.002147620	0.318	0.837
5	0.000000000	0.000038224	-0.002147620	0.318	0.837
6	0.000000000	0.000038527	-0.002149133	0.323	0.844

## 11. MURO AD U TIPO 2 H=7.7M

### 11.1 Modellazione adottata

Lo schema statico prevede la soletta a contatto con il terreno schematizzata come una trave su molle alla Winkler, il cui valore è stato valutato nel seguito.

La costante di Winkler si calcola tramite la formula:

$$k = \frac{1}{B' \cdot E' \cdot 4 \cdot I_s \cdot I_F} \quad (\text{formulazione di Vesic, rif. "Fondazioni" – Bowles})$$

con:

$E = 100 \text{ MPa}$                       modulo elastico del terreno

$\nu = 0.4$                               Coefficiente di Poisson del terreno

$$E' = \frac{1 - \nu^2}{E} = 0.0084$$

$$I_s = I_1 + \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} I_2 = 0.216 \quad \text{Coefficiente di Steinbrenner}$$

$IF = 0.70$                               Coefficiente di forma

$$I_1 = \frac{1}{\pi} \left[ M \ln \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{M^2 + N^2}}{M (1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \ln \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right] = 0.177$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \tan^{-1} \frac{M}{N \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} = 0.124$$

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	54 di 103

Relazione di calcolo

$B=8.6$  m                      Larghezza della soletta di fondo  
 $B'=B/2 = 4.30$  m            per  $l_i$  relativi al centro  
 $N=H/B' = 2.00$  m  
 $M=L'/B' = 3.49$  m

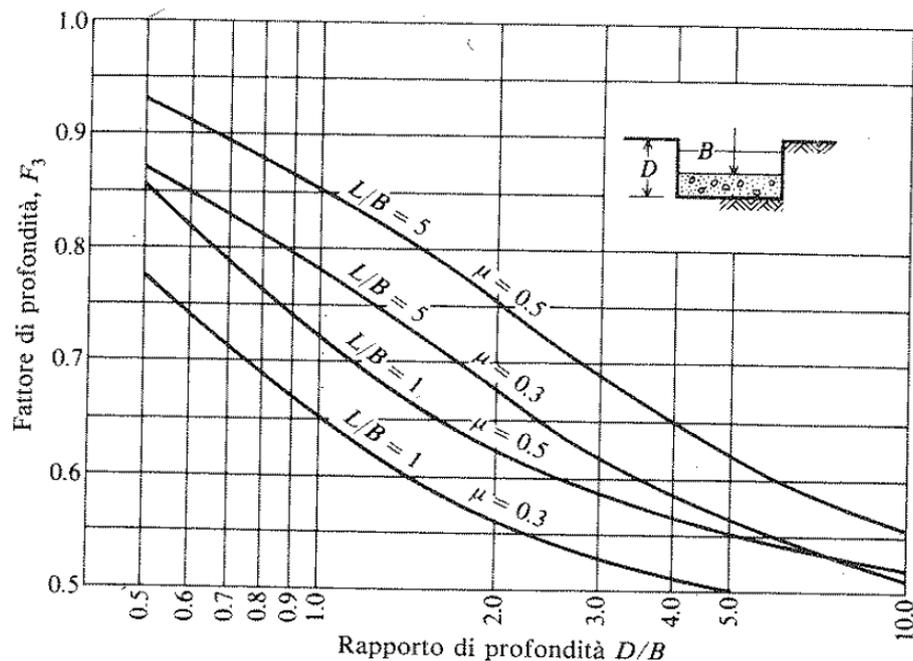


Figura 26– Coefficiente di influenza  $I_F$  per una fondazione collocata a profondità  $D$

Sostituendo i valori nella formula precedente si ricava  $k= 45000$  kN/m<sup>3</sup>. La costante elastica viene applicata ai nodi dell'elemento frame con cui viene modellata la soletta di fondo differenziando la rigidità delle molle dei nodi centrali da quelli laterali e da quelli di spigolo.

n	25	numero di elementi di divisione della soletta inf.
ks	45000 kN/m <sup>3</sup>	
Lint	6.3 m	larghezza interna dello scatolare
Sp	1.2 m	spessore dei piedritti
<b><u>RIGIDEZZA MOLLE CENTRALI</u></b>		
K <sub>centrali</sub>	13500 kN/m	
<b><u>RIGIDEZZA MOLLE DI SPIGOLO</u></b>		
K <sub>spigolo</sub>	67500 kN/m	
<b><u>RIGIDEZZA MOLLE INTERMEDIE</u></b>		
K <sub>intermedie</sub>	20250 kN/m	

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B	FOGLIO 55 di 103

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 dimensione interna è di 6.30 m, l'altezza interna massima, a partire dal piano campagna; è pari a 9.45 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 1.30 m e piedritti hanno spessore variabile. Nel modello di calcolo è stata considerata un'altezza interna di 7.7 m pari all'altezza del muro ai 2/3 del concio.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

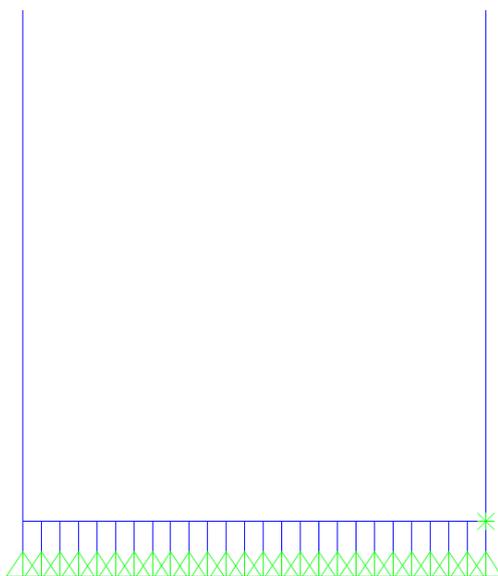


Figura 27 – Modello di calcolo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

## 11.2 Analisi dei carichi

### 11.2.1 *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 kN/m<sup>3</sup>.

### 11.2.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
$\gamma_3$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
$S_3$	0.70	m
$W_3$	17.50	kN/m <sup>2</sup>
spessore e massetto pendenze		
$\gamma_4$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
$S_4$	0.60	m
$W_4$	15.00	kN/m <sup>2</sup>
marciapiedi		

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

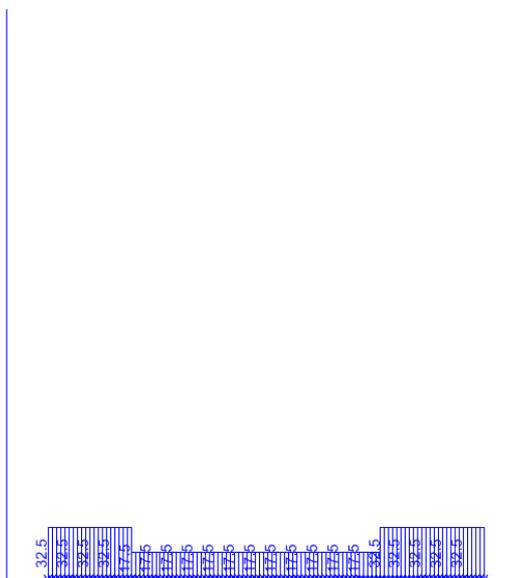


Figura 28 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)          OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>TR14: Muro ad U MU69          Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 69 0 0 001</td> <td>B</td> <td>57 di 103</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	57 di 103
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	57 di 103								

### 11.2.3 Ballast

Il ballast è stato valutato considerando uno sviluppo in altezza di 0.8 m:  $p_b = 18 \cdot 0.8 = 14.4 \text{ kN/m}^2$

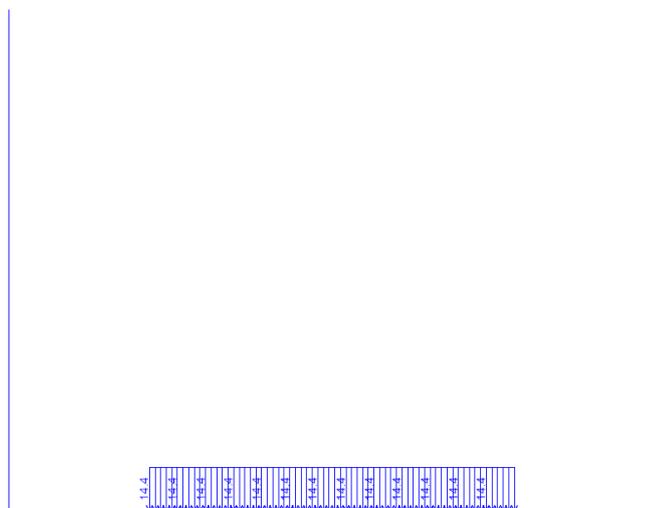


Figura 29 – Ballast.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

#### 11.2.4 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  $k_0 = 1 - \text{sen}\phi'$ .

Cautelativamente la falda è stata considerata a -4.25 m dal piano campagna.

SPINTA RIPOSO E SPINTA H <sub>2</sub> O			
$\gamma_t$	21.00	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico terreno
$\Phi'_k$	24	°	angolo attrito caratteristico
$\Phi'_d$	24	°	angolo attrito di progetto
$k_0$	0.59	-	
$\gamma_w$	10.00	kN/m <sup>3</sup>	peso H <sub>2</sub> O
$h_w$	4.25	m	quota H <sub>2</sub> O rispetto p.c.

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_w$ (kN/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00
0.9	11.21	0.00
4.25	52.95	0.00
5	57.84	7.50
8.35	79.70	41.00
9.00	83.95	47.50

$F_{t,inf}$	53.19	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
$F_{w,inf}$	28.76	kN/m	spinta H <sub>2</sub> O su metà spessore soletta inferiore

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	59 di 103

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

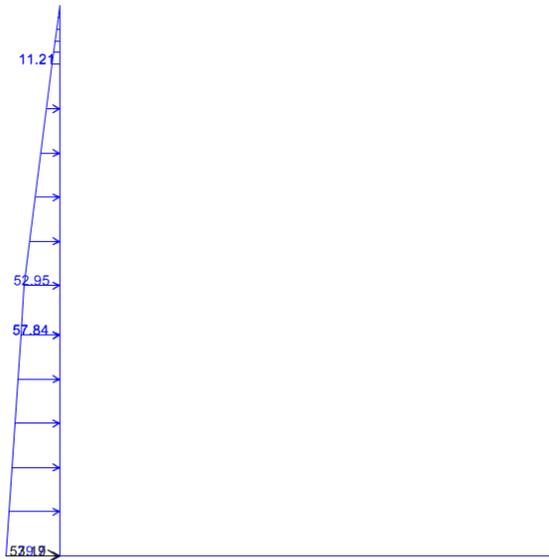


Figura 30 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

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

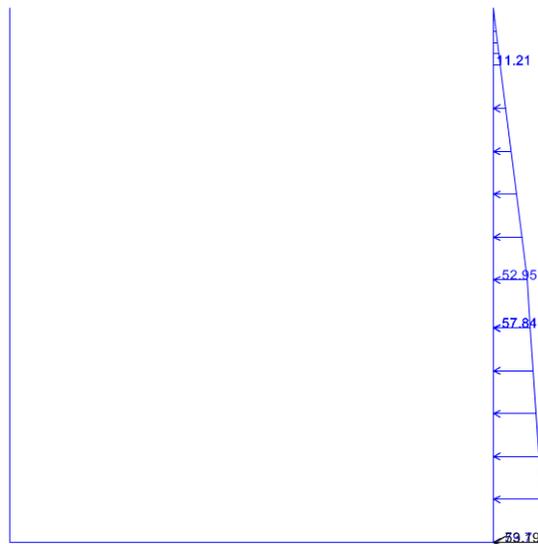


Figura 31 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	60 di 103

Relazione di calcolo

Frame Span Loads (spinta\_acqua sx) (GLOBAL CSys)

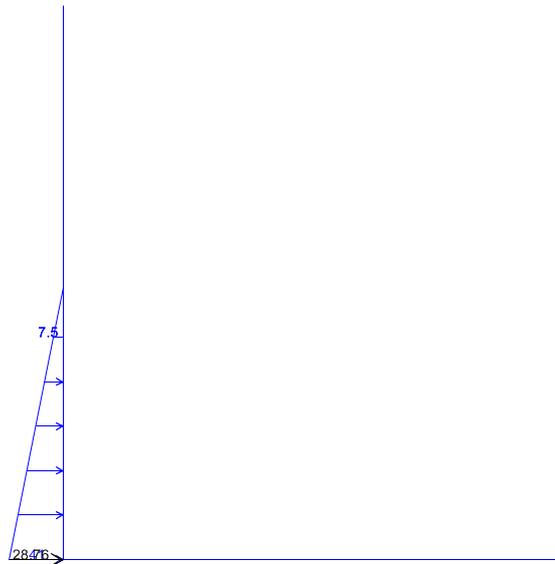


Figura 32 – Spinta dell'acqua sul piedritto sinistro.

Frame Span Loads (spinta\_acqua dx) (GLOBAL CSys)

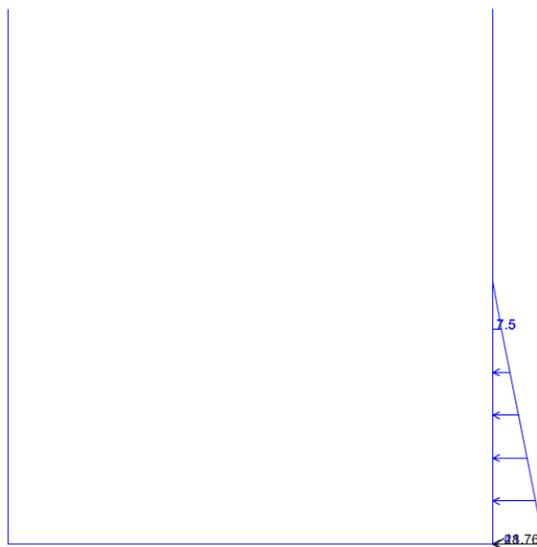


Figura 33 – Spinta dell'acqua sul piedritto destro.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

### 11.2.5 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 29, 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.

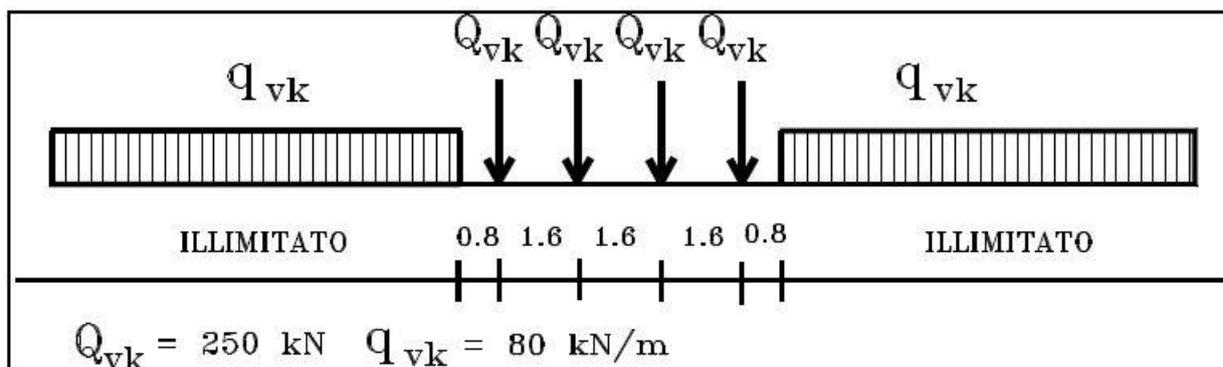


Figura 29 – Treno di carico LM71

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

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

Figura 35– Coefficiente di adattamento  $\alpha$

Trasversalmente i carichi sono stati ripartiti secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast, ed secondo una pendenza di 1 a 1 all'interno del calcestruzzo di riempimento e della soletta in c.a.. Pertanto, alla quota del piano medio della soletta inferiore, considerando per la traversa una larghezza di 2.40 m, si ha:

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{fr} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.7 + 1.3/2) \cdot 2 = 5.28 \text{ m}$$

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	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d = 32.58 \text{ kN/m}^2$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

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

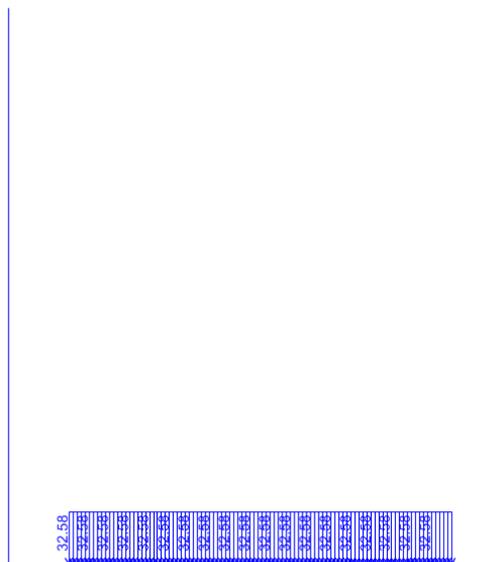


Figura 36 – Treno di carico LM71.

### 11.2.6 Sovraccarico accidentale a tergo dell'opera

incremento spinta dovuto al sovraccarico accidentale			
$q_{1k}$	9	$\text{kN/m}^2$	carico distribuito esterno
$\sigma_h$	5.34	$\text{kN/m}^2$	
$F_{inf}$	3.47	$\text{kN/m}$	spinta su metà spessore soletta inferiore

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

Frame Span Loads (spinta\_Q1k\_sx) (GLOBAL CSys)

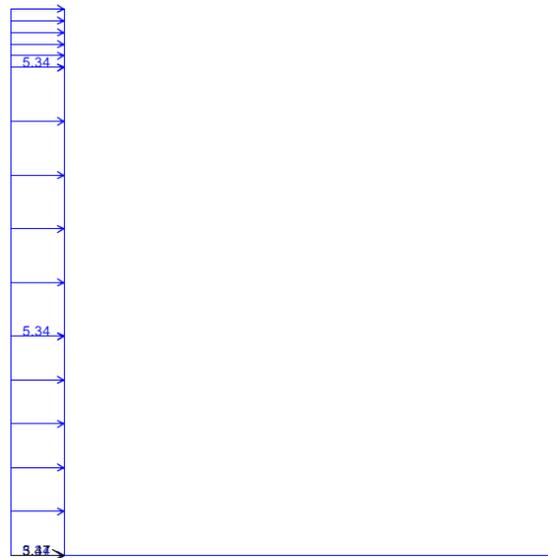


Figura 37 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sovraccarico accidentale.

### 11.2.7 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 ( $S_T$ ).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

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 inferiore).

$a_g$	0.096	g
$S_s$	1.5	
$S_T$	1	
$a_{max}$	0.144	g
$\beta_m$	1	
$k_h$	0.144	
$k_v$	0.072	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.44	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	2.88	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 0.8m
$k_h \cdot W_{P3}$	4.32	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 1.2m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
$h_{tot}$	9.00	m	altezza complessiva
$\Delta p_d$	27.22	kN/m <sup>2</sup>	incremento di spinta
$F_{pd}$	17.69	kN/m	f. concentrata sol. Inf.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	65 di 103

Frame Span Loads (sisma\_orizzontale) (GLOBAL CSys)

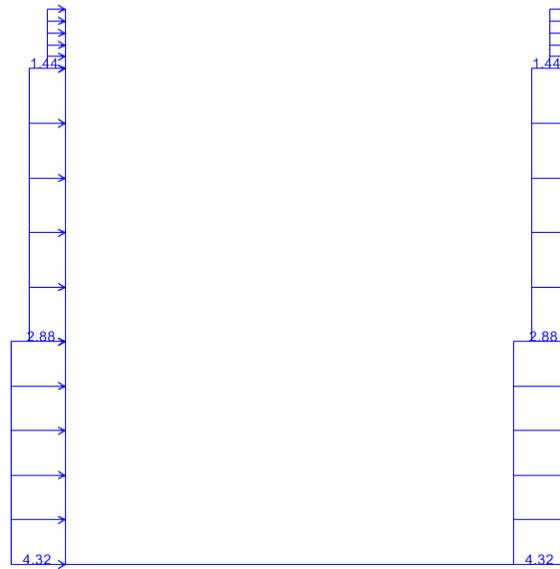


Figura 38 – Sisma orizzontale.

Frame Span Loads (sovraspinta\_sismica) (GLOBAL CSys)

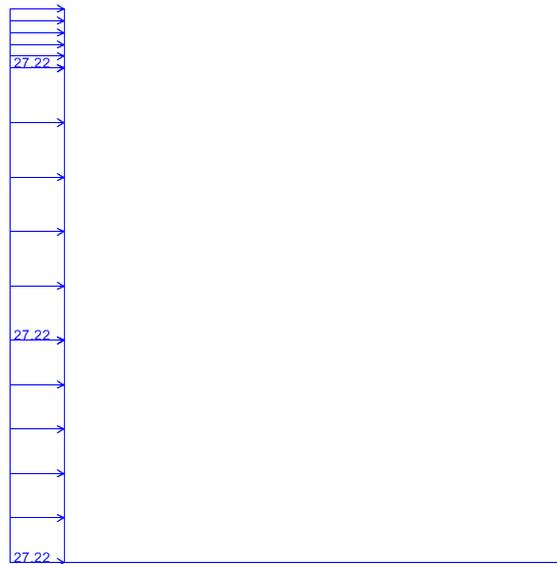


Figura 39 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

### 11.3 Combinazioni di calcolo

Le azioni impiegate nella definizione delle combinazioni di carico sono riepilogate nella Tabella 1.

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
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 accidentalesul piedritto sinistro	spinta_q1k_sx
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario agente sulla soletta inferiore	acc_inf
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_H
incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma	sovraspinta_sismica
spinta dell'acqua sul piedritto sinistro	spinta_acqua_sx
spinta dell'acqua sul piedritto destro	spinta_acqua_dx

*Tabella 1 – Riepilogo carichi.*

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	1.35	1.35	1	1	1.35	1.35	1	1.35
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1.35	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1.35	1	1
spinta_sx_k0	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_q1k_sx	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	1.35
acc_inf	0	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
spinta_acqua sx	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_acqua dx	1	1	1	1	1	1	1	1

*Tabella 2 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche.*

combinazioni di carico agli SLV			
	sis1	sis2	sis3
DEAD	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1
ballast	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	67 di 103

Relazione di calcolo

spinta_q1k_sx	0	0	0
acc_inf	0	0	0.2
sisma_H	1	0.3	1
sovraspinta_sismica	1	0.3	1
spinta_acqua sx	1	1	1
spinta_acqua dx	1	1	1

*Tabella 3 – Combinazioni di carico agli SLV*

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	68 di 103

Relazione di calcolo

combinazioni di carico agli SLE												
	rar1	rar2	rar3	rar4	rar5	rar6	rar7	fre1	fre2	fre3	qpe1	qpe2
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	1	0.8	1	1	0.8
spinta_q1k_sx	1	1	1	0.75	1	1	1	0.75	0.75	0	0	0
acc_inf	0	0.8	0.8	1	0	0.8	0.8	0	0	0.8	0	0
spinta_acqua sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_acqua dx	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	1	0.8	1	1	0.8

Tabella 4 – Combinazioni di carico agli SLE.

## 11.4 Risultati e verifiche

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.

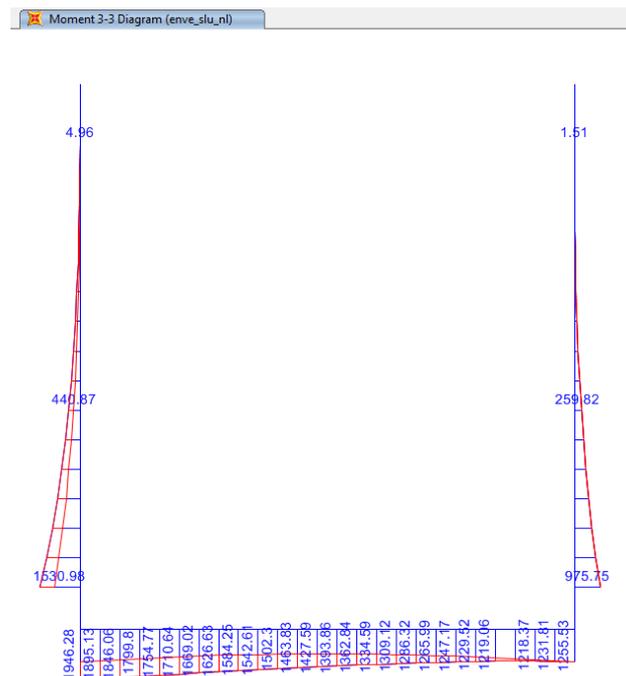


Figura 40 – Momento flettente enve-SLU.

TR14: Muro ad U MU69

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	69 di 103

Shear Force 2-2 Diagram (enve\_slu\_n1)

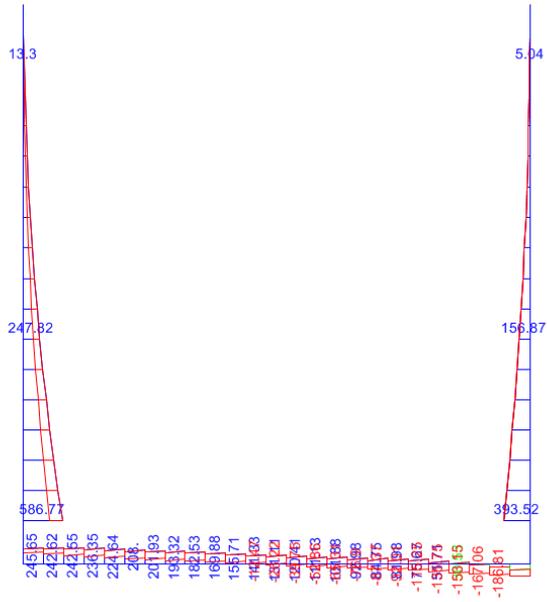


Figura 41 – Taglio enve-SLU.

Moment 3-3 Diagram (enve\_slus\_n1)

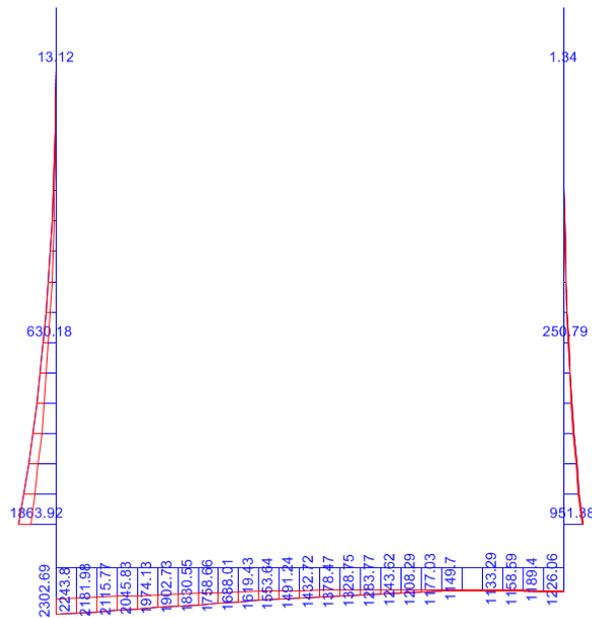


Figura 42 – Momento flettente enve-SLV.



TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	71 di 103

Relazione di calcolo

### 11.4.1 Verifica piedritti s.1.2m

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	SLV	-171.95	627.89	<b>1863.92</b>	1	0.65	sis1_nl
M3	min		-90.97	143.77	<b>229.72</b>	4	3.35	sis1_nl
V2	max		-171.95	<b>627.89</b>	1863.92	1	0.65	sis1_nl
V2	min		-90.97	<b>143.77</b>	229.72	4	3.35	sis1_nl
P	max		<b>-90.97</b>	306.08	630.18	1	3.35	sis1_nl
P	min		<b>-171.95</b>	627.89	1863.92	1	0.65	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-232.13	586.77	<b>1530.98</b>	1	0.65	slu2_nl
M3	min		-122.81	156.87	<b>259.82</b>	1	3.35	slu1_nl
V2	max		-232.13	<b>586.77</b>	1530.98	1	0.65	slu2_nl
V2	min		-122.81	<b>156.87</b>	259.82	1	3.35	slu1_nl
P	max		<b>-90.97</b>	247.82	440.87	1	3.35	slu3_nl
P	min		<b>-232.13</b>	393.52	975.75	1	0.65	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-171.95	434.64	<b>1134.06</b>	1	0.65	rar1_nl
M3	min		-90.97	125.50	<b>207.86</b>	4	3.35	rar5_nl
V2	max		-171.95	<b>434.64</b>	1134.06	1	0.65	rar1_nl
V2	min		-90.97	<b>125.50</b>	207.86	4	3.35	rar5_nl
P	max		<b>-90.97</b>	183.57	326.57	1	3.35	rar1_nl
P	min		<b>-171.95</b>	434.64	1134.06	1	0.65	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-171.95	424.36	<b>1094.48</b>	1	0.65	fre1_nl
M3	min		-90.97	125.50	<b>207.86</b>	4	3.35	fre2_nl
V2	max		-171.95	<b>424.36</b>	1094.48	1	0.65	fre1_nl
V2	min		-90.97	<b>125.50</b>	207.86	4	3.35	fre2_nl
P	max		<b>-90.97</b>	176.90	309.89	1	3.35	fre1_nl
P	min		<b>-171.95</b>	424.36	1094.48	1	0.65	fre1_nl

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	72 di 103

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-171.95	393.52	<b>975.75</b>	1	0.65	qpe1_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	-90.97	125.50	<b>207.86</b>	4	3.35	qpe2_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>		-171.95	<b>393.52</b>	975.75	1	0.65	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>		-90.97	<b>125.50</b>	207.86	4	3.35	qpe2_nl
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-90.97</b>	156.87	259.82	1	3.35	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-171.95</b>	393.52	975.75	1	0.65	qpe1_nl

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	73 di 103

Relazione di calcolo

### 11.4.1.1 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:

$V_{Ed}$  **628** kN

$N_{Ed}$  **172** kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  **37** N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  **1200** mm

Copriferro

$c$  **83** mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  **1000** mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  1117 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  1200000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  **15**

$\emptyset$  **26** mm

$A_{sl}$  7959.9 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0071 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.1433 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

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

$k$  1.42 ≤ 2 **ok**

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

$v_{\min}$  0.25

$V_{Rd}$  557.59 kN

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**NON VERIFICATA**

La sezione necessita di armatura resistente a taglio.

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	74 di 103

Relazione di calcolo

## Condizioni statiche

### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe  
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	58677	444880	63617	115.0	100.0	1.000	1.011	14.5	15.7(0.0)
2	S	15687	442523	63617	115.0	100.0	1.000	1.006	3.9	15.7(0.0)
3	S	58677	444880	63617	115.0	100.0	1.000	1.011	14.5	15.7(0.0)
4	S	15687	442523	63617	115.0	100.0	1.000	1.006	3.9	15.7(0.0)
5	S	24782	441837	63617	115.0	100.0	1.000	1.004	6.1	15.7(0.0)
6	S	39352	444880	63617	115.0	100.0	1.000	1.011	9.7	15.7(0.0)

## Condizioni sismiche

### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe  
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	62789	443583	63617	115.0	100.0	1.000	1.008	15.5	15.7(0.0)
2	S	14377	441837	63617	115.0	100.0	1.000	1.004	3.5	15.7(0.0)
3	S	30608	441837	63617	115.0	100.0	1.000	1.004	7.6	15.7(0.0)

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	75 di 103

Relazione di calcolo

### 11.4.1.2 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 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:	C30/37	
Resis. compr. di progetto fcd:	170.00	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd':	85.00	daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. 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 tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	-45.0	111.7	26
3	45.0	111.7	26

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	76 di 103

Relazione di calcolo

4	45.0	8.3	26
5	-45.0	16.0	26
6	45.0	16.0	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26
3	5	6	3	26

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	23213	153098	0	58677	0
2	12281	25982	0	15687	0
3	23213	153098	0	58677	0
4	12281	25982	0	15687	0
5	9097	44087	0	24782	0
6	23213	97575	0	39352	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	17195	113406	0
2	9097	20786	0
3	9097	32657	0

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

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	77 di 103

Relazione di calcolo

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	17195	109448 (99284)	0 (0)
2	9097	20786 (106187)	0 (0)
3	9097	30989 (102526)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	17195	97575 (99726)	0 (0)
2	9097	20786 (106187)	0 (0)
3	9097	25982 (103933)	0 (0)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 2.7 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	23213	153098	0	23231	331143	0	2.16	79.6(24.0)
2	S	12281	25982	0	12305	325637	0	12.44	79.6(24.0)
3	S	23213	153098	0	23231	331143	0	2.16	79.6(24.0)
4	S	12281	25982	0	12305	325637	0	12.44	79.6(24.0)
5	S	9097	44087	0	9087	324015	0	7.33	79.6(24.0)
6	S	23213	97575	0	23231	331143	0	3.38	79.6(24.0)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	78 di 103

Relazione di calcolo

es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 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 compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.123	50.0	120.0	0.00138	45.0	111.7	-0.02505	-45.0	8.3
2	0.00350	0.119	50.0	120.0	0.00132	45.0	111.7	-0.02581	-45.0	8.3
3	0.00350	0.123	50.0	120.0	0.00138	45.0	111.7	-0.02505	-45.0	8.3
4	0.00350	0.119	50.0	120.0	0.00132	45.0	111.7	-0.02581	-45.0	8.3
5	0.00350	0.119	50.0	120.0	0.00131	45.0	111.7	-0.02603	-45.0	8.3
6	0.00350	0.123	50.0	120.0	0.00138	45.0	111.7	-0.02505	-45.0	8.3

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000255554	-0.027166529	0.123	0.700
2	0.000000000	0.000262402	-0.027988277	0.119	0.700
3	0.000000000	0.000255554	-0.027166529	0.123	0.700
4	0.000000000	0.000262402	-0.027988277	0.119	0.700
5	0.000000000	0.000264401	-0.028228138	0.119	0.700
6	0.000000000	0.000255554	-0.027166529	0.123	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	49.0	-50.0	120.0	-1401	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	9.4	-50.0	120.0	-224	35.0	8.3	2550	79.6
3	S	14.4	50.0	120.0	-380	35.0	8.3	2650	79.6

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	79 di 103

Relazione di calcolo

Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00078	0	0.500	26.0	70	0.00042 (0.00042)	388	0.163 (0.20)	99158	0
2	S	-0.00013	0	0.500	26.0	70	0.00007 (0.00007)	380	0.025 (0.20)	106187	0
3	S	-0.00021	0	0.500	26.0	70	0.00011 (0.00011)	385	0.044 (0.20)	102159	0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	47.4	-50.0	120.0	-1349	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	9.4	-50.0	120.0	-224	35.0	8.3	2550	79.6
3	S	13.7	-50.0	120.0	-358	35.0	8.3	2650	79.6

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00075	0	0.500	26.0	70	0.00040 (0.00040)	388	0.157 (0.20)	99284	0
2	S	-0.00013	0	0.500	26.0	70	0.00007 (0.00007)	380	0.025 (0.20)	106187	0
3	S	-0.00020	0	0.500	26.0	70	0.00011 (0.00011)	385	0.041 (0.20)	102526	0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	42.4	50.0	120.0	-1192	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	9.4	-50.0	120.0	-224	35.0	8.3	2550	79.6
3	S	11.6	50.0	120.0	-292	35.0	8.3	2600	79.6

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00066	0	0.500	26.0	70	0.00036 (0.00036)	388	0.141 (0.20)	99726	0
2	S	-0.00013	0	0.500	26.0	70	0.00007 (0.00007)	380	0.025 (0.20)	106187	0
3	S	-0.00016	0	0.500	26.0	70	0.00009 (0.00009)	382	0.033 (0.20)	103933	0

### 11.4.1.3 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 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: C30/37

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	80 di 103

Relazione di calcolo

Resis. compr. di progetto fcd:	170.00	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd':	85.00	daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. 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 tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	-45.0	111.7	26
3	45.0	111.7	26
4	45.0	8.3	26
5	-45.0	16.0	26
6	45.0	16.0	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26
3	5	6	3	26

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 10.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	17195	186392	0	62789	0
2	9097	22972	0	14377	0
3	9097	63018	0	30608	0

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.1 cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.7 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	17195	186392	0	17183	302621	0	1.62	79.6(24.0)
2	S	9097	22972	0	9110	299164	0	12.94	79.6(24.0)
3	S	9097	63018	0	9110	299164	0	4.74	79.6(24.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
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)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
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 compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00093	0.323	50.0	120.0	0.00072	45.0	111.7	-0.00196	-45.0	8.3
2	0.00092	0.319	50.0	120.0	0.00070	45.0	111.7	-0.00196	-45.0	8.3
3	0.00092	0.319	50.0	120.0	0.00070	45.0	111.7	-0.00196	-45.0	8.3



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)  
OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	82 di 103

Relazione di calcolo

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d          Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid.        Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000025876	-0.002171270	0.323	0.844
2	0.000000000	0.000025728	-0.002170041	0.319	0.839
3	0.000000000	0.000025728	-0.002170041	0.319	0.839

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	83 di 103

Relazione di calcolo

### 11.4.2 Verifica piedritti s.0.8m

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	SLV	-90.97	306.08	<b>630.18</b>	2	0.00	sis1_nl
M3	min		-9.00	3.75	<b>0.93</b>	5	4.10	sis3_nl
V2	max		-90.97	<b>306.08</b>	630.18	2	0.00	sis1_nl
V2	min		-9.00	<b>3.75</b>	0.93	5	4.10	sis1_nl
P	max		<b>-9.00</b>	30.84	13.12	2	4.10	sis1_nl
P	min		<b>-90.97</b>	306.08	630.18	2	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-122.81	247.82	<b>440.87</b>	2	0.00	slu2_nl
M3	min		-12.15	5.05	<b>1.51</b>	5	4.10	slu1_nl
V2	max		-122.81	<b>247.82</b>	440.87	2	0.00	slu2_nl
V2	min		-12.15	<b>5.04</b>	1.51	2	4.10	slu1_nl
P	max		<b>-9.00</b>	13.30	4.96	2	4.10	slu3_nl
P	min		<b>-122.81</b>	156.87	259.82	2	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-90.97	183.57	<b>326.57</b>	2	0.00	rar1_nl
M3	min		-9.00	4.04	<b>1.21</b>	5	4.10	rar5_nl
V2	max		-90.97	<b>183.57</b>	326.57	2	0.00	rar1_nl
V2	min		-9.00	<b>4.04</b>	1.21	5	4.10	rar5_nl
P	max		<b>-9.00</b>	9.85	3.68	2	4.10	rar1_nl
P	min		<b>-90.97</b>	183.57	326.57	2	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-90.97	176.90	<b>309.89</b>	2	0.00	fre1_nl
M3	min		-9.00	4.04	<b>1.21</b>	5	4.10	fre2_nl
V2	max		-90.97	<b>176.90</b>	309.89	2	0.00	fre1_nl
V2	min		-9.00	<b>4.04</b>	1.21	5	4.10	fre2_nl
P	max		<b>-9.00</b>	8.65	3.14	2	4.10	fre1_nl
P	min		<b>-90.97</b>	176.90	309.89	2	0.00	fre1_nl

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	84 di 103

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-90.97	156.87	<b>259.82</b>	2	0.00	qpe1_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	-9.00	4.04	<b>1.21</b>	5	4.10	qpe2_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>		-90.97	<b>156.87</b>	259.82	2	0.00	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>		-9.00	<b>4.04</b>	1.21	5	4.10	qpe2_nl
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-9.00</b>	5.05	1.51	2	4.10	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-90.97</b>	156.87	259.82	2	0.00	qpe1_nl

#### 11.4.2.1 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:

$V_{Ed}$  306 kN  
 $N_{Ed}$  91 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  37 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  800 mm

Copriferro

$c$  83 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  717 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  800000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  10

$\emptyset$  26 mm

$A_{sl}$  5306.6 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0074 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.1138 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

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

$k$  1.53 ≤ 2 **ok**

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$  0.26

$V_{Rd}$  384.68 kN

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

La sezione non necessita di armatura resistente a taglio.

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	85 di 103

Relazione di calcolo

## Condizioni statiche

### VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
 Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 d Altezza utile sezione [cm]  
 bw Larghezza minima sezione [cm]  
 Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]  
 Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm<sup>2</sup>]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	24782	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2
2	S	505	37124	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	1330	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
4	S	15687	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2

## Condizioni sismiche

### VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
 Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 d Altezza utile sezione [cm]  
 bw Larghezza minima sezione [cm]  
 Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]  
 Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm<sup>2</sup>]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	30608	38184	71.7	100.0	0.0074	0.1
2	S	375	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	3084	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0

### 11.4.2.2 Verifica in condizioni statiche

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

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:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	86 di 103

Relazione di calcolo

Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	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. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	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	12281	44087	24782	0
2	1215	151	505	0
3	900	496	1330	0
4	12281	25982	15687	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	9097	32657
2	900	121

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
---	--

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	87 di 103

Relazione di calcolo

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	9097	30989 (42665)
2	900	121 (0)
3	900	314 (68244)

### 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	9097	25982 (43020)
2	900	121 (0)
3	900	151 (244631)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 3.7 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	12281	44087	12255	141083	3.188	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)
2	S	1215	151	1216	137669	787.117	68.5	0.16	0.70	53.1 (12.0)
3	S	900	496	881	137566	267.813	68.6	0.16	0.70	53.1 (12.0)
4	S	12281	25982	12255	141083	5.389	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)

#### 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	80.0	0.00106	71.7	-0.01759	8.3
2	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01840	8.3

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	88 di 103

Relazione di calcolo

3	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01843	8.3
4	0.00350	80.0	0.00106	71.7	-0.01759	8.3

#### 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	35.3	80.0	0.0	53.3	-893	71.7	17.8	1779	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	0	71.7	0.0	2500	0.0	0.0

#### 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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ 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	-0.00053	0.00026	0.50	0.60	0.000268 (0.000268)	386	0.103 (0.20)	42572
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0

#### 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	33.5	80.0	0.0	53.2	-843	71.7	17.8	1775	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	0	71.7	0.0	2500	0.0	0.0
3	S	0.3	80.0	0.0	22.3	-3	71.7	10.3	1034	53.1	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	-0.00050	0.00025	0.50	0.60	0.000253 (0.000253)	386	0.098 (0.20)	42665
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	324	0.000 (0.20)	68244

#### 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	28.2	80.0	0.0	52.8	-695	71.7	17.6	1763	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	0	71.7	0.0	2500	0.0	0.0
3	S	0.2	80.0	0.0	6.0	0	71.7	2.2	223	53.1	9.3

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	89 di 103

Relazione di calcolo

### 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	-0.00041	0.00021	0.50	0.40	0.000208 (0.000208)	385	0.080 (0.20)	43020
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	257	0.000 (0.20)	244631

#### 11.4.2.3 Verifica in condizioni sismiche

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

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:	Rettangolare
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:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm <sup>2</sup>
ACCIAIO -	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Tipo:	B450C
ACCIAIO -	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:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	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
---------	---	----	----	----

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	90 di 103

Relazione di calcolo

1	9097	63018	30608	0
2	900	93	375	0
3	900	1312	3084	0

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.7	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 $\geq 1.000$
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]: 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	9097	63018	9111	133892	2.121	55.2	0.35	0.87	53.1 (12.0)
2	S	900	93	895	131602	1188.668	55.6	0.34	0.86	53.1 (12.0)
3	S	900	1312	895	131602	98.982	55.6	0.34	0.86	53.1 (12.0)

### 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	0.00103	80.0	0.00069	71.7	-0.00196	8.3
2	0.00101	80.0	0.00066	71.7	-0.00196	8.3
3	0.00101	80.0	0.00066	71.7	-0.00196	8.3

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	91 di 103

Relazione di calcolo

### 11.4.3 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	SLV	-822.99	210.94	<b>2181.98</b>	401	0.00	sis1_nl
M3	min		-632.20	13.15	<b>1083.56</b>	415	0.30	sis2_nl
V2	max		-822.99	<b>254.00</b>	1826.95	405	0.30	sis1_nl
V2	min		-632.20	<b>-94.06</b>	1133.29	421	0.00	sis2_nl
P	max		<b>-632.20</b>	146.38	1470.50	401	0.00	sis2_nl
P	min		<b>-822.99</b>	210.94	2181.98	401	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-807.97	144.43	<b>1846.06</b>	401	0.00	slu4_nl
M3	min		-550.44	24.47	<b>934.99</b>	410	0.30	slu1_nl
V2	max		-807.97	<b>242.55</b>	1734.41	401	0.30	slu2_nl
V2	min		-550.44	<b>-153.15</b>	1110.80	421	0.00	slu1_nl
P	max		<b>-550.44</b>	131.81	1152.64	401	0.00	slu1_nl
P	min		<b>-807.97</b>	219.64	1803.74	401	0.00	slu2_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-598.50	101.59	<b>1361.64</b>	401	0.00	rar2_nl
M3	min		-598.50	16.08	<b>902.42</b>	417	0.30	rar5_nl
V2	max		-598.50	<b>166.74</b>	1295.46	401	0.30	rar5_nl
V2	min		-598.50	<b>-107.70</b>	1152.77	421	0.00	rar1_nl
P	max		<b>-586.48</b>	15.47	1148.05	410	0.00	rar4_nl
P	min		<b>-598.50</b>	127.83	1350.83	401	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-586.48	121.91	<b>1306.96</b>	401	0.00	fre1_nl
M3	min		-586.48	15.84	<b>894.83</b>	416	0.30	fre2_nl
V2	max		-586.48	<b>160.82</b>	1253.37	401	0.30	fre2_nl
V2	min		-586.48	<b>-111.30</b>	1150.16	421	0.00	fre1_nl
P	max		<b>-550.44</b>	77.92	1186.17	401	0.00	fre3_nl
P	min		<b>-586.48</b>	121.91	1306.96	401	0.00	fre1_nl

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	92 di 103

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-550.44	-102.60	<b>1176.03</b>	421	0.30	qpe1_nl
M3	min	QPE	-550.44	17.42	<b>863.82</b>	414	0.30	qpe2_nl
V2	max		-550.44	<b>143.07</b>	1127.09	401	0.30	qpe2_nl
V2	min		-550.44	<b>-122.09</b>	1142.32	421	0.00	qpe1_nl
P	max		<b>-550.44</b>	104.16	1175.35	401	0.00	qpe1_nl
P	min		<b>-550.44</b>	104.16	1175.35	401	0.00	qpe1_nl

### 11.4.3.1 Verifica a taglio

<b>Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</b>			
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:		$V_{Ed}$	<b>254 kN</b>
		$N_{Ed}$	<b>823 kN</b>
Calcestruzzo	<b>C30/37</b>	$R_{ck}$	<b>37 N/mm<sup>2</sup></b>
		$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		$f_{cd}$	17.40 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo		$\gamma_c$	1.5
Altezza sezione		h	<b>1300 mm</b>
Copriferro		c	<b>83 mm</b>
Larghezza minima della sezione (in mm)		$b_w$	<b>1000 mm</b>
Altezza utile della sezione (in mm)		d	1217 mm
Area Calcestruzzo		$A_c$	1300000 mm <sup>2</sup>
Armatura longitudinale tesa	n	$\varnothing$	<b>15</b> <b>26 mm</b>
		$A_{sl}$	7959.9 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico di armatura longitudinale		$\rho_1$	0.0065 ≤ 0.02 <b>ok</b>
Tensione media di compressione nella sezione		$\sigma_{cp}$	0.6331 ≤ 0.2 $f_{cd}$ <b>ok</b>
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		k	1.41 ≤ 2 <b>ok</b>
$v_{min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$		$v_{min}$	0.24
		$V_{Rd}$	673.48 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

La sezione non necessita di armatura resistente a taglio.

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	93 di 103

Relazione di calcolo

### Condizioni statiche

#### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
 Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 d Altezza utile sezione [cm]  
 bw Larghezza minima sezione [cm]  
 Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]  
 Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm<sup>2</sup>]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	14443	67801	125.0	100.0	0.0064	0.6
2	S	2447	64087	125.0	100.0	0.0064	0.4
3	S	24255	67801	125.0	100.0	0.0064	0.6
4	S	15315	64087	125.0	100.0	0.0064	0.4
5	S	13181	64087	125.0	100.0	0.0064	0.4
6	S	21964	67801	125.0	100.0	0.0064	0.6

### Condizioni sismiche

#### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
 Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 d Altezza utile sezione [cm]  
 bw Larghezza minima sezione [cm]  
 Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]  
 Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm<sup>2</sup>]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	21094	68018	125.0	100.0	0.0064	0.6
2	S	1315	65266	125.0	100.0	0.0064	0.5
3	S	25400	68018	125.0	100.0	0.0064	0.6
4	S	9406	65266	125.0	100.0	0.0064	0.5
5	S	14638	65266	125.0	100.0	0.0064	0.5
6	S	21094	68018	125.0	100.0	0.0064	0.6

### 11.4.3.2 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 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: C30/37  
 Resis. compr. di progetto fcd: 170.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	94 di 103

Relazione di calcolo

Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. 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 tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	-45.0	121.7	26
3	45.0	121.7	26
4	45.0	8.3	26
5	-45.0	16.0	26
6	45.0	16.0	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26
3	5	6	3	26

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	95 di 103

Relazione di calcolo

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	80797	184606	0	14443	0
2	55044	93499	0	2447	0
3	80797	173441	0	24255	0
4	55044	111080	0	-15315	0
5	55044	115264	0	13181	0
6	80797	180374	0	21964	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	59850	136164	0
2	59850	90242	0
3	59850	129546	0
4	59850	115277	0
5	58648	114805	0
6	59850	135083	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	58648	130696 (124418)	0 (0)
2	58648	89483 (131817)	0 (0)
3	58648	125337 (125070)	0 (0)
4	58648	115016 (126520)	0 (0)
5	55044	118617 (124938)	0 (0)
6	58648	130696 (124418)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	55044	117603 (125074)	0 (0)
2	55044	86382 (131130)	0 (0)
3	55044	112709 (125772)	0 (0)

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	96 di 103

Relazione di calcolo

4	55044	114232 (125548)	0 (0)
5	55044	117535 (125083)	0 (0)
6	55044	117535 (125083)	0 (0)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	80797	184606	0	80781	394987	0	2.13	79.6(21.8)
2	S	55044	93499	0	55052	380974	0	4.04	79.6(21.8)
3	S	80797	173441	0	80781	394987	0	2.27	79.6(21.8)
4	S	55044	111080	0	55052	380974	0	3.41	79.6(21.8)
5	S	55044	115264	0	55052	380974	0	3.28	79.6(21.8)
6	S	80797	180374	0	80781	394987	0	2.18	79.6(21.8)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.129	-50.0	130.0	0.00166	45.0	121.7	-0.02355	-45.0	8.3
2	0.00350	0.122	-50.0	130.0	0.00154	45.0	121.7	-0.02529	-45.0	8.3
3	0.00350	0.129	-50.0	130.0	0.00166	45.0	121.7	-0.02355	-45.0	8.3
4	0.00350	0.122	-50.0	130.0	0.00154	45.0	121.7	-0.02529	-45.0	8.3
5	0.00350	0.122	-50.0	130.0	0.00154	45.0	121.7	-0.02529	-45.0	8.3
6	0.00350	0.129	-50.0	130.0	0.00166	45.0	121.7	-0.02355	-45.0	8.3

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
--------	---	---	---	-----	--------

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	97 di 103

Relazione di calcolo

1	0.000000000	0.000222254	-0.025393078	0.129	0.700
2	0.000000000	0.000236588	-0.027256385	0.122	0.700
3	0.000000000	0.000222254	-0.025393078	0.129	0.700
4	0.000000000	0.000236588	-0.027256385	0.122	0.700
5	0.000000000	0.000236588	-0.027256385	0.122	0.700
6	0.000000000	0.000222254	-0.025393078	0.129	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	53.7	-50.0	130.0	-1303	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	36.6	-50.0	130.0	-757	35.0	8.3	2650	79.6
3	S	51.3	-50.0	130.0	-1224	35.0	8.3	2700	79.6
4	S	45.9	50.0	130.0	-1054	35.0	8.3	2700	79.6
5	S	45.7	-50.0	130.0	-1054	35.0	8.3	2700	79.6
6	S	53.3	-50.0	130.0	-1290	35.0	8.3	2700	79.6

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max \* (e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00072	0	0.500	26.0	70	0.00039 (0.00039)	388	0.152 (0.20)	124108	0
2	S	-0.00042	0	0.500	26.0	70	0.00023 (0.00023)	385	0.087 (0.20)	132114	0
3	S	-0.00068	0	0.500	26.0	70	0.00037 (0.00037)	388	0.142 (0.20)	124868	0
4	S	-0.00059	0	0.500	26.0	70	0.00032 (0.00032)	388	0.123 (0.20)	126845	0
5	S	-0.00059	0	0.500	26.0	70	0.00032 (0.00032)	388	0.123 (0.20)	126553	0
6	S	-0.00072	0	0.500	26.0	70	0.00039 (0.00039)	388	0.150 (0.20)	124227	0

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	51.6	-50.0	130.0	-1244	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	36.2	-50.0	130.0	-754	35.0	8.3	2650	79.6
3	S	49.6	50.0	130.0	-1180	35.0	8.3	2700	79.6
4	S	45.8	-50.0	130.0	-1057	35.0	8.3	2700	79.6

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	98 di 103

Relazione di calcolo

5	S	46.9	50.0	130.0	-1119	35.0	8.3	2700	79.6
6	S	51.6	-50.0	130.0	-1244	35.0	8.3	2700	79.6

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00069	0	0.500	26.0	70	0.00037 (0.00037)	388	0.145 (0.20)	124418	0
2	S	-0.00042	0	0.500	26.0	70	0.00023 (0.00023)	385	0.087 (0.20)	131817	0
3	S	-0.00066	0	0.500	26.0	70	0.00035 (0.00035)	388	0.137 (0.20)	125070	0
4	S	-0.00059	0	0.500	26.0	70	0.00032 (0.00032)	388	0.123 (0.20)	126520	0
5	S	-0.00062	0	0.500	26.0	70	0.00034 (0.00034)	388	0.130 (0.20)	124938	0
6	S	-0.00069	0	0.500	26.0	70	0.00037 (0.00037)	388	0.145 (0.20)	124418	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	46.6	-50.0	130.0	-1107	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	34.9	-50.0	130.0	-736	35.0	8.3	2650	79.6
3	S	44.7	-50.0	130.0	-1049	45.0	8.3	2700	79.6
4	S	45.3	-50.0	130.0	-1067	35.0	8.3	2700	79.6
5	S	46.5	-50.0	130.0	-1106	35.0	8.3	2700	79.6
6	S	46.5	-50.0	130.0	-1106	35.0	8.3	2700	79.6

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00062	0	0.500	26.0	70	0.00033 (0.00033)	388	0.129 (0.20)	125074	0
2	S	-0.00041	0	0.500	26.0	70	0.00022 (0.00022)	385	0.085 (0.20)	131130	0
3	S	-0.00058	0	0.500	26.0	37	0.00031 (0.00031)	276	0.087 (0.20)	125772	0
4	S	-0.00059	0	0.500	26.0	70	0.00032 (0.00032)	388	0.124 (0.20)	125548	0
5	S	-0.00061	0	0.500	26.0	70	0.00033 (0.00033)	388	0.129 (0.20)	125083	0
6	S	-0.00061	0	0.500	26.0	70	0.00033 (0.00033)	388	0.129 (0.20)	125083	0

**11.4.3.3 Verifica in condizioni sismiche**
**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
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:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm <sup>2</sup>

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	99 di 103

Relazione di calcolo

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. 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 tensione-deformaz.:	Bilineare finito

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	-45.0	121.7	26
3	45.0	121.7	26
4	45.0	8.3	26
5	-45.0	16.0	26
6	45.0	16.0	26

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26
3	5	6	3	26

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	82299	218198	0	21094	0
2	63220	108356	0	1315	0
3	82299	182695	0	25400	0
4	63220	113329	0	-9406	0

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	100 di 103

Relazione di calcolo

5	63220	147050	0	14638	0
6	82299	218198	0	21094	0

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	82299	218198	0	82323	362883	0	1.66	79.6(21.8)
2	S	63220	108356	0	63219	354203	0	3.24	79.6(21.8)
3	S	82299	182695	0	82323	362883	0	1.98	79.6(21.8)
4	S	63220	113329	0	63219	354203	0	3.10	79.6(21.8)
5	S	63220	147050	0	63219	354203	0	2.40	79.6(21.8)
6	S	82299	218198	0	82323	362883	0	1.66	79.6(21.8)

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere  $< 0.45$   
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00101	0.341	-50.0	130.0	0.00081	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
2	0.00098	0.333	-50.0	130.0	0.00078	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
3	0.00101	0.341	-50.0	130.0	0.00081	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
4	0.00098	0.333	-50.0	130.0	0.00078	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
5	0.00098	0.333	-50.0	130.0	0.00078	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
6	0.00101	0.341	-50.0	130.0	0.00081	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000024412	-0.002159123	0.341	0.867

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR14: Muro ad U MU69  Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 69 0 0 001	REV. B

2	0.000000000	0.000024115	-0.002156657	0.333	0.857
3	0.000000000	0.000024412	-0.002159123	0.341	0.867
4	0.000000000	0.000024115	-0.002156657	0.333	0.857
5	0.000000000	0.000024115	-0.002156657	0.333	0.857
6	0.000000000	0.000024412	-0.002159123	0.341	0.867

## 12. VERIFICA A SOLLEVAMENTO

Si riporta di seguito la verifica nei confronti dello stato limite di sollevamento (UPL) secondo il par. 6.2.4.2 delle NTC2018.

La quota di falda di progetto assunta nel calcolo è pari a – 4.25 m rispetto al p.c.

Nel considerare le forze resistenti al sollevamento è stato preso in conto il contributo del peso proprio della struttura e, se presente, del peso del riempimento gravante sulla soletta.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante  $V_{inst,d}$ , combinazioni di azioni permanenti ( $G_{inst,d}$ ) e variabili ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ).

$$G_{inst,d} + Q_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$$

Si riportano di seguito i coefficienti parziali.

Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_G$ )	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(a)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

<sup>(a)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{q1}$

Nel caso in esame si deve quindi verificare che:

$$\gamma_{G1,w} * S_w \leq \gamma_{G1,pp} * (W_{cls} + W_r)$$

in cui:

$$\gamma_{G1,w} = 1.1 \quad \gamma_{G1,pp} = 0.9 \quad S_w = \gamma_w * H_w * L$$

con  $H_w$  differenza di quota tra superficie piezometrica e fondo scavo e  $L$  lunghezza trasversale della soletta inferiore.

A seguire si riporta la verifica delle 2 sezioni.

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	102 di 103

Relazione di calcolo

**MURO AD U TIPO 1**

$h_{netta}$	<b>7.70</b> m	altezza interna U
$L_1$	<b>0.00</b> m	lunghezza sbalzi laterali
$L_2$	<b>8.70</b> m	lunghezza complessiva soletta inferiore
$S_{inf}$	<b>1.30</b> m	spessore soletta inferiore
$S_{pied1}$	<b>0.40</b> m	spessore piedritti tratto 1
$S_{pied2}$	<b>0.80</b> m	spessore piedritti tratto 2
$S_{pied3}$	<b>1.20</b> m	spessore piedritti tratto 3
$h_{pied1}$	<b>0.90</b> m	altezza piedritti tratto 1
$h_{pied2}$	<b>4.10</b> m	altezza piedritti tratto 2
$h_{pied3}$	<b>2.70</b> m	altezza piedritti tratto 3
$A$	25.07 m <sup>2</sup>	area sezione trasversale muro
$W_{pm}$	626.75 kN/m	peso sezione trasversale muro
$\gamma_r$	<b>25.00</b> kN/m <sup>3</sup>	peso specifico riempimento
$W_{pr}$	0.00 kN/m	peso riempimento su sbalzi soletta inferiore
$W_{stab,k}$	626.75 kN/m	azione stabilizzante di calcolo
$Y_{g1,fav}$	<b>0.9</b>	
$W_{stab,d}$	<b>564.08</b> kN/m	<b>azione stabilizzante di progetto</b>
$\gamma_w$	<b>10.00</b> kN/m <sup>3</sup>	peso specifico H <sub>2</sub> O
$H_w$	<b>4.75</b> m	altezza H <sub>2</sub> O da intradosso soletta inferiore
$L$	8.7 m	
$G_{inst,k}$	413.25 kN/m	azione instabilizzante di calcolo
$Y_{g1,fav}$	<b>1.1</b>	
$G_{inst,d}$	<b>454.58</b> kN/m	<b>azione instabilizzante di progetto</b>

TR14: Muro ad U MU69

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 69 0 0 001	B	103 di 103

Relazione di calcolo

MURO AD U TIPO 2		
$h_{netta}$	5.00 m	altezza interna U
$L_1$	0.00 m	lunghezza sbalzi laterali
$L_2$	8.70 m	lunghezza complessiva soletta inferiore
$s_{inf}$	0.80 m	spessore soletta inferiore
$s_{pied1}$	0.00 m	spessore piedritti tratto 1
$s_{pied2}$	0.40 m	spessore piedritti tratto 2
$s_{pied3}$	0.80 m	spessore piedritti tratto 3
$h_{pied1}$	0.00 m	altezza piedritti tratto 1
$h_{pied2}$	0.90 m	altezza piedritti tratto 2
$h_{pied3}$	4.10 m	altezza piedritti tratto 3
A	14.24 m <sup>2</sup>	area sezione trasversale muro
$W_{pm}$	356.00 kN/m	peso sezione trasversale muro
$\gamma_r$	25.00 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico riempimento
$W_{pr}$	0.00 kN/m	peso riempimento su sbalzi soletta inferiore
$W_{stab,k}$	356.00 kN/m	azione stabilizzante di calcolo
$Y_{g1,fav}$	0.9	
$W_{stab,d}$	320.40 kN/m	<b>azione stabilizzante di progetto</b>
$\gamma_w$	10.00 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico H <sub>2</sub> O
$H_w$	1.55 m	altezza H <sub>2</sub> O da intradosso soletta inferiore
L	8.7 m	
$G_{inst,k}$	134.85 kN/m	azione instabilizzante di calcolo
$Y_{g1,fav}$	1.1	
$G_{inst,d}$	148.34 kN/m	<b>azione instabilizzante di progetto</b>

La verifica risulta soddisfatta.