

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

Opere di sostegno di linea

TR02: Muro ad U MU02

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 26 CL MU0200 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Gen-2020	M.Salleolini 	Gen-2020	A.Barreca 	Gen-2020	F.Sacchi Apr-2020
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Apr-2020	M.Salleolini 	Apr-2020	A.Barreca 	Apr-2020	

File: RS3T.3.0.D.26.CL.MU.02.0.0.001.B

n. Elab.: 26_297

1. PREMESSA	5
2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	9
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	10
5. MATERIALI	11
5.1 CALCESTRUZZO MURI	11
5.2 ACCIAIO D'ARMATURA.....	11
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....	12
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	15
7.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	15
7.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	15
8. VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE – MURO DI SOSTEGNO.....	19
8.1.1 VERIFICA A SCORRIMENTO.....	21
8.1.2 VERIFICA A RIBALTAMENTO.....	22
8.1.3 VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE	22
8.1.4 VERIFICA A STABILITÀ GLOBALE	22
9. VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE – MURO DI SOSTEGNO.....	23
10. VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE).....	25
10.1.1 SPOSTAMENTI ATTESI IN CAMPO SLE	25
11. VERIFICHE STRUTTURALI SLU	27
11.1 CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.....	27
11.2 VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE	27
11.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO.....	27
12. VERIFICHE STRUTTURALI (SLE)	30
12.1 VERIFICHE ALLE TENSIONI.....	30

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	2 di 145

12.2	VERIFICHE A FESSURAZIONE	31
13.	MURO AD U TIPO 1 H _{MAX} =9.45M.....	33
13.1	MODELLAZIONE SEMPLIFICATA.....	33
13.2	MODELLAZIONE ADOTTATA	35
13.3	ANALISI DEI CARICHI	36
13.3.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA	36
13.3.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI.....	36
13.3.3	BALLAST.....	37
13.3.4	SPINTA DEL TERRENO E DELL'ACQUA.....	39
13.3.5	SOVRACCARICO FERROVIARIO SU SOLETTA INFERIORE.....	42
13.3.6	SOVRACCARICO ACCIDENTALE A TERGO DELL'OPERA	44
13.3.7	AZIONE SISMICA.....	45
13.4	COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	48
13.5	RISULTATI E VERIFICHE.....	50
13.5.1	VERIFICA PIEDRITTI S.1.2M	53
13.5.2	VERIFICA PIEDRITTI S.0.8M	60
13.5.3	VERIFICA SOLETTA INFERIORE	66
14.	MURO AD U TIPO 2 H _{MAX} =5.00M.....	75
14.1	MODELLAZIONE SEMPLIFICATA.....	75
14.2	MODELLAZIONE ADOTTATA	77
14.3	ANALISI DEI CARICHI	79
14.3.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA	79
14.3.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI.....	79
14.3.3	BALLAST.....	80
14.3.4	SPINTA DEL TERRENO E DELL'ACQUA.....	81
14.3.5	SOVRACCARICO FERROVIARIO SU SOLETTA INFERIORE.....	84
14.3.6	SOVRACCARICO ACCIDENTALE A TERGO DELL'OPERA	86

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14.3.7	AZIONE SISMICA.....	87
14.4	COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	90
14.5	RISULTATI E VERIFICHE.....	90
14.5.1	VERIFICA PIEDRITTI S.0.8M.....	92
14.5.2	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	98
15.	VERIFICA A SOLLEVAMENTO.....	105
16.	PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI CONTRORIPA "TIPO 1".....	108
16.1	DATI DI INPUT.....	108
17.	ANALISI DEI CARICHI.....	112
17.1	PESI PROPRI.....	112
17.2	CARICHI PERMANENTI.....	113
17.2.1	SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA.....	113
17.2.2	PARAPETTO METALLICO.....	113
17.2.3	SPINTA DEL TERRENO.....	113
	CALCOLO DELLE AZIONI.....	115
17.2.4	FORZE VERTICALI E INERZIALI.....	115
17.2.5	SPINTE IN CONDIZIONE STATICA.....	117
17.2.6	SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA +.....	118
17.2.7	SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -.....	119
17.3	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	120
17.3.1	VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE 120	
17.3.2	VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE 122	
17.3.3	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. DRENATE.....	126
17.3.4	VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE – C. NON DRENATE.....	130
17.3.5	VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE – C. NON DRENATE.....	132

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>4 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	4 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	4 di 145								

17.3.6	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. NON DRENATE.....	136
17.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	140
17.4.1	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	140
17.4.2	VERIFICHE SLU.....	142
17.4.3	VERIFICHE SLE TENSIONE.....	144
17.4.4	VERIFICHE SLE FESSURAZIONE.....	145

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento del muro ad U e del muro a mensola della trincea TR02 inquadrata all'interno dei lavori di costruzione della Direttiva Ferroviaria Messina – Catania – Palermo nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania, tratta Lercara dir. – Caltanissetta Xirbi (lotto 3).

Il muro a U si sviluppa dalla progressiva chilometrica 2+400 alla 2+450 per uno sviluppo complessivo di 50 m, mentre il muro a mensola si sviluppa dalla progressiva 2+450 alla progressiva 2+478, per uno sviluppo complessivo di 28 m.

Il muro di sostegno in dx MU03 che si sviluppa dal km 2+450 al km 2+478.

In Figura 1-1 è riportata la posizione planimetrica.

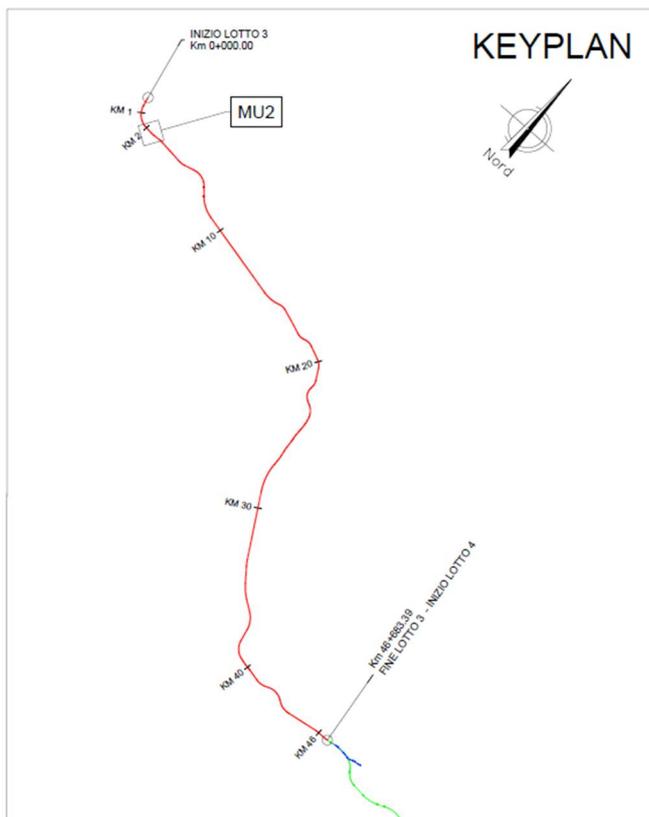


Figura 1-1 – Posizione planimetrica dell'opera MU02.

Per il muro a U sono state analizzate due sezioni rappresentative di tutto il comportamento della struttura.

La prima in Figura 1-2 è caratterizzata da un'altezza massima dei piedritti (distanza p.c. – estradosso soletta) di 9.45 m, con uno spessore variabile, pari a 1.20 m allo spiccato per 4.45 m, uno spessore pari a 0.80 m nelle sezioni seguenti e infine uno spessore di 0.40 m nella parte terminale del piedritto, per un tratto di 0.90 m. La soletta di fondo ha spessore di 1.30 m e larghezza di 14.40 m.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

L'opera in questione è stata armata nel seguente modo:

- 20+10 ϕ 26, con staffe ϕ 12/20 a 4 bracci, per piedritti con spessore $s= 1.2$ m (copriferro = 8.3 cm);
- 10+5 ϕ 26, per piedritti con spessore $s= 0.8$ m (copriferro = 8.3 cm);
- 22+10 ϕ 26, per soletta di fondazione con spessore $s= 1.3$ m (copriferro = 8.3 cm).

La seconda in Figura 1-3 invece presenta un'altezza massima dei piedritti (distanza p.c. – estradosso soletta) di 5.00 m, con uno spessore variabile, pari a 0.80 m allo spiccato e 0.40 m in sommità per gli ultimi 0.90 m. La soletta di fondo ha uno spessore pari a 0.80 m e una larghezza di 11.80 m.

L'opera in questione è stata armata nel seguente modo:

- 10+5 ϕ 26, per piedritti con spessore $s= 0.8$ m (copriferro = 8.3 cm);
- 10+10 ϕ 26, per soletta di fondazione con spessore $s= 0.8$ m (copriferro = 8.3 cm).

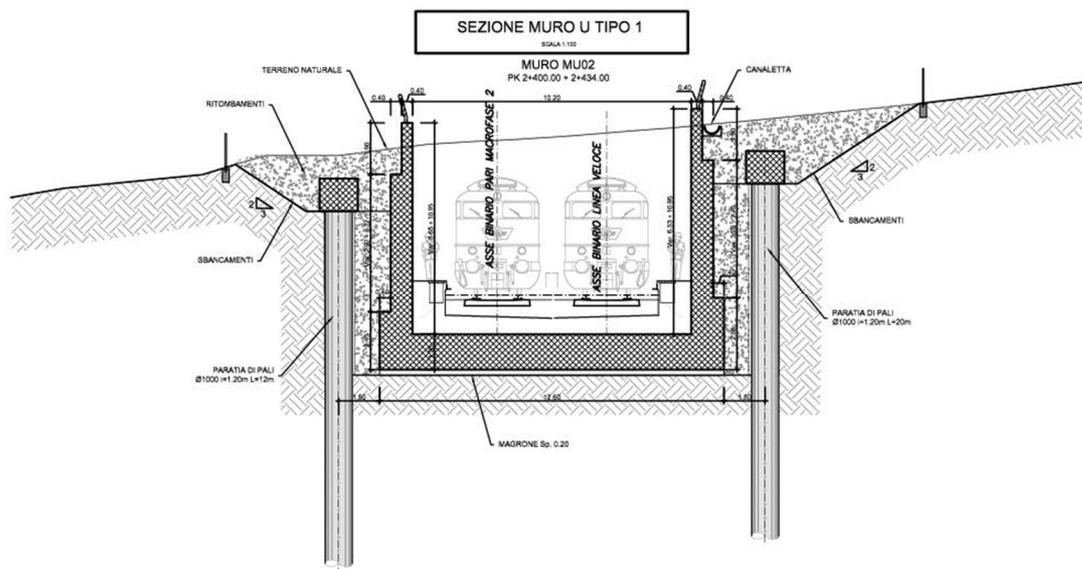


Figura 1-2 – Sezione tipo 1.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	7 di 145

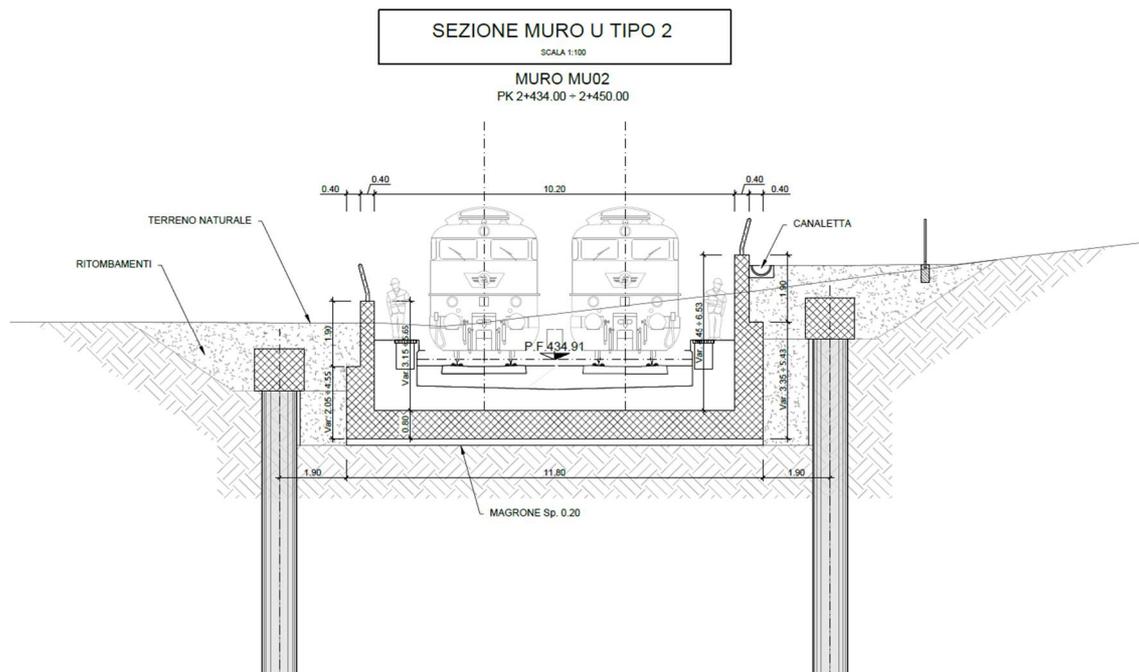


Figura 1-3 – Sezione tipo 2.

Le paratie di pali necessarie per gli scavi provvisionali sono state dimensionate nell'elaborato "Relazione di calcolo opere provvisionali" (RS3T.3.0.D.26.CL.GA.02.0.0.002), a cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

Per quanto riguarda il muro a mensola, l'altezza del muro è variabile da 2.00 m a 4.45 m con lo sviluppo dell'opera stessa, con spessore del paramento in testa di 0.4m, spessore della soletta di fondazione di 0.6m e larghezza della stessa di 4.20m.

Si individua la tipologia di muro di controripa le cui caratteristiche sono di seguito riassunte:

- muro "tipo 1", fino ad altezze del paramento di 4,5 metri circa la fondazione del muro è diretta ed è caratterizzata da una lunghezza di 4.20 m e spessore 0.60 m. Il ricoprimento sopra la zattera di valle è pari ad almeno 20 cm. L'altezza del paramento massima è pari a 4.45 m (Figura 1-4).

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	8 di 145

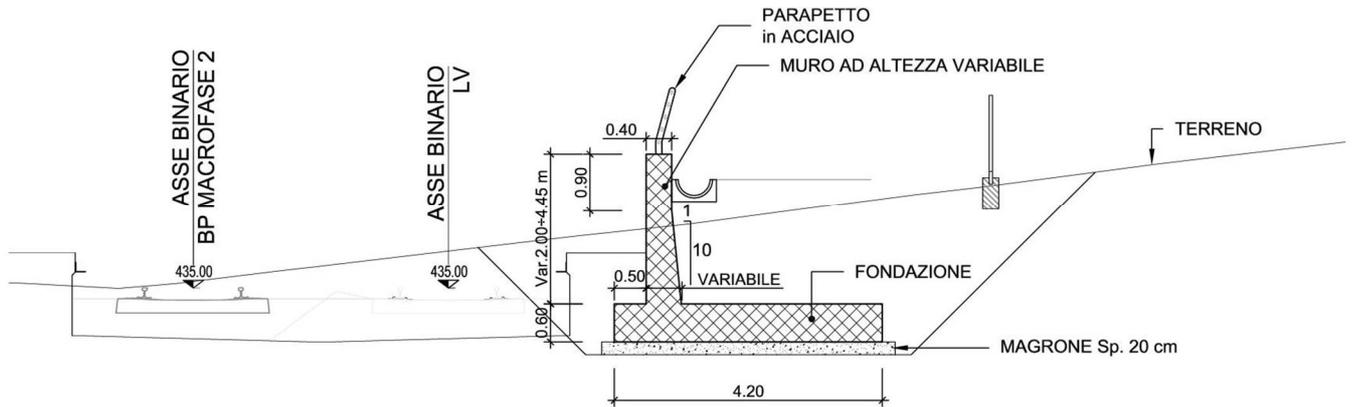


Figura 1-4 – RI05: Muro di sostegno in sx MU03 – Sezione trasversale muro tipo 1.

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>9 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	9 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	9 di 145								

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

L'opera oggetto di studio viene localizzata in corrispondenza delle seguenti coordinate: lat = 37.717644 e long. = 13.688148.

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



Figura 2-1. Posizione Geografica del tratto interessato : GA02-TR01-TR02

Nella presente relazione si mostrano le principali verifiche strutturali e geotecniche, effettuate secondo la normativa NTC2018, dell'opera MU02, collocata all'interno della WBS TR02.

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

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.

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

 ITALFERR 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												
TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	<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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>10 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	10 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	10 di 145								

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- Rif. [1] Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Rif. [2] Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Rif. [3] Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2;
- Rif. [4] RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- Rif. [5] RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21-12-18 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- RS3T 30 D 26 GE GE 00 00 001: *“Relazione geotecnica generale – opere all’aperto – Lotto 3a”*;
- RS3T 30 D 26 F6 GE 00 00 001: *“Profilo geotecnico linea”*;
- RS3T 30 D 26 P9 MU 02 00 001: *“TR01 – Muro a U MU01 – Pianta, prospetto e sezioni – Tav. 1 di 2”*;
- RS3T 30 D 26 P9 MU 02 00 002: *“TR01 – Muro a U MU01 – Pianta, prospetto e sezioni – Tav. 2 di 2”*.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

5. MATERIALI

5.1 CALCESTRUZZO MURI

Classe di resistenza C30/37 $R_{ck} \geq 37 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione ambientale XC3

Copriferro nominale minimo 40 mm

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

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} \quad 30.7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad 38.7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad 17.4 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad 2.94 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm} \quad 2.06 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c \quad 1.37 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} \quad 3.53 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm} \quad 2.47 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3} \quad 330169 \text{ N/mm}^2$$

5.2 ACCIAIO D'ARMATURA

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

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

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

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

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

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

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Nel tratto in esame la stratigrafia è costituita dalle seguenti formazioni:

- Coltri eluvio-colluviali (C) di qualche metro di spessore
- Formazione di Terravecchia Membro TRVa nella facies granulare debolmente cementata costituita da sabbie limose e ghiaie a clasti poligenici (comprendenti rocce carbonatiche, silicee, cristalline s.l., graniti e porfiriti dacitico-andesitiche), eterometrici, da arrotondati a subarrotondati. È rappresentativa soprattutto dei primi metri di profondità
- Formazione Terravecchia membro argilloso (TRV): argille limose e argille marnose di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro, marrone per alterazione, a struttura scagliosa o sottilmente stratificata, con frequenti livelli millimetrici di sabbie e sabbie limose grigie e giallastre; localmente si rinvencono passaggi di marne, marne argillose e argilliti di colore grigio-verdastro.

In particolare il terreno spingente e quello di fondazione è costituito dall'unità geotecnica TRV.

La lente di TRVa presente localmente viene trascurata a favore di sicurezza ai fini del calcolo.

Per i vari strati sono stati considerati i seguenti parametri meccanici:

U.G.	Distanza da p.c.	γ	c'	ϕ'	E
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
C	0-2.5	19	0	20	15
TRV	2.5-40	21	26	27	230
falda a -4.50 m					

In cui:

- γ peso specifico
- c' coesione drenata
- ϕ' angolo di attrito interno efficace
- E Modulo di Young

 ITALFERR 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												
TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	<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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>13 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	13 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	13 di 145								

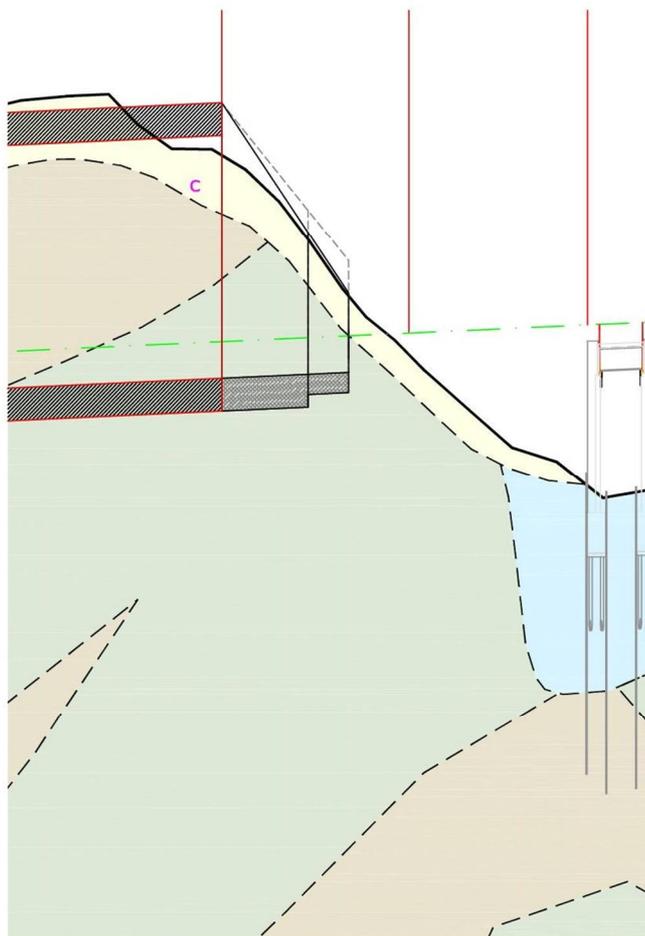


Figura 6-1 – Profilo geotecnico TR02.

Come è possibile osservare nel seguente stralcio planimetrico il muro MU02 ricade in un'area in soliflusso, caratterizzata da lento movimento verso il basso di uno strato superficiale, comprendente il terreno agrario rimaneggiato e/o la coltre di alterazione del substrato in posto, di spessore compreso tra 1 e 2 m circa. Per tale motivo si adotta in tale zona la sezione tipo con soliflusso.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	14 di 145

Elementi geomorfologici

Forme e processi gravitativi

La definizione della tipologia dei fenomeni gravitativi fa riferimento alla classificazione riportata nel Manuale e Linee Guida APAT 39 (2006) e nel Vol. 13 (Fascicolo I) dei Quaderni di Aggiornamento ed Integrazioni delle linee guida della carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000 (ISPRA, 2018). Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geologica allegata.

STATO			
attivo	quiescente	inattivo	
			Orlo di scarpata di frana
			Crollo e/o ribaltamento a carico di porzioni di affioramenti rocciosi fratturati e rilasciati.
			Frana rotazionale.
			Colamento lento impostato nella coltre detritica superficiale e nella parte alterata del substrato (spessore 2-3 m ca.).
			Movimento complesso: combinazione di due o più tipi di movimento, generalmente scivolamenti rotazionali che evolvono in colamenti lenti o veloci.
			Area a franosità diffusa, caratterizzata da piccole frane superficiali di dimensioni generalmente non cartografabili, spesso coalescenti, associate a fenomeni diffusi di denudamento del substrato stabile.
			Area in soliflutto, caratterizzata da lento movimento verso il basso di uno strato superficiale, comprendente il terreno agrario rimaneggiato e/o la coltre di alterazione del substrato in posto, di spessore compreso tra 1 e 2 m circa.



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA												
TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	<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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>15 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	15 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	15 di 145								

7. 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.

7.1 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.

7.2 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 B

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:

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	16 di 145

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

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

Interpolazione

..a "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, a "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

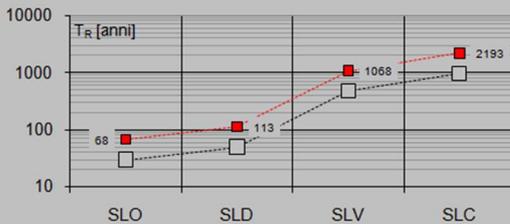
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO
 ----□---- Strategia per costruzioni ordinarie
 -.-.-■-.-.- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

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

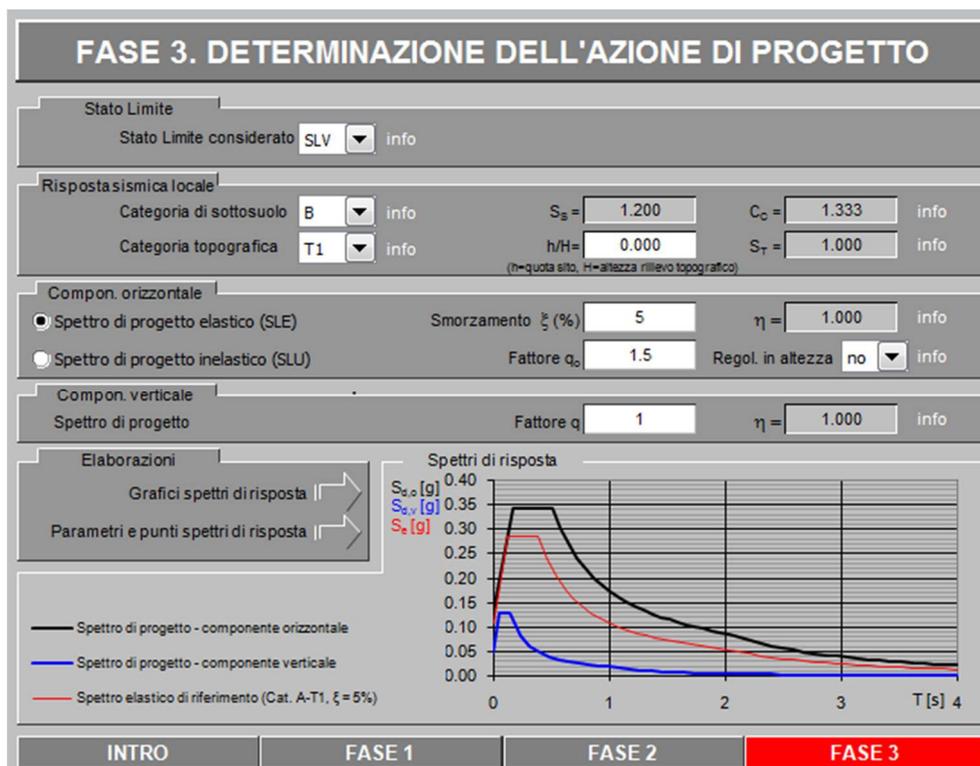
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.045	2.442	0.276
SLD	113	0.054	2.473	0.299
SLV	1068	0.108	2.649	0.382
SLC	2193	0.130	2.706	0.407

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

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

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



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

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.108 g
F_n	2.649
T_C^*	0.382 s
S_S	1.200
C_C	1.333
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.170 s
T_C	0.510 s
T_D	2.033 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{1.0 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.130
$T_B \leftarrow$	0.170	0.344
$T_C \leftarrow$	0.510	0.344
	0.582	0.301
	0.655	0.268
	0.727	0.241
	0.800	0.219
	0.872	0.201
	0.945	0.186
	1.017	0.172
	1.090	0.161
	1.163	0.151
	1.235	0.142
	1.308	0.134
	1.380	0.127
	1.453	0.121
	1.525	0.115
	1.598	0.110
	1.670	0.105
	1.743	0.101
	1.815	0.097
	1.888	0.093
	1.961	0.089
$T_D \leftarrow$	2.033	0.086
	2.127	0.079
	2.220	0.072
	2.314	0.067
	2.408	0.062
	2.501	0.057
	2.595	0.053
	2.689	0.049
	2.782	0.046
	2.876	0.043
	2.970	0.040
	3.063	0.038
	3.157	0.036
	3.251	0.034
	3.344	0.032
	3.438	0.030
	3.532	0.029
	3.625	0.027
	3.719	0.026
	3.813	0.025
	3.906	0.023
	4.000	0.022

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B	FOGLIO 19 di 145

8. VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE – MURO DI SOSTEGNO

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

Per i muri di sostegno su fondazione diretta si considerano i seguenti Stati Limite Ultimi:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Scorrimento sul piano di posa;
- Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- Ribaltamento;
- Stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al §6.8 delle NTC2018, secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC18.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18.

Il progetto e la verifica dei muri di sostegno sono stati effettuati con l'ausilio di fogli di calcolo nei quali vengono implementate tutte le caratteristiche geometriche dei muri insieme ai parametri di resistenza geotecnica.

Per ogni tipologia di muro di sostegno studiata, si è verificato che le caratteristiche geometriche siano tali che il muro possa essere considerato a mensola con suola lunga (vedere **Figura 8-1**), così come previsto al §3.10.3.3. del Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001 C).

Si è considerato, pertanto, che la spinta sull'opera di sostegno agisca sul piano verticale cd, assunto come il paramento virtuale del muro.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	20 di 145

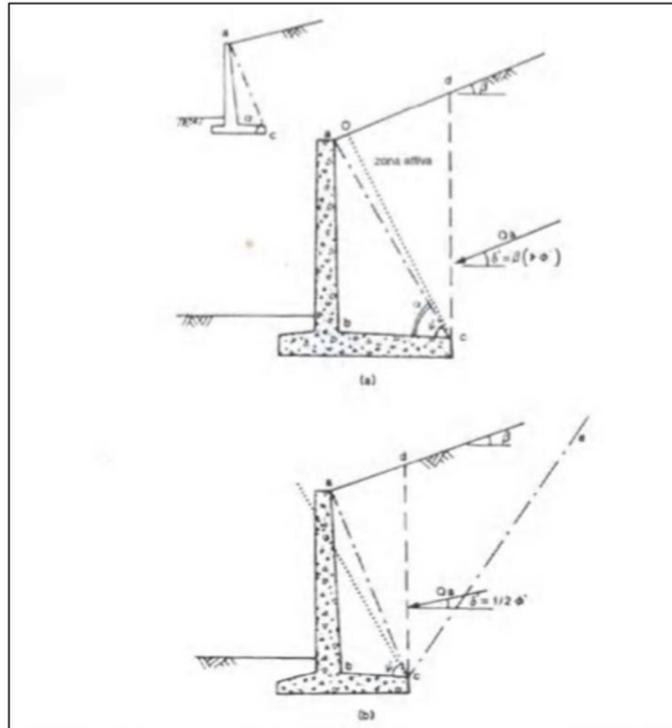


Figura 8-1 – Spinta sui muri di sostegno a mensola con suola lunga (caso a) e con suola corta (caso b).

Su tale paramento l'angolo di inclinazione δ della risultante della spinta (applicata ad $1/3$ dell'altezza del paramento virtuale) si potrà assumere uguale all'angolo di inclinazione β del terrapieno, a meno che β non sia superiore all'angolo di resistenza al taglio del terreno ϕ' , nel qual caso si potrà assumere $\delta = \phi'$.

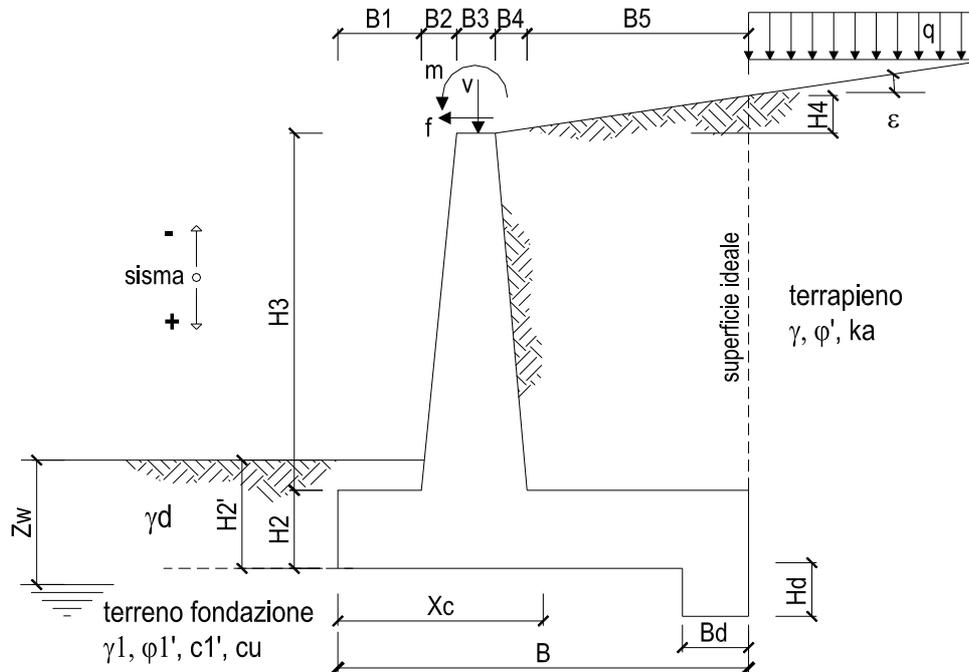
Il terreno al di sopra della suola (abcd) è stato considerato stabilizzante nelle verifiche, e ad esso sono da applicarsi le forze d'inerzia in fase sismica.

Inoltre nella verifica a scorrimento e a ribaltamento dei muri di sostegno viene trascurata la resistenza passiva antistante il muro.

Nel nostro caso l'angolo di attrito fondazione-terreno nelle verifiche a scorrimento è pari a

$$\phi'_{cv} = \arctan(\tan \phi')$$

Le caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nel seguente schema:



8.1.1 VERIFICA A SCORRIMENTO

La verifica dell'equilibrio allo stato limite di scorrimento viene condotta confrontando l'azione resistente R_h , pari al prodotto della risultante delle forze verticali per il coefficiente d'attrito con l'azione instabilizzante, pari alla risultante di tutte le componenti orizzontali delle forze agenti sul muro.

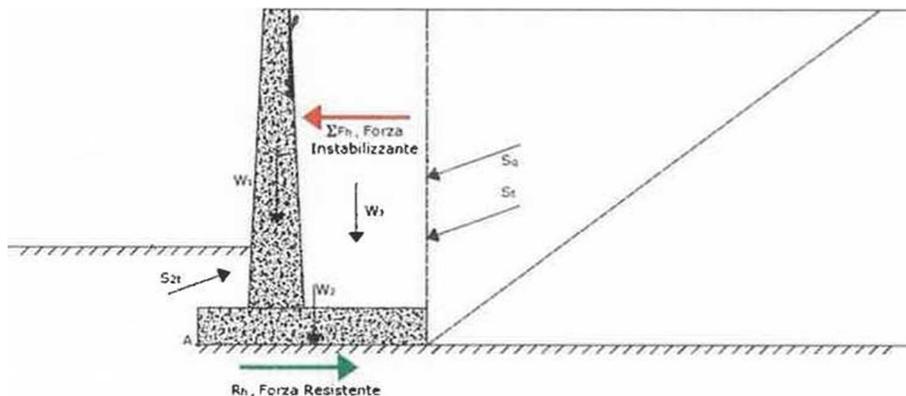


Figura 8-2 – Verifica a scorrimento.

In condizioni sismiche, ai fini del dimensionamento, si fa riferimento ad un sisma agente da monte verso valle del muro, in direzione orizzontale, dal basso verso l'alto e dall'alto verso il basso, in direzione verticale.

8.1.2 VERIFICA A RIBALTAMENTO

L'equilibrio allo stato limite è condotto confrontando il momento delle forze stabilizzanti e quello delle forze ribaltanti, entrambi rispetto all'estremo A di valle della fondazione.

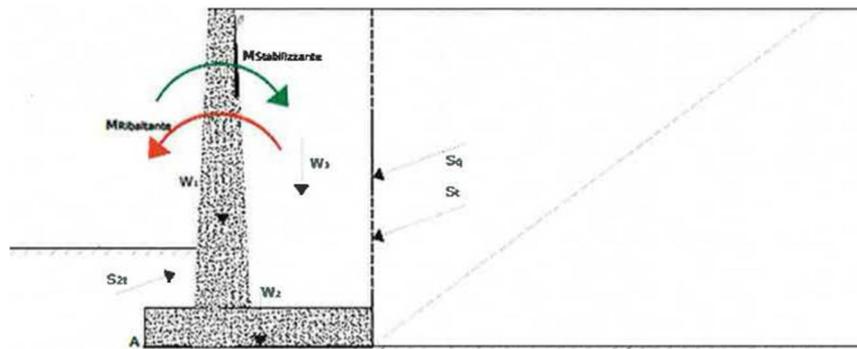


Figura 8-3– Verifica a ribaltamento.

8.1.3 VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

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

$$q_{lim} = c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma B N_{s_y} d_y i_y b_y g_y z_y$$

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

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

8.1.4 VERIFICA A STABILITÀ GLOBALE

Per le verifiche di stabilità dei pendii naturali si ricorre, nell'ambito dei metodi all'equilibrio limite, ai cosiddetti metodi delle strisce, in particolare il metodo di Bishop. Si ipotizza una superficie cilindrica di scorrimento potenziale, S, si suddivide idealmente la porzione di terreno delimitato da questa e dalla superficie topografica in n conci e si analizza l'equilibrio limite di ciascun concio.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

9. VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE – MURO DI SOSTEGNO

L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici e i metodi degli spostamenti.

L'analisi pseudo-statica si esegue mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il volume di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo, e gli eventuali sovraccarichi agenti sul volume suddetto.

Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \frac{a_g}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

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

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T) di cui al paragrafo 3.2.3.2 delle NTC18.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD)

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Nel caso di muri liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (paragrafo 7.11.1 delle NTC18) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

In condizioni sismiche deve essere soddisfatta la verifica di stabilità del complesso muro – terreno con i criteri indicati al paragrafo 7.11.4 delle NTC2018.

Il calcolo della spinta in condizioni sismiche è stato effettuato impiegando la Teoria di Mononobe – Okabe.

La teoria di Mononobe – Okabe fa uso del metodo dell'equilibrio limite e può essere considerata una estensione della teoria di Coulomb, in cui, alle usuali spinte al contorno del cuneo instabile di terreno, sono sommate anche le azioni inerziali orizzontali e verticali dovute all'accelerazione delle masse.

Le spinte Attiva e Passiva si calcolano come:

$$S_{a,t} = \frac{1}{2} \gamma \cdot k_{as} \cdot h^2 \cdot (1 \mp k_v)$$

Il coefficiente k_{as} è valutato, quindi, secondo tale formulazione, in cui i simboli usati sono:

ϕ = angolo di attrito interno del terrapieno;

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete interessata del muro;

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale del profilo del terrapieno;

δ = angolo di attrito terrapieno – muro;

θ = angolo di rotazione addizionale definito come segue.

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Il coefficiente per stati di spinta attiva si divide in due casi:

$$\beta \leq \phi - \theta \rightarrow k_{as} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \theta \rightarrow k_{as} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

 ITALFERR 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												
TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	<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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>25 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	25 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	25 di 145								

$$k_{ps} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin\phi \cdot \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

10. VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE)

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

$$E_d \leq C_d$$

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

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

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

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

10.1.1 SPOSTAMENTI ATTESI IN CAMPO SLE

Gli spostamenti attesi in campo SLE dell'opera di sostegno, con le impostazioni di calcolo assunte (spinta attiva) sono di esigua entità, dell'ordine dei millimetri. Lo spostamento necessario per sviluppare lo stato limite di spinta attiva è legato anche al tipo di cinematismo della parete. Per terreni non coesivi con grado di addensamento medio - alto l'EC7 da spostamenti del seguente ordine di grandezza:

- Rotazione intorno alla sommità 0.002H
- Rotazione intorno alla base 0.005H
- Moto di traslazione 0.001H

In cui H è l'altezza del paramento del muro. Altri valori di riferimento sono stati ottenuti da Terzaghi.

Infine, un'altra fonte presa a riferimento è quella del NAFVAC 7.02 (DESIGN MANUAL). La figura riportata nel suddetto manuale mostra anche la curva di sviluppo della spinta in funzione dello

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>26 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	26 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	26 di 145								

spostamento. Anche in questo caso, per sabbia media, risulta ragionevole assumere uno spostamento atteso dell'ordine di 0.001H.

Gli spostamenti dei muri in progetto, quindi, in funzione dell'altezza massima del paramento risultano dell'ordine di pochi cm. Non si riscontrano quindi criticità sulle strutture presenti a monte del muro stesso, in quanto, vista la loro distanza dalla testa del paramento, non subiranno influenze significative.

Per quanto riguarda le distorsioni del muro, l'opera di sostegno risulta lineare in pianta e caricata in modo simmetrico a monte. Non verranno quindi a manifestarsi spinte dissimmetriche che possano generare distorsioni.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

11. VERIFICHE STRUTTURALI SLU

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nell'istruttoria RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.8.3.

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

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

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

11.1 CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

11.2 VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE

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

11.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO

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

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

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

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

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

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

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

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

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

$1 \leq \cot\theta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave;

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

s è il passo delle staffe;

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

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

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

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

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

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

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

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

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>29 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	29 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	29 di 145								

seguenti valori nominali:

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

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

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

12. VERIFICHE STRUTTURALI (SLE)

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

12.1 VERIFICHE ALLE TENSIONI

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

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

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

Per il caso in esame risulta in particolare:

- Muro di sostegno:

CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{12.00} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{16.50} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

ACCIAIO

$$\sigma_{s \text{ max}} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

12.2 VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Tabella 12-1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

Risultando:

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

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dalle specifiche RFI (Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

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

Combinazione Caratteristica (Rara)

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

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>32 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	32 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	32 di 145								

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

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	33 di 145

13. MURO AD U TIPO 1 $H_{MAX}=9.45M$

13.1 MODELLAZIONE SEMPLIFICATA

La soletta di fondazione del muro a U può essere considerata poggiante su un terreno infinitamente rigido, pertanto è possibile schematizzare il piedritto come una mensola incastrata alla base soggetta ai seguenti carichi:

- spinta del terreno e dell'acqua (a, b);
- spinta orizzontale dovuta alla presenza del ballast (c);
- spinta sismica (d);
- sovraspinta sismica (e);
- incremento della spinta dovuta al carico accidentale (f).

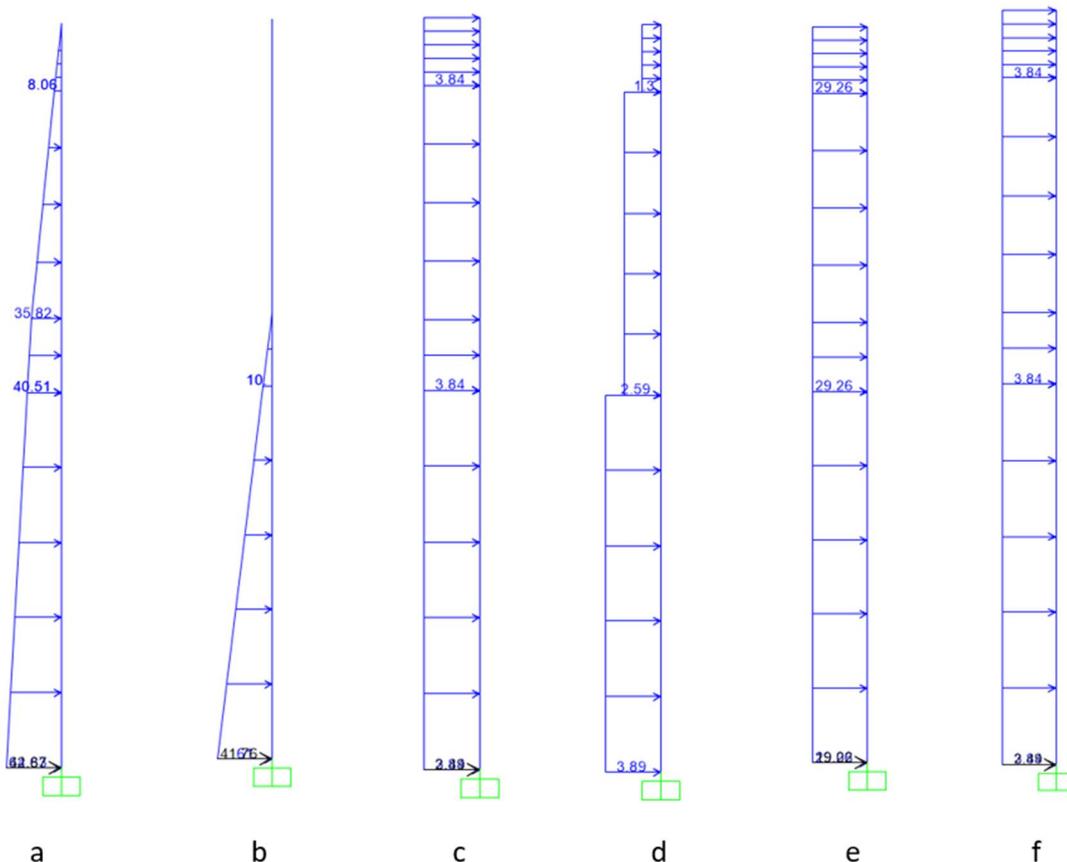


Figura 13-1 – Spinte applicate al piedritto.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Dai quali si ottengono le seguenti sollecitazioni nella sezione d'incastro (la più sollecitata):

M (SLU) = 2140.73 kNm (a);

T (SLU) = 703.77 kN (b);

M (SLV) = 2838.83 kNm (c);

T (SLV) = 790.63 kN (d);

M (SLE) = 1585.73 kNm (e).

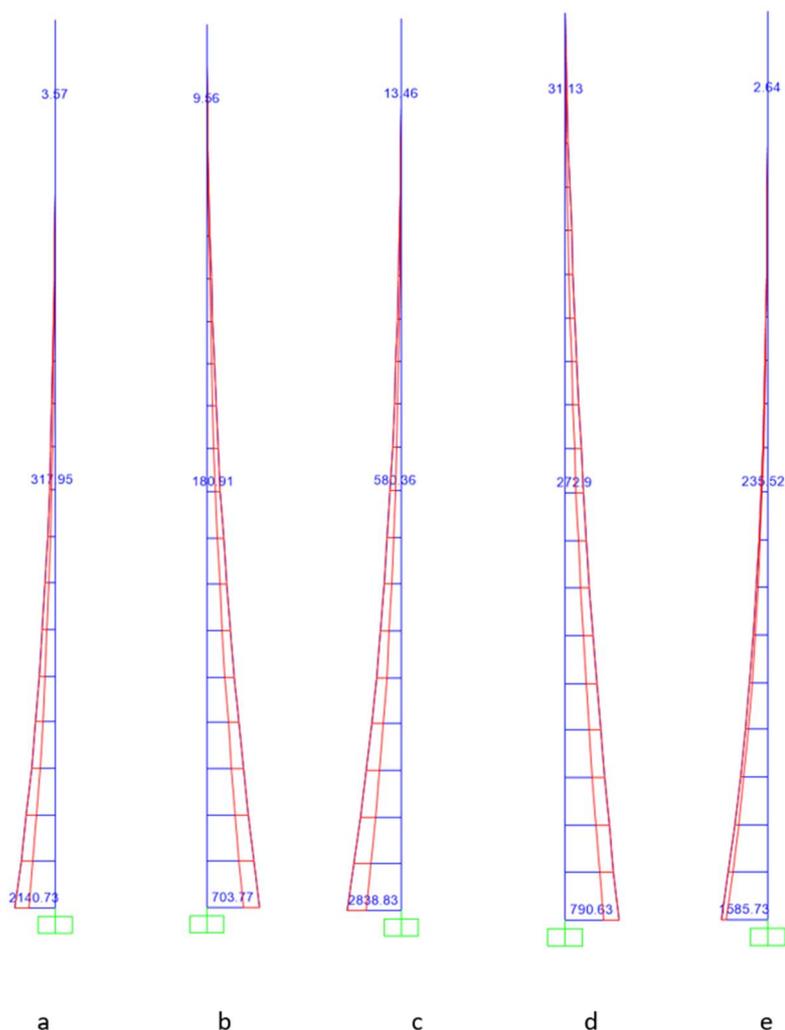


Figura 13-2 – Sollecitazioni piedritto.

I valori di sollecitazione ottenuti sono gli stessi della modellazione adottata nel seguente paragrafo, in cui si considera il muro nella sua totalità.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

13.2 MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta a favore di sicurezza pari a 10000 kN/m³.

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

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

dove:

E = modulo elastico del terreno;

ν = coefficiente di Poisson =0.3;

B = larghezza della fondazione.

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

unità	E	ν	B	L	L/B	c_t	k_w
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m ³)
TRV	230	0.3	12.6	30	2.38	1.316	15239

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 10.20 m, l'altezza interna, a partire dal piano campana, è pari 9.45 m, a soletta inferiore ha spessore pari a 1.30 m e piedritti hanno spessore variabile.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

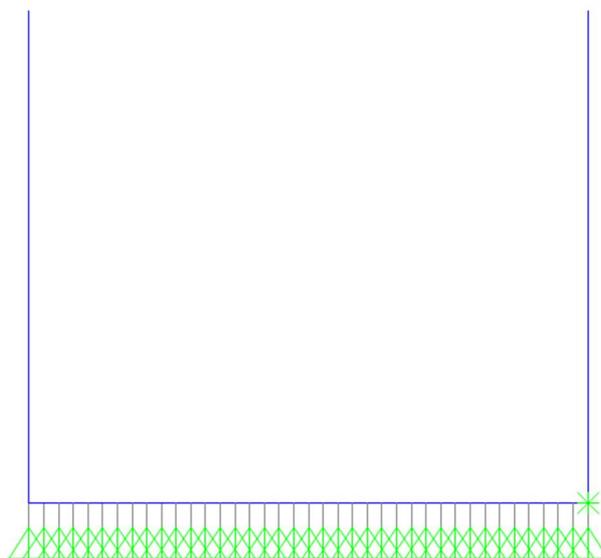


Figura 13-3 – Modello di calcolo.

13.3 ANALISI DEI CARICHI

13.3.1 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/m³.

13.3.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
Y ₃	25.00	kN/m ³
S ₃	0.60	m
W ₃	15.00	kN/m ²
spessore e massetto pendenze		
Y ₄	25.00	kN/m ³
S ₄	1.00	m
W ₄	25.00	kN/m ²
marciapiedi		

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>37 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	37 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	37 di 145								

Frame Span Loads (permanenti_soletta_inferiore) (As Defined)

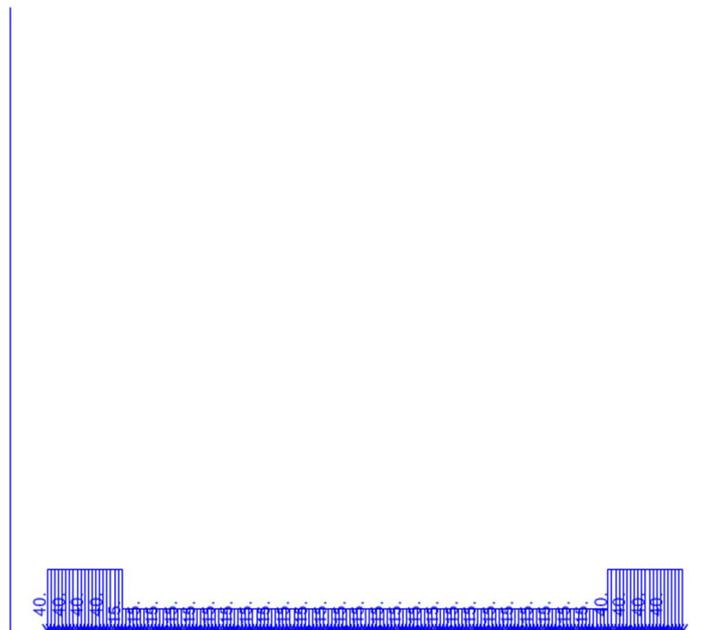


Figura 13-4 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

13.3.3 BALLAST

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

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>38 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	38 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	38 di 145								

Frame Span Loads (ballast) (As Defined)

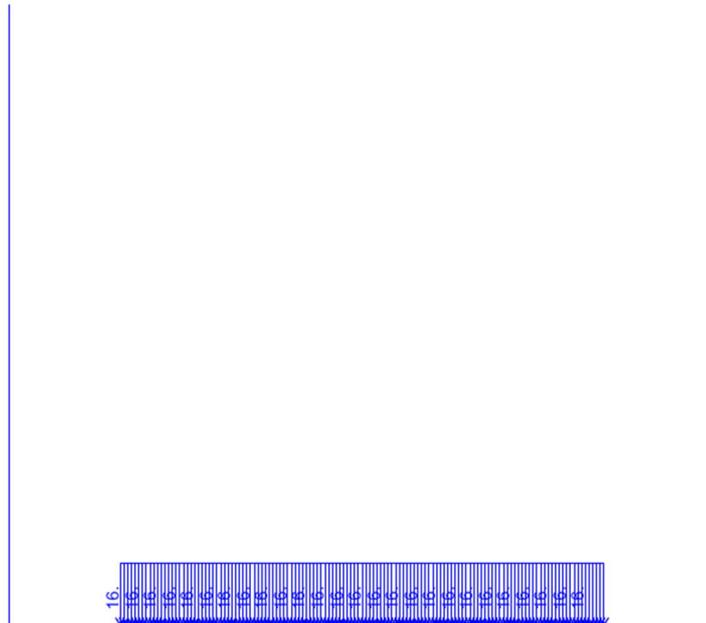


Figura 13-5 – Ballast.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

13.3.4 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 ₂ O			
γ_t	21.00	kN/m ³	peso specifico terreno
Φ'_k	35	°	angolo attrito caratteristico
Φ'_d	35	°	angolo attrito di progetto
k_0	0.43	-	
γ_w	10.00	kN/m ³	peso H ₂ O
h_w	4.00	m	quota H ₂ O rispetto p.c.

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m ²)	σ_w (kN/m ²)
0	0.00	0.00
0.9	8.06	0.00
4	35.82	0.00
5	40.51	10.00
10.1	64.43	61.00
10.75	67.48	67.50

$F_{t,inf}$	42.87	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
$F_{w,inf}$	41.76	kN/m	spinta H ₂ O su metà spessore soletta inferiore

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	40 di 145

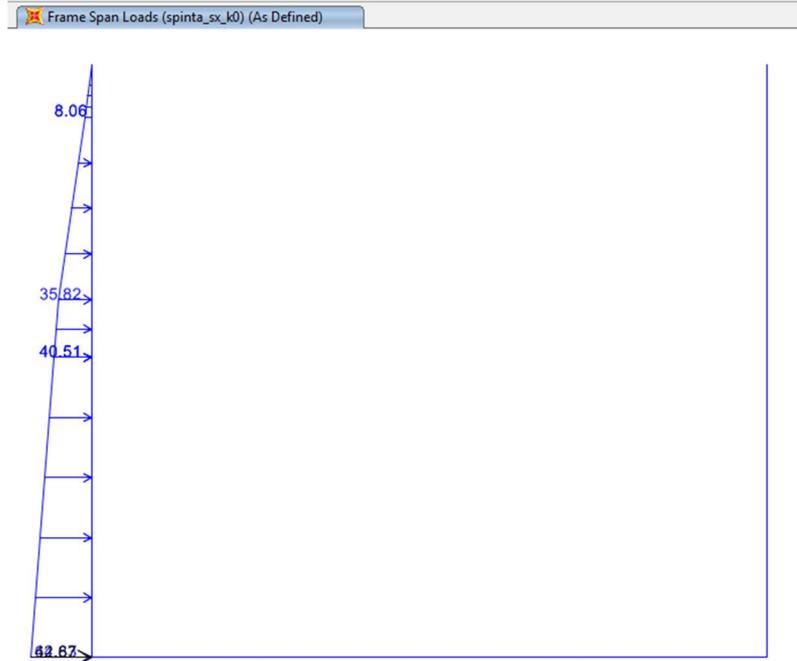


Figura 13-6 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

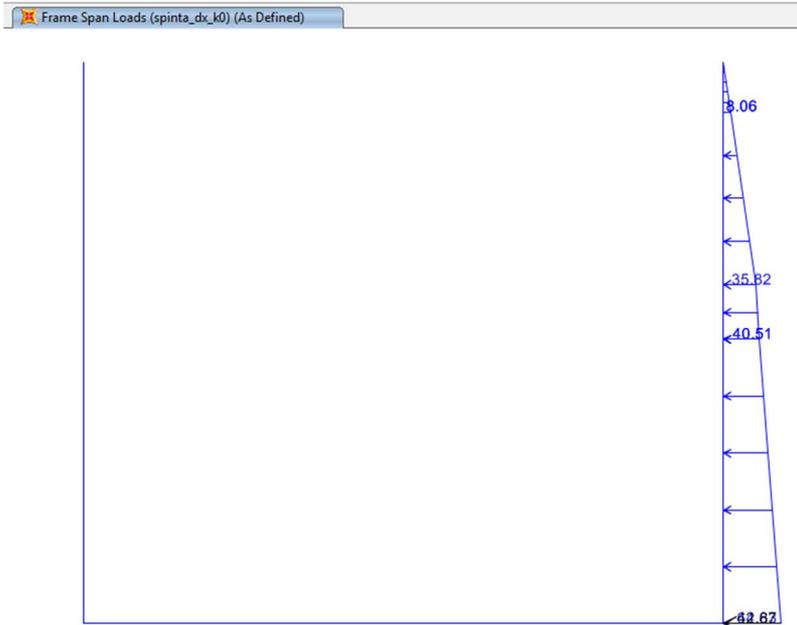


Figura 13-7 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	41 di 145

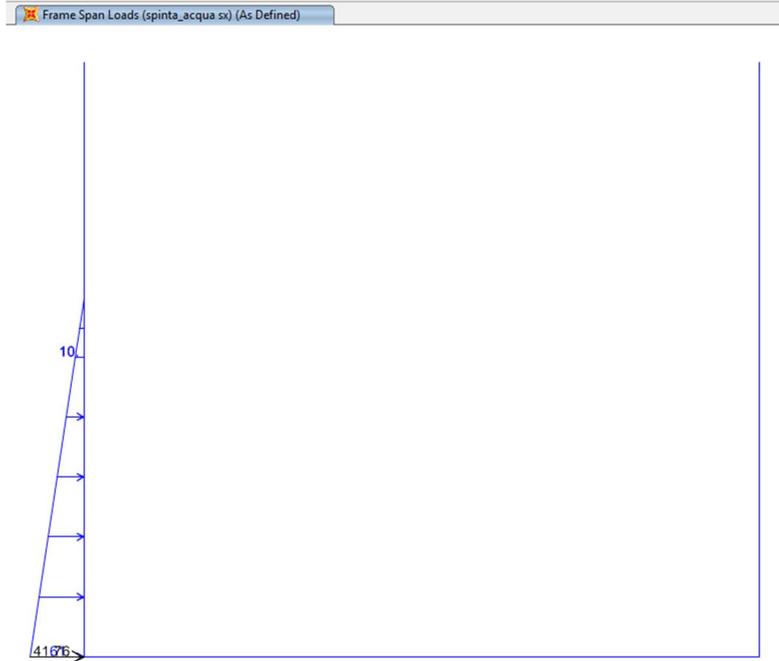


Figura 13-8 – Spinta dell'acqua sul piedritto sinistro.

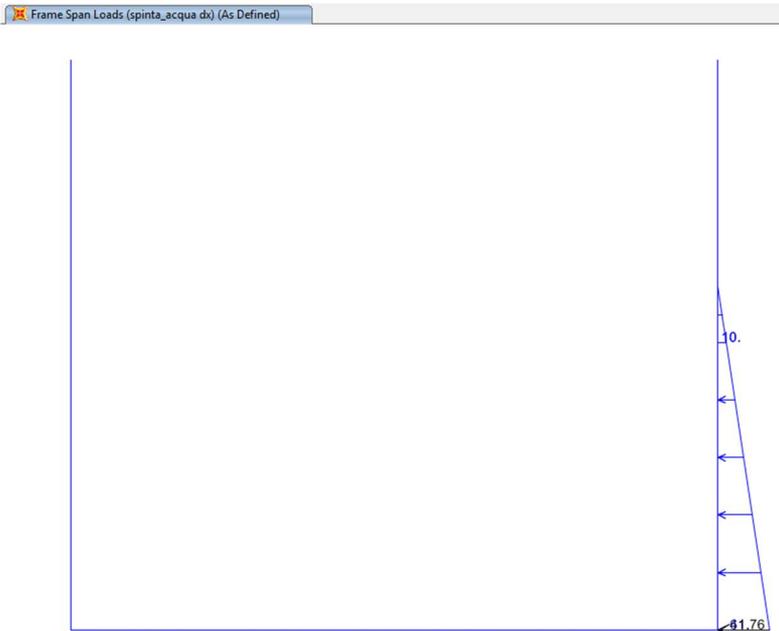


Figura 13-9 – Spinta dell'acqua sul piedritto destro.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

13.3.5 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 sono stati considerati il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale, e il treno di carico SW/2 rappresentativo del traffico pesante.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 13-10, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

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

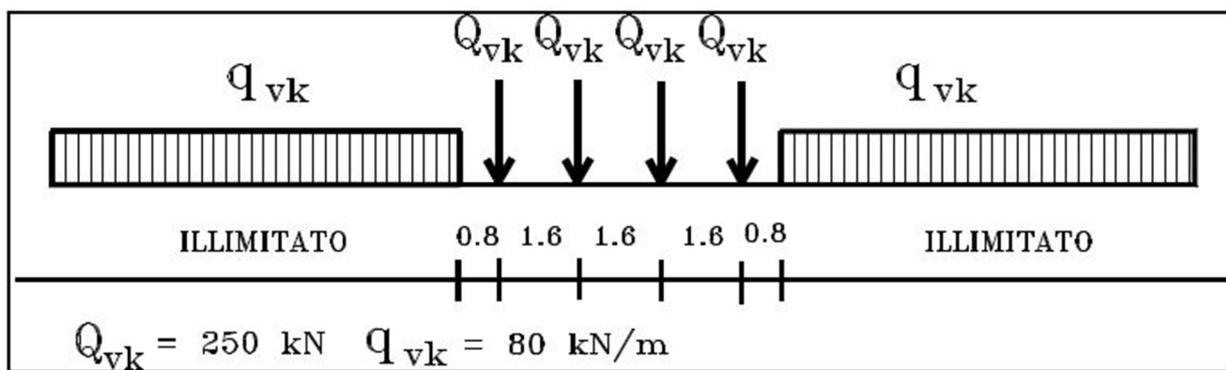
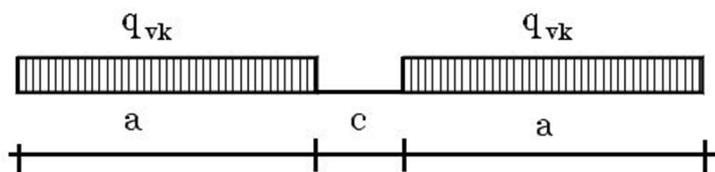


Figura 13-10 – Treno di carico LM71

Il treno di carico SW/2 invece è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un'estensione di 25 m posti ad una distanza, c, di 7.0 m (Figura 13-11).



tipo di carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/2	150	25.0	7.0

Figura 13-11 – Treno di carico SW/2.

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α , il cui valore è riportato nella Figura 13-12.

modello di carico	coefficiente di adattamento α
LM71	1.1
SW/2	1.0

Figura 13-12 – Coefficiente di adattamento α

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

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:

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{rf} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.6 + 1.3/2) \cdot 2 = 5.08 \text{ m}$$

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	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d = 33.87 \text{ kN/m}^2$
SW/2	$q_v = 150 \cdot 1.0 / L_d = 29.56 \text{ kN/m}^2$

Nel modello di calcolo è stato considerato il treno di carico LM71 in quanto più gravoso.

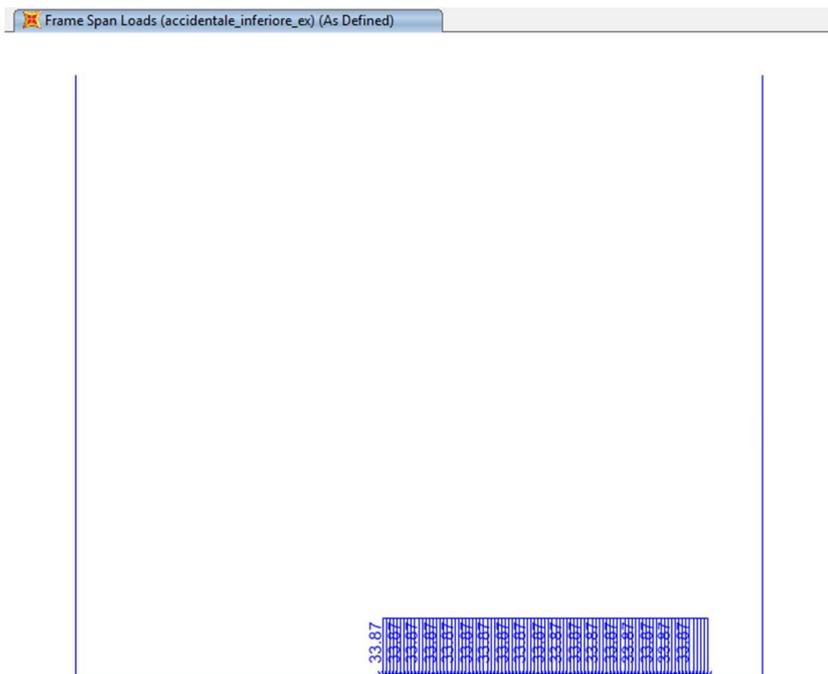


Figura 13-13 – Treno di carico LM71 singolo binario.

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>44 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	44 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	44 di 145								

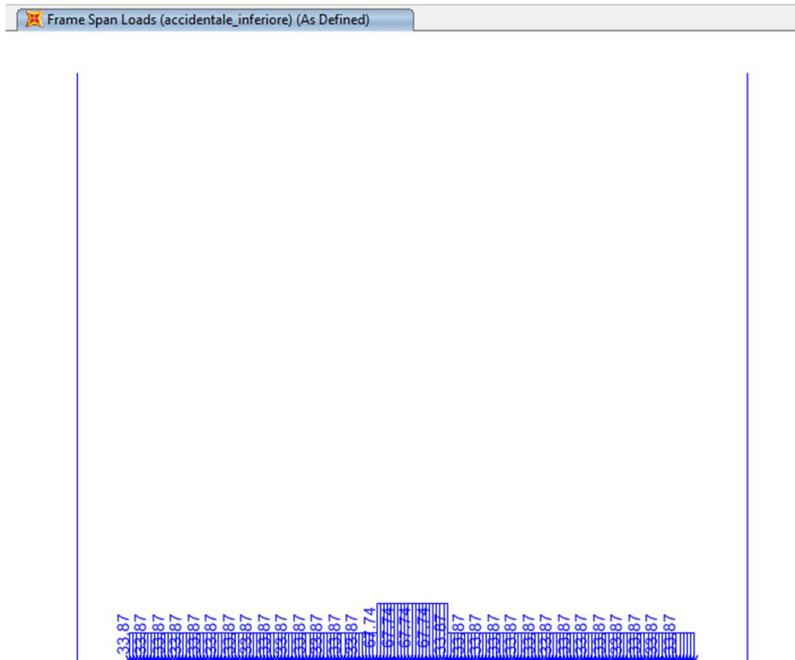


Figura 13-14 – Treno di carico LM71 doppio binario.

13.3.6 SOVRACCARICO ACCIDENTALE A TERGO DELL'OPERA

incremento spinta dovuto al sovraccarico accidentale			
q_{1k}	9	kN/m^2	carico distribuito esterno
σ_h	3.84	kN/m^2	
F_{inf}	2.49	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

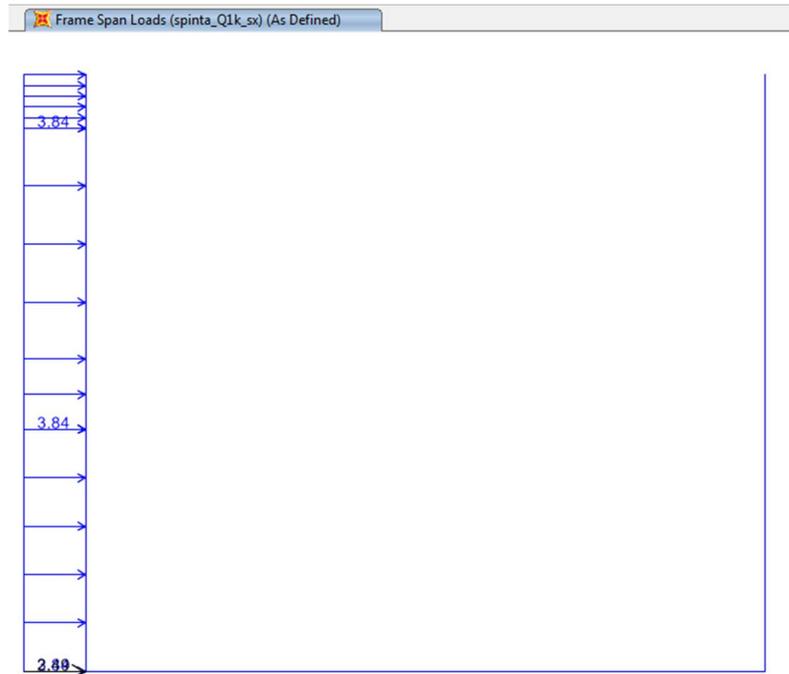


Figura 13-15 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sovraccarico accidentale.

13.3.7 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 β_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 β_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).

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 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	0.108	g
S_S	1.2	
S_T	1	
a_{max}	0.130	g
β_m	1	
k_h	0.130	
k_v	0.065	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.30	kN/m ²	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	2.59	kN/m ²	peso proprio s. 0.8m
$k_h \cdot W_{P3}$	3.89	kN/m ²	peso proprio s. 1.2m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	10.75	m	altezza complessiva
Δp_d	29.26	kN/m ²	incremento di spinta
F_w	19.02	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	47 di 145

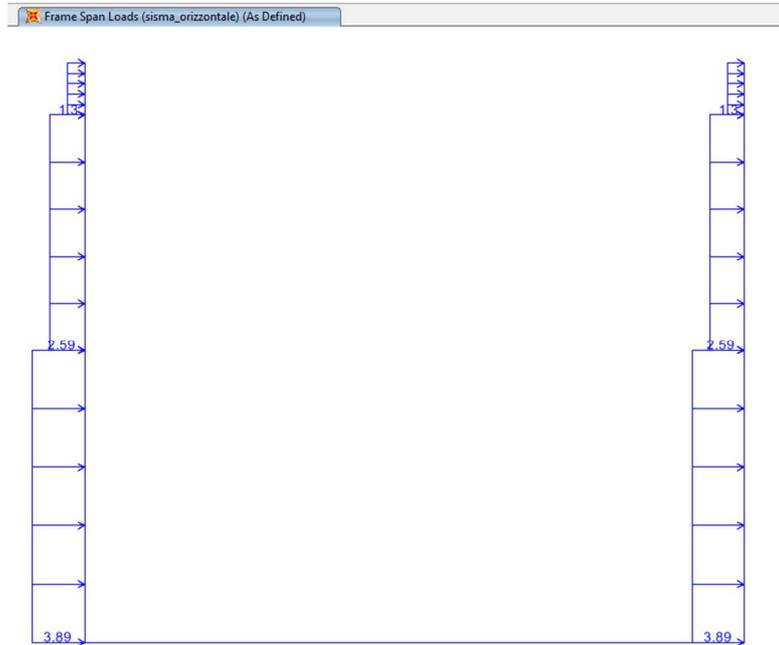


Figura 13-16 – Sisma orizzontale.

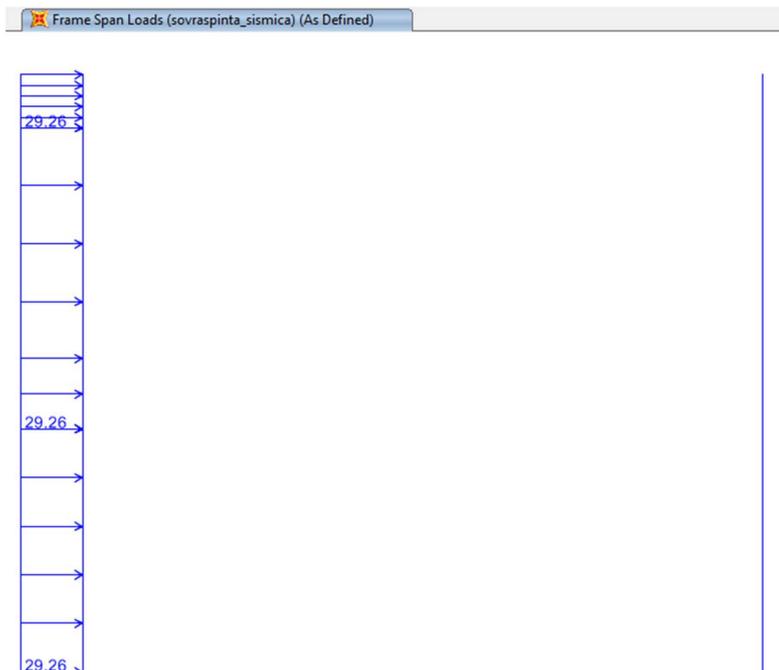


Figura 13-17 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

13.4 COMBINAZIONI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro	spinta_sx_k0
spinta a riposo del terreno sul piedritto destro	spinta_dx_k0
incremento di spinta dovuta al carico accidentale sul piedritto sinistro	spinta_q1k_sx
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario agente sulla parte destra della soletta inferiore	acc_inf_ex
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario agente su tutta la 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 2 – Riepilogo carichi.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

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
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_ex	0	0	0	0	0	0	1.45	0
acc_inf	0	0	0	1.45	0	1.45	0	0
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 3 – 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
spinta_q1k_sx	0	0	0
acc_inf_ex	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 4 – Combinazioni di carico agli SLV

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_ex	0	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0
acc_inf	0	0.8	0	1	0	0.8	0	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 5 – Combinazioni di carico agli SLE.

13.5 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.

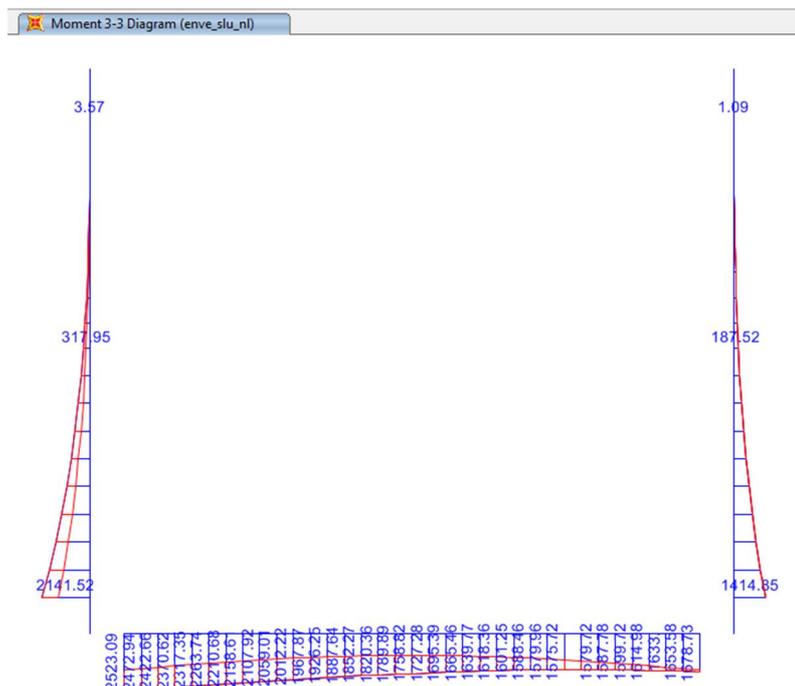


Figura 13-18 – Momento flettente enve-SLU.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	51 di 145

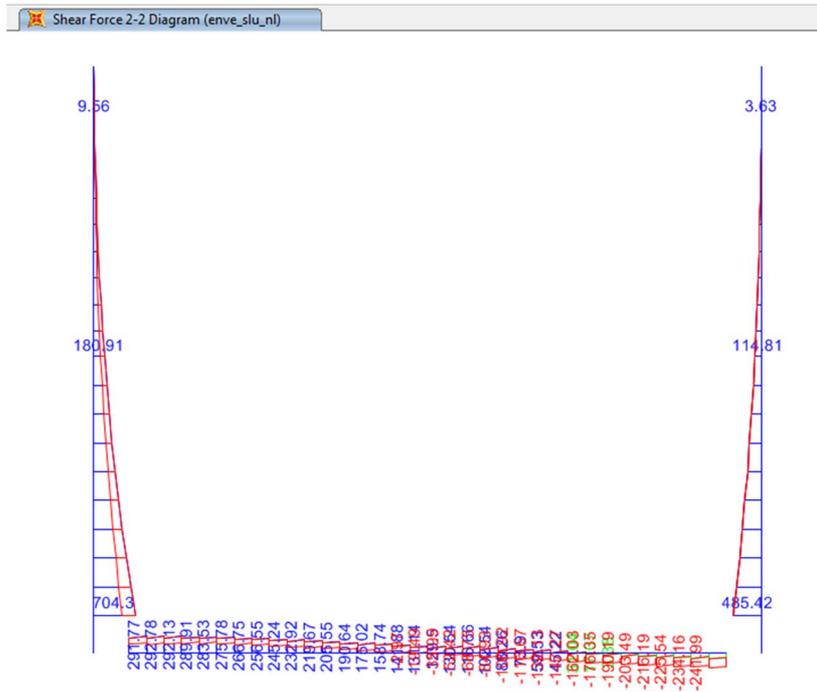


Figura 13-19 – Taglio enve-SLU.

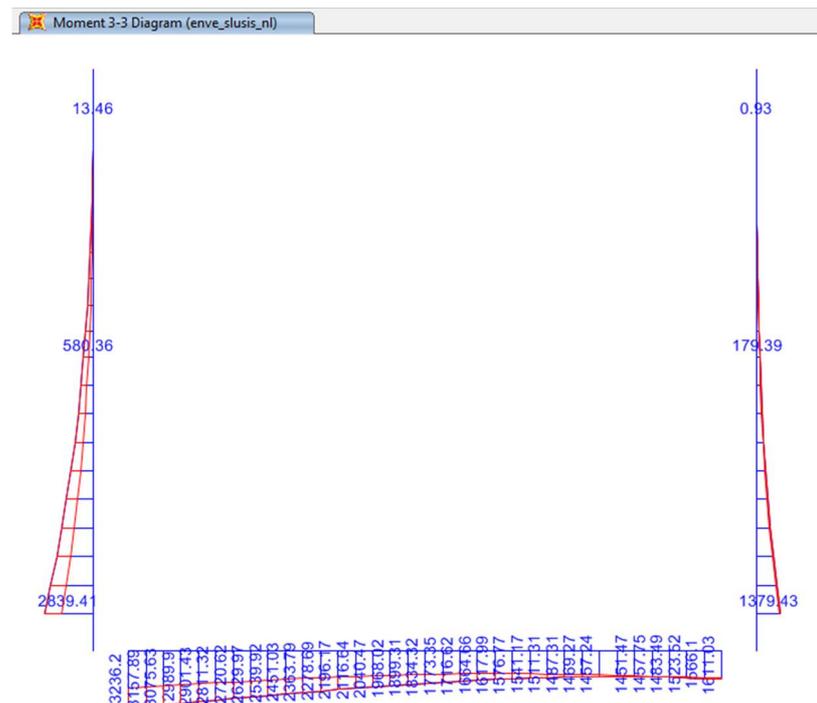


Figura 13-20 – Momento flettente enve-SLV.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	52 di 145

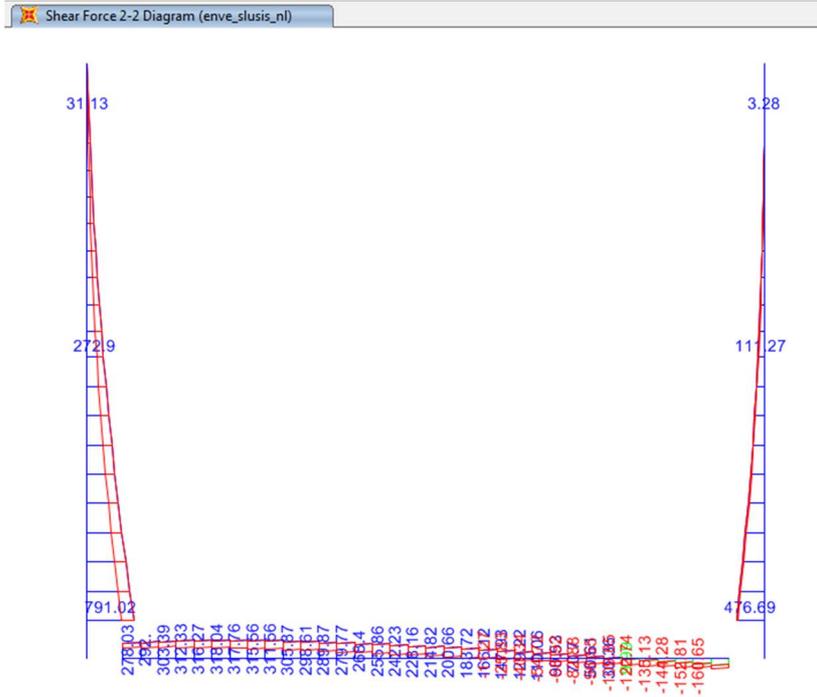


Figura 13-21 – Taglio enve-SLV.

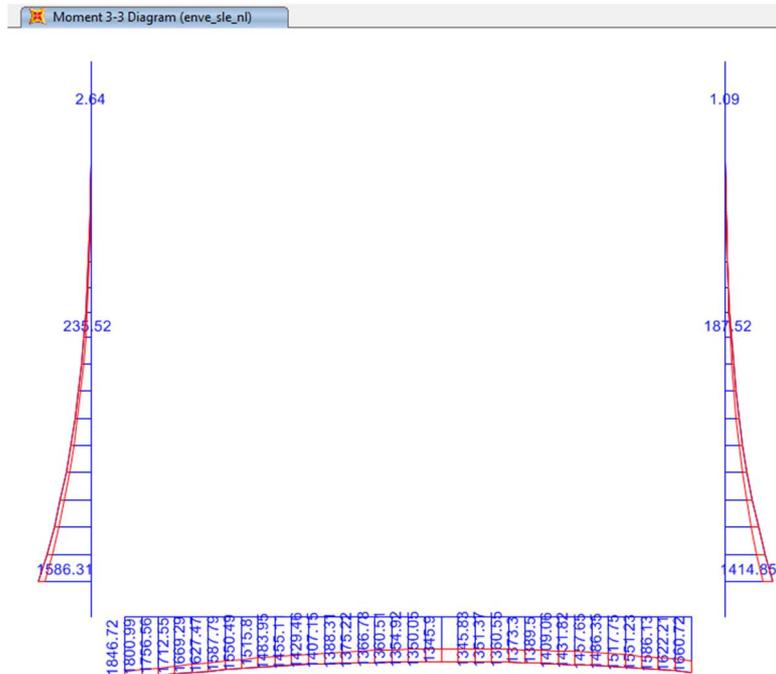


Figura 13-22 – Momento flettente enve-SLE.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

13.5.1 VERIFICA PIEDRITTI S.1.2M

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-224.43	791.02	2839.41	1	0.65	sis1_nl
	-90.97	103.02	160.43	2	5.10	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-302.99	704.30	2141.52	1	0.65	slu2_nl
	-122.81	114.81	187.52	1	5.10	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-224.43	521.70	1586.31	1	0.65	rar1_nl
	-90.97	91.85	150.02	2	5.10	rar5_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-224.43	512.63	1543.44	1	0.65	fre1_nl
	-90.97	91.85	150.02	2	5.10	fre2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-224.43	485.42	1414.85	1	0.65	qpe1_nl
	-90.97	91.85	150.02	2	5.10	qpe2_nl

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	54 di 145

13.5.1.1 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
Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
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 ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00 daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00 daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. B1*B2:	1.00
Coeff. Aderenza differito B1*B2:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm ²

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	16.1	26
6	45.0	16.1	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE



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

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	55 di 145

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	8	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 N.Bracci staffe: 4

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	30299	214152	0	70430	0
2	12281	18752	0	11481	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	22443	158631	0
2	9097	15002	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	22443	154344 (104609)	0 (0)
2	9097	15002 (116750)	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	22443	141485 (104922)	0 (0)
2	9097	15002 (116750)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	56 di 145

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.5 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	30299	214152	0	30287	431182	0	2.01	106.2(24.0)
2	S	12281	18752	0	12288	422531	0	22.06	106.2(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 corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. 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 corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrip. 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 corrip. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrip. 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	0.160	50.0	120.0	0.00188	45.0	111.7	-0.01833	-45.0	8.3
2	0.00350	0.154	50.0	120.0	0.00181	45.0	111.7	-0.01930	-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	0.000195478	-0.019957360	0.160	0.700
2	0.000000000	0.000204084	-0.020990097	0.154	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]
N.Bracci staffe: 4

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]
Vvd 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.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	57 di 145

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	70430	446408	91608	115.0	100.0	1.000	1.015	17.4	22.6(0.0)
2	S	11481	442523	91608	115.0	100.0	1.000	1.006	2.8	22.6(0.0)

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/cm²]
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/cm²]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] 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	64.1	-50.0	120.0	-1553	15.0	8.3	2600	106.2
2	S	6.5	-50.0	120.0	-118	35.0	8.3	2300	106.2

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 fctm
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	-0.00087	0	0.500	26.0	70	0.00051 (0.00047)	346	0.177 (0.20)	104516	0
2	S	-0.00007	0	0.500	26.0	70	0.00004 (0.00004)	334	0.012 (0.20)	116750	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	62.4	-50.0	120.0	-1508	35.0	8.3	2550	106.2
2	S	6.5	-50.0	120.0	-118	35.0	8.3	2300	106.2

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	-0.00084	0	0.500	26.0	70	0.00049 (0.00045)	344	0.169 (0.20)	104609	0
2	S	-0.00007	0	0.500	26.0	70	0.00004 (0.00004)	334	0.012 (0.20)	116750	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	57.3	50.0	120.0	-1375	35.0	8.3	2550	106.2
2	S	6.5	-50.0	120.0	-118	35.0	8.3	2300	106.2

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	-0.00077	0	0.500	26.0	70	0.00051 (0.00041)	344	0.176 (0.20)	104922	0
2	S	-0.00007	0	0.500	26.0	70	0.00004 (0.00004)	334	0.012 (0.20)	116750	0

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	58 di 145

13.5.1.2 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
Resistenza compress. di progetto fcd: 170.00 daN/cm²
Resistenza compress. ridotta fcd': 85.00 daN/cm²
Deform. unitaria max resistenza ec2: 0.0020
Deformazione unitaria ultima ecu: 0.0035
Diagramma tensioni-deformaz.: Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec: 328360 daN/cm²
Resis. media a trazione fctm: 29.00 daN/cm²

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk: 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. a rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
Resist. a snerv. di progetto fyd: 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di progetto ftd: 3913.0 daN/cm²
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
Diagramma tensioni-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	16.1	26
6	45.0	16.1	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	8	26

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	59 di 145

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm
N.Bracci staffe: 4

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	22443	283941	0	79102	0
2	9097	16043	0	10302	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.5 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 [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	22443	283941	0	22465	383566	0	1.35	106.2(24.0)
2	S	9097	16043	0	9087	378230	0	23.15	106.2(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	0.00113	0.366	50.0	120.0	0.00090	45.0	111.7	-0.00196	-45.0	8.3
2	0.00110	0.361	50.0	120.0	0.00088	45.0	111.7	-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	0.000027643	-0.002185939	0.366	0.898
2	0.000000000	0.000027404	-0.002183957	0.361	0.891

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	60 di 145

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]
N.Bracci staffe: 4

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.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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	79102	444714	91608	115.0	100.0	1.000	1.011	19.5	22.6(0.0)
2	S	10302	441837	91608	115.0	100.0	1.000	1.004	2.5	22.6(0.0)

13.5.2 VERIFICA PIEDRITTI S.0.8M

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-90.97	272.90	580.36	3	0.00	sis1_nl
	-9.00	2.46	0.56	4	4.10	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-122.81	180.91	317.95	3	0.00	slu2_nl
	-12.15	3.63	1.09	3	4.10	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-90.97	134.01	235.52	3	0.00	rar1_nl
	-9.00	2.90	0.87	4	4.10	rar5_nl

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	61 di 145

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-90.97	129.21	223.52	3	0.00	fre1_nl
FRE	-9.00	2.90	0.87	4	4.10	fre2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-90.97	114.81	187.52	3	0.00	qpe1_nl
QPE	-9.00	2.90	0.87	4	4.10	qpe2_nl

13.5.2.1 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:	Rettagolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
	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 ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. a snervamento fyk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:		3913.0 daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:		3913.0 daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef:		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. B1*B2:		1.00
Coeff. Aderenza differito B1*B2:		0.50
Comb.Rare - Sf Limite:		3375.0 daN/cm ²

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	62 di 145

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
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	31795	18091	0
2	1215	109	363	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	23552
2	900	87

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

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

N° Comb.	N	Mx
1	9097	22352 (43382)
2	900	87 (0)

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	18752 (43890)
2	900	87 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro 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	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 ≥ 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]

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	63 di 145

As Tesa Area armature long. trave [cm²] 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	31795	12255	141083	4.411	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)
2	S	1215	109	1216	137669	1035.804	68.5	0.16	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

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/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	18091	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2
2	S	363	37124	71.7	100.0	0.0074	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)
 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/cm²)
 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/cm²)
 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. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
 (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	25.7	80.0	0.0	52.6	-623	71.7	17.5	1755	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	1	71.7	0.0	2450	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*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	-0.00037	0.00019	0.50	0.60	0.000187 (0.000187)	384	0.072 (0.20)	43249
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	64 di 145

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	24.4	80.0	0.0	52.4	-587	71.7	17.5	1750	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	1	71.7	0.0	2450	0.0	0.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00035	0.00018	0.50	0.60	0.000176 (0.000176)	384	0.068 (0.20)	43382
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0

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	20.6	80.0	0.0	51.9	-480	71.7	17.3	1732	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	1	71.7	0.0	2450	0.0	0.0

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	-0.00029	0.00015	0.50	0.40	0.000144 (0.000144)	382	0.055 (0.20)	43890
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0

13.5.2.2 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 ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
	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 ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

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	9097	58036	27290	0
2	900	56	246	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro 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 Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
 As Tesa Area armature long. trave [cm²] 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	58036	9111	133892	2.303	55.2	0.35	0.87	53.1 (12.0)
2	S	900	56	895	131602	1785.189	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

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

VerS = 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/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	27290	38184	71.7	100.0	0.0074	0.1
2	S	246	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

13.5.3 VERIFICA SOLETTA INFERIORE

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-994.77	250.17	3236.20	401	0.00	sis3_nl
	-752.45	22.35	1288.00	421	0.30	sis2_nl
	-994.77	318.04	2706.92	406	0.30	sis1_nl
	-752.45	-160.65	1566.10	434	0.00	sis2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-931.32	156.30	2523.09	401	0.00	slu4_nl
	-648.59	19.49	941.05	417	0.30	slu1_nl
	-931.32	292.78	2294.96	402	0.30	slu2_nl
	-648.59	-241.99	1535.89	434	0.00	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-689.87	141.56	1846.72	401	0.00	rar2_nl
RAR	-689.87	13.55	1009.52	422	0.30	rar5_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-679.55	168.25	1787.19	401	0.00	fre1_nl
FRE	-679.55	21.93	995.31	421	0.30	fre2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-648.59	159.93	1643.77	401	0.00	qpe1_nl
QPE	-648.59	18.80	947.89	420	0.30	qpe2_nl

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

13.5.3.1 Verifica in condizioni statiche

A favore di sicurezza, i calcoli sono stati eseguiti trascurando lo sforzo normale.

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 ²
	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 ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito B1*B2 :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm ²	

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

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	68 di 145

2	-45.0	121.7	26
3	45.0	121.7	26
4	45.0	8.3	26
5	-45.0	16.1	26
6	45.0	16.1	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	10	26
2	2	3	8	26
3	5	6	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	0	252309	0	15630	0
2	0	94105	0	1949	0
3	0	229496	0	29278	0
4	0	153589	0	-24199	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	0	184672	0
2	0	100952	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



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

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	69 di 145

N° Comb.	N	Mx	My
1	0	178719 (120363)	0 (0)
2	0	99531 (120363)	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	0	164377 (120363)	0 (0)
2	0	94789 (120363)	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: 5.2 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)
As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Area armature trave [cm²] 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	0	252309	0	0	503744	0	2.00	116.8(20.9)
2	S	0	94105	0	0	503744	0	5.35	116.8(20.9)
3	S	0	229496	0	0	503744	0	2.20	116.8(20.9)
4	S	0	153589	0	0	503744	0	3.28	116.8(20.9)

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	0.151	-50.0	130.0	0.00192	-45.0	121.7	-0.01966	-45.0	8.3
2	0.00350	0.151	-50.0	130.0	0.00192	-45.0	121.7	-0.01966	-45.0	8.3

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	70 di 145

3	0.00350	0.151	-50.0	130.0	0.00192	-45.0	121.7	-0.01966	-45.0	8.3
4	0.00350	0.151	-50.0	130.0	0.00192	-45.0	121.7	-0.01966	-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	0.000190294	-0.021238168	0.151	0.700
2	0.000000000	0.000190294	-0.021238168	0.151	0.700
3	0.000000000	0.000190294	-0.021238168	0.151	0.700
4	0.000000000	0.000190294	-0.021238168	0.151	0.700

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 V_y 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/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	15630	63793	125.0	100.0	0.0093	0.0
2	S	1949	63793	125.0	100.0	0.0093	0.0
3	S	29278	63793	125.0	100.0	0.0093	0.0
4	S	24199	63793	125.0	100.0	0.0093	0.0

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/cm²]
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/cm²]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] 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	61.1	-50.0	130.0	-1579	-28.6	8.3	2850	116.8
2	S	33.4	-50.0	130.0	-863	36.8	8.3	2850	116.8

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]



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

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	72 di 145

Resis. media a trazione fctm: 29.00 daN/cm²

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
Resist. snerv. di progetto fyd: 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di progetto ftd: 3913.0 daN/cm²
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
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	16.1	26
6	45.0	16.1	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	10	26
2	2	3	8	26
3	5	6	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
---------	---	----	----	----	----

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	73 di 145

1	0	323620	0	25017	0
2	0	128800	0	2235	0
3	0	270692	0	31804	0
4	0	156610	0	-16065	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 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 [cm²] 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	0	323620	0	0	455368	0	1.41	116.8(20.9)
2	S	0	128800	0	0	455368	0	3.54	116.8(20.9)
3	S	0	270692	0	0	455368	0	1.68	116.8(20.9)
4	S	0	156610	0	0	455368	0	2.91	116.8(20.9)

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	0.00111	0.363	-50.0	130.0	0.00090	-45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
2	0.00111	0.363	-50.0	130.0	0.00090	-45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
3	0.00111	0.363	-50.0	130.0	0.00090	-45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
4	0.00111	0.363	-50.0	130.0	0.00090	-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	0.000025225	-0.002165864	0.363	0.893



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

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	74 di 145

2	0.000000000	0.000025225	-0.002165864	0.363	0.893
3	0.000000000	0.000025225	-0.002165864	0.363	0.893
4	0.000000000	0.000025225	-0.002165864	0.363	0.893

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 ²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	25017	63793	125.0	100.0	0.0093	0.0
2	S	2235	63793	125.0	100.0	0.0093	0.0
3	S	31804	63793	125.0	100.0	0.0093	0.0
4	S	16065	63793	125.0	100.0	0.0093	0.0

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14. MURO AD U TIPO 2 $H_{MAX}=5.00M$

14.1 MODELLAZIONE SEMPLIFICATA

La soletta di fondazione del muro a U può essere considerata poggiante su un terreno infinitamente rigido, pertanto è possibile schematizzare il piedritto come una mensola incastrata alla base soggetta ai seguenti carichi:

- spinta del terreno e dell'acqua (a, b);
- spinta orizzontale dovuta alla presenza del ballast (c);
- spinta sismica (d);
- sovraspinta sismica (e);
- incremento della spinta dovuta al carico accidentale (f).

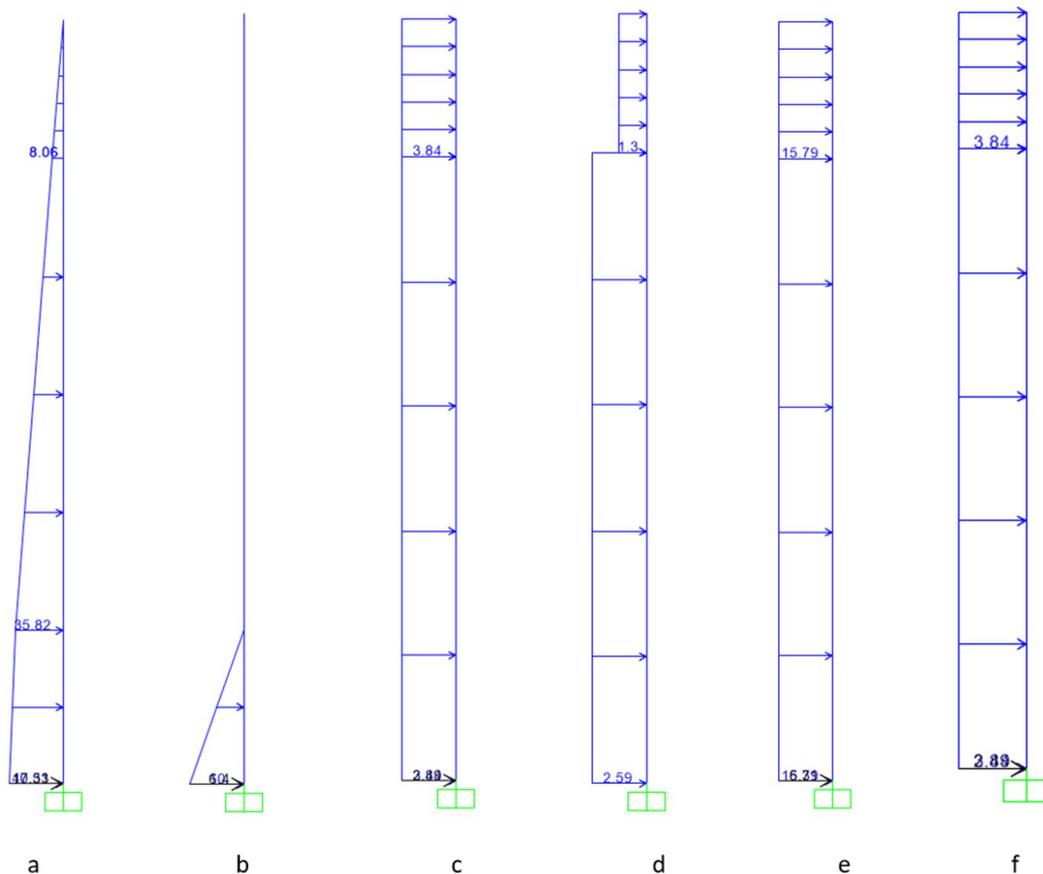


Figura 14-1 – Spinte applicate al piedritto.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Dai quali si ottengono le seguenti sollecitazioni nella sezione d'incastro (la più sollecitata):

M (SLU) = 317.95 kNm (a);

T (SLU) = 180.91 kN (b);

M (SLV) = 411.99 kNm (c);

T (SLV) = 205.55 kN (d);

M (SLE) = 235.52 kNm (e).

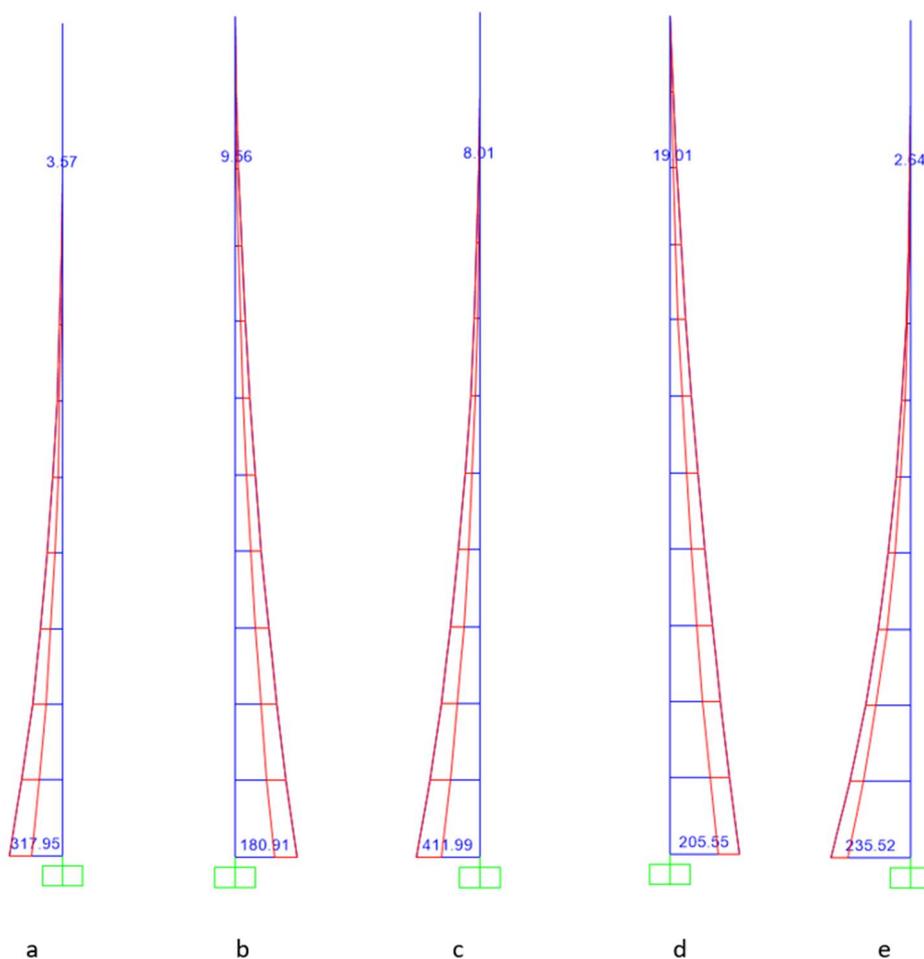


Figura 14-2 – Sollecitazioni piedritto.

I valori di sollecitazione ottenuti sono gli stessi della modellazione adottata nel seguente paragrafo, in cui si considera il muro nella sua totalità.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14.2 MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta a favore di sicurezza pari a 10000 kN/m³.

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

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

dove:

E = modulo elastico del terreno;

ν = coefficiente di Poisson =0.3;

B = larghezza della fondazione.

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

unità	E	ν	B	L	L/B	c_t	k_w
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m ³)
TRV	230	0.3	12.6	30	2.38	1.316	15239

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 10.20 m, l'altezza interna, a partire dal piano campana, è pari 5.00 m, la soletta inferiore e i piedritti hanno spessore di 0.80 m.



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

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	78 di 145

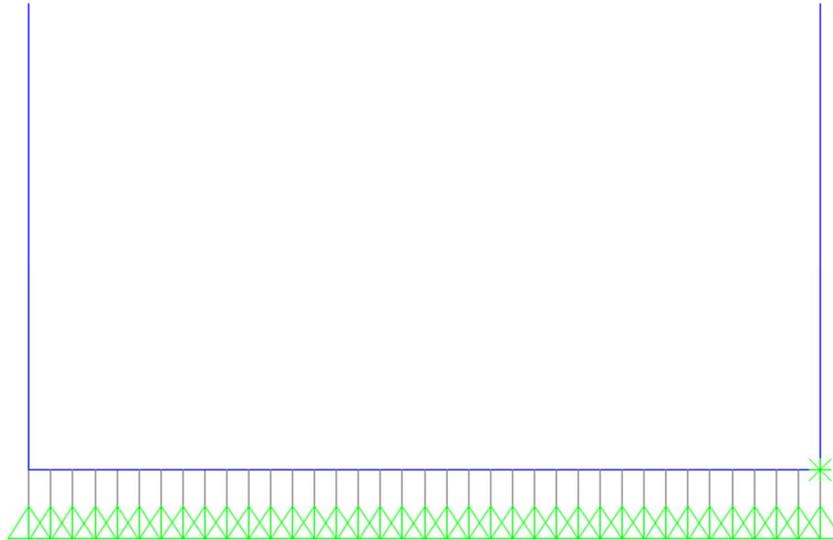


Figura 14-3 – Modello di calcolo.

 ITAFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14.3 ANALISI DEI CARICHI

14.3.1 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/m³.

14.3.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
γ_3	25.00	kN/m ³
S_3	0.60	m
W_3	15.00	kN/m ²
spessore e massetto pendenze		
γ_4	25.00	kN/m ³
S_4	1.00	m
W_4	25.00	kN/m ²
marciapiedi		

Frame Span Loads (permanenti_soletta_inferiore) (As Defined)

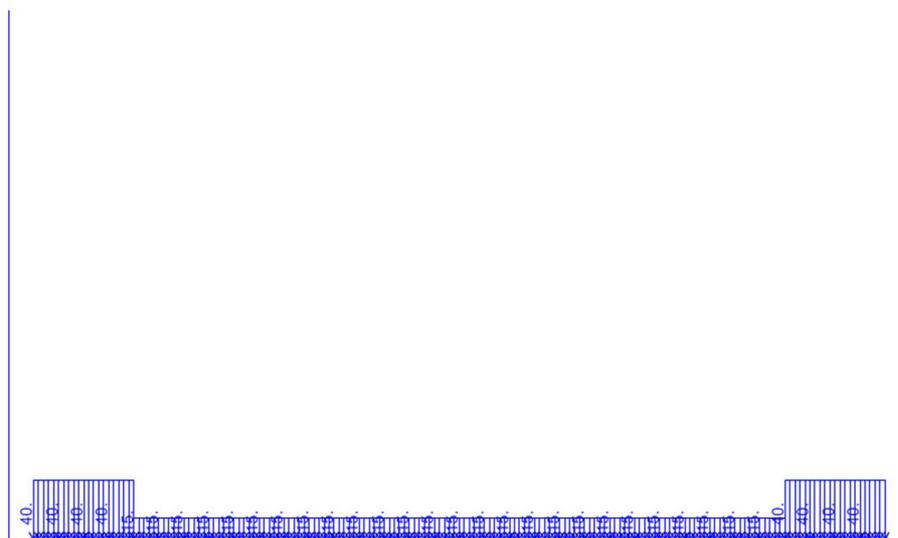


Figura 14-4 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 <p>ITAFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>80 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	80 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	80 di 145								

14.3.3 BALLAST

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

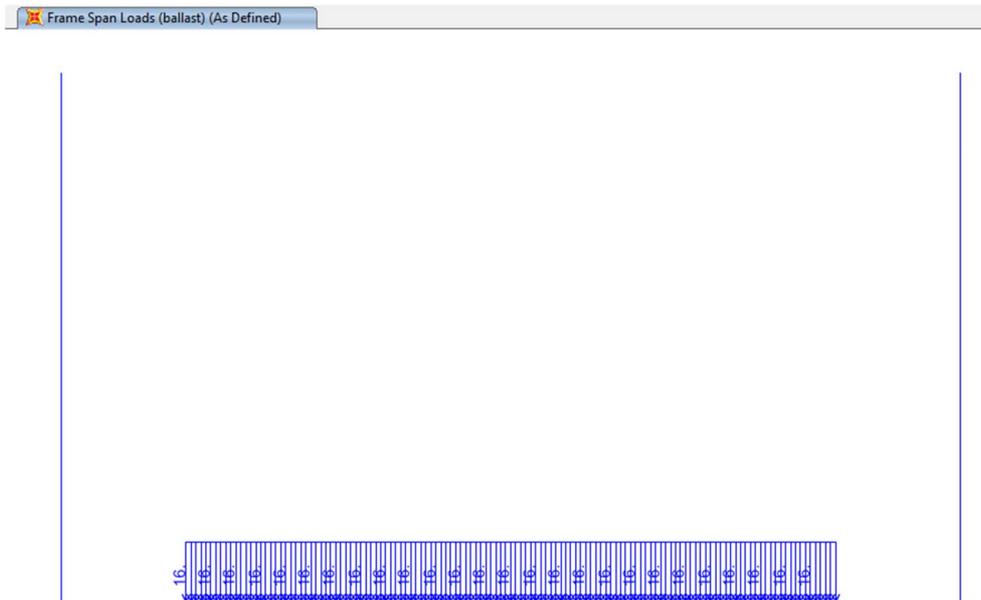


Figura 14-5 – Ballast.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14.3.4 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 ₂ O			
γ_t	21.00	kN/m ³	peso specifico terreno
Φ'_k	35	°	angolo attrito caratteristico
Φ'_d	35	°	angolo attrito di progetto
k_0	0.43	-	
γ_w	10.00	kN/m ³	peso H ₂ O
h_w	4.00	m	quota H ₂ O rispetto p.c.

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m ²)	σ_w (kN/m ²)
0	0.00	0.00
0.9	8.06	0.00
4	35.82	0.00
5.4	42.39	14.00
5.8	44.26	18.00

$F_{t,inf}$	17.33	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
$F_{w,inf}$	6.40	kN/m	spinta H ₂ O su metà spessore soletta inferiore

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	82 di 145



Figura 14-6 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

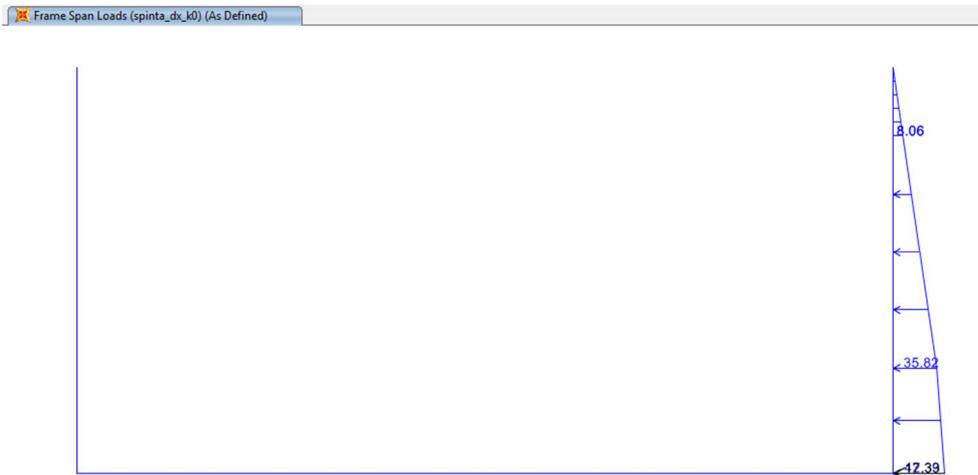


Figura 14-7 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

 <p>ITALFERR 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>TR02: MURO AD U MU02 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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>83 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	83 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	83 di 145								

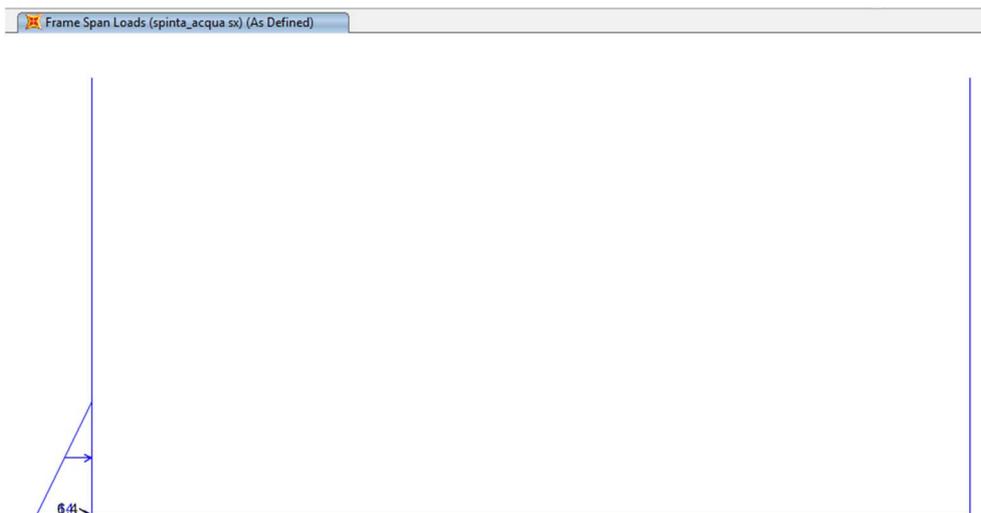


Figura 14-8 – Spinta dell'acqua sul piedritto sinistro.

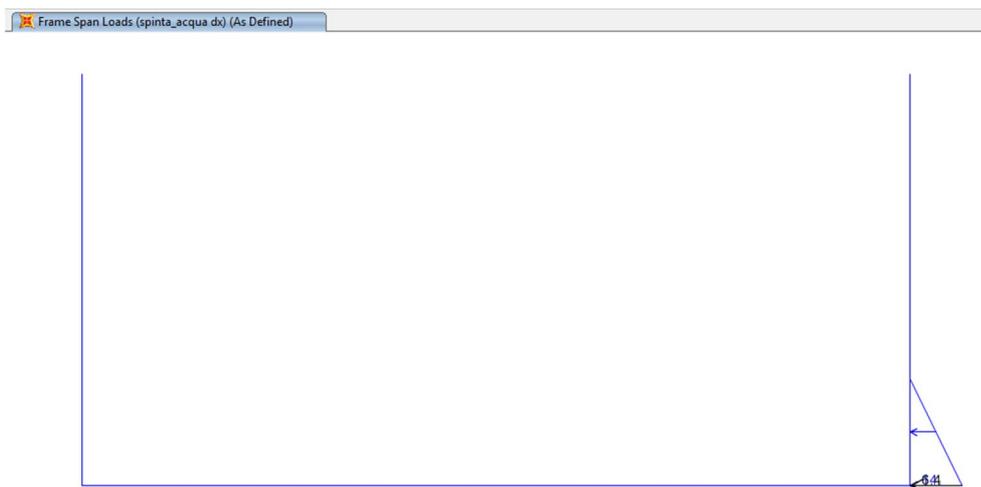


Figura 14-9 – Spinta dell'acqua sul piedritto destro.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14.3.5 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 sono stati considerati il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale, e il treno di carico SW/2 rappresentativo del traffico pesante.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 13-10, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

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

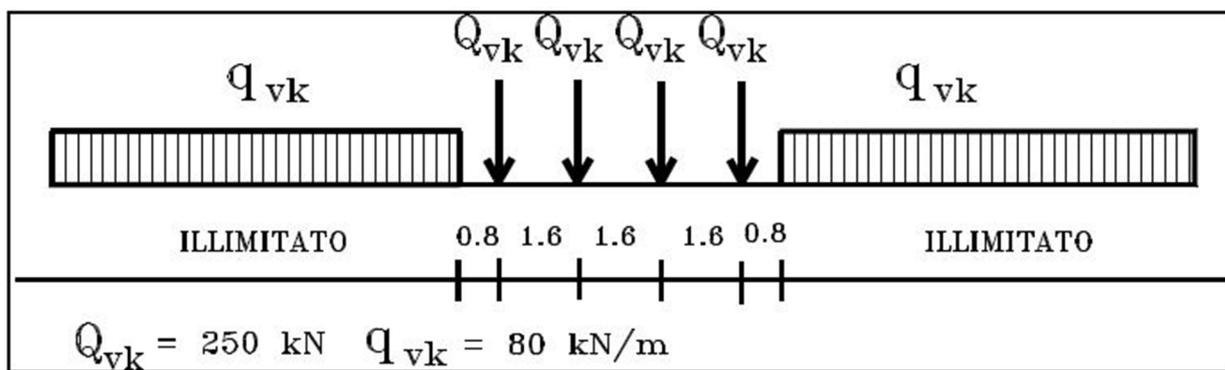
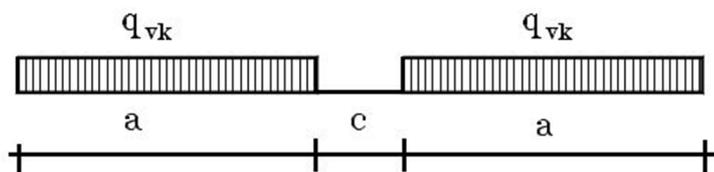


Figura 14-10 – Treno di carico LM71

Il treno di carico SW/2 invece è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un'estensione di 25 m posti ad una distanza, c, di 7.0 m (Figura 13-11).



tipo di carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/2	150	25.0	7.0

Figura 14-11 – Treno di carico SW/2.

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α , il cui valore è riportato nella Figura 13-12.

modello di carico	coefficiente di adattamento α
LM71	1.1
SW/2	1.0

Figura 14-12 – Coefficiente di adattamento α

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

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:

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{ri} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.6 + 0.8/2) \cdot 2 = 4.58 \text{ m}$$

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	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d = 37.57 \text{ kN/m}^2$
SW/2	$q_v = 150 \cdot 1.0 / L_d = 32.79 \text{ kN/m}^2$

Nel modello di calcolo è stato considerato il treno di carico LM71 in quanto più gravoso.

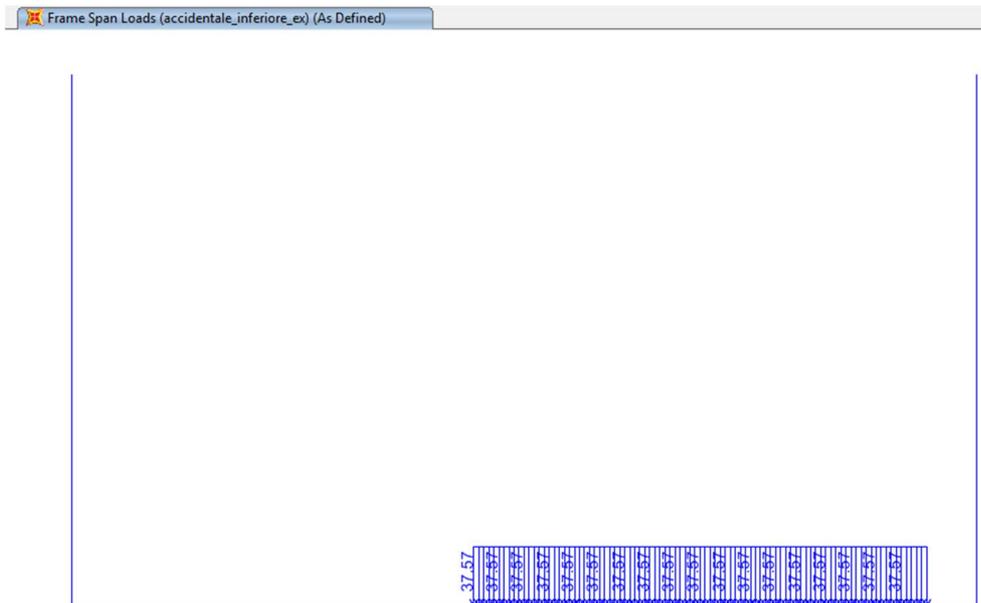


Figura 14-13 – Treno di carico LM71 singolo binario.

 ITALFERR 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												
TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	<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 26</td> <td>CL</td> <td>MU 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>86 di 145</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	86 di 145
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	86 di 145								

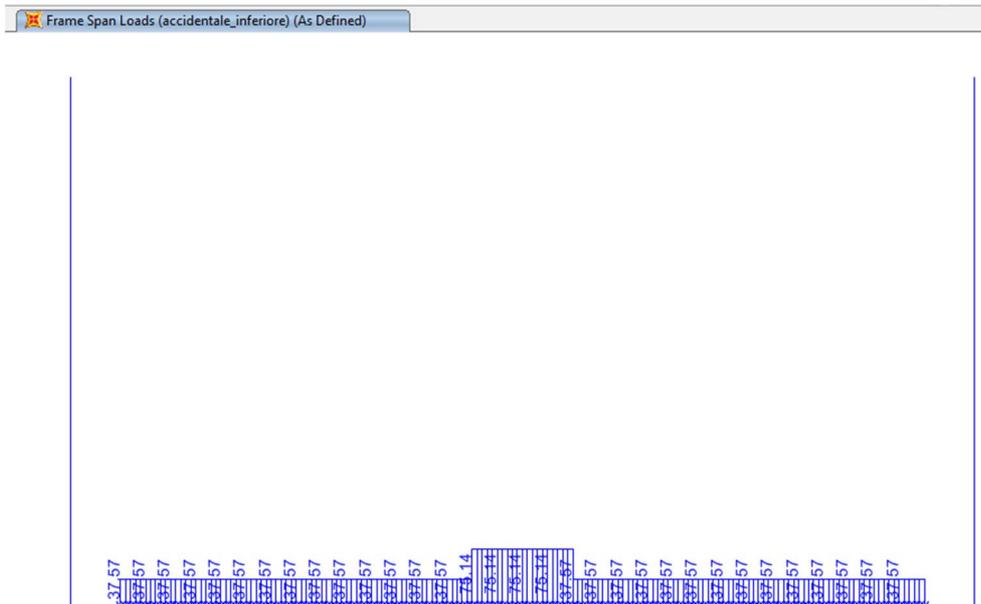


Figura 14-14 – Treno di carico LM71 doppio binario.

14.3.6 SOVRACCARICO ACCIDENTALE A TERGO DELL'OPERA

incremento spinta dovuto al sovraccarico accidentale			
q_{1k}	9	kN/m^2	carico distribuito esterno
σ_h	3.84	kN/m^2	
F_{inf}	1.54	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

 ITAFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

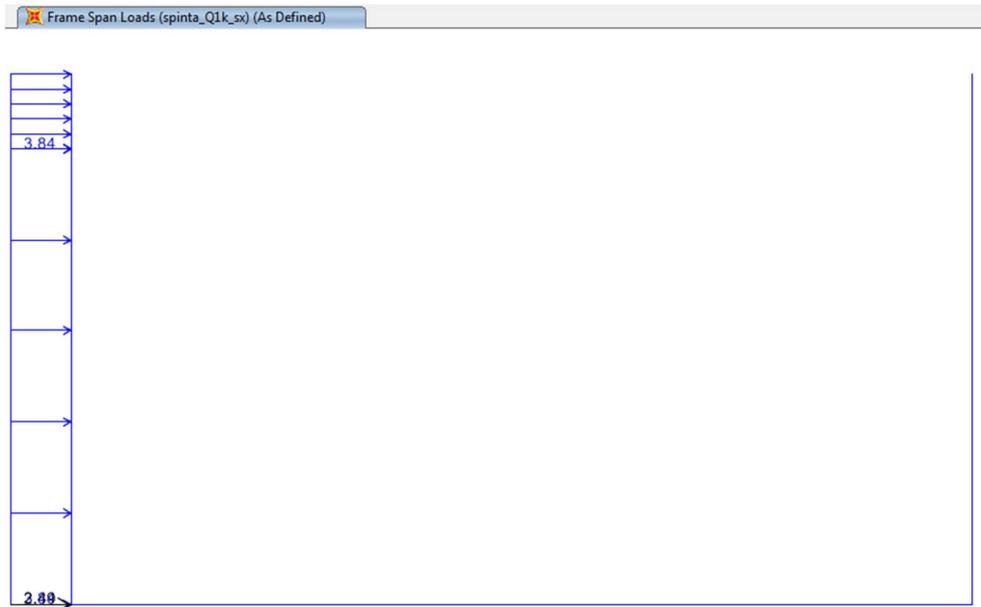


Figura 14-15 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sovraccarico accidentale.

14.3.7 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 β_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 β_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.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

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	0.108	g
S_s	1.2	
S_T	1	
a_{max}	0.130	g
β_m	1	
k_h	0.130	
k_v	0.065	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.30	kN/m ²	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	2.59	kN/m ²	peso proprio s. 0.8m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	5.8	m	altezza complessiva
Δp_d	15.79	kN/m ²	incremento di spinta
F_w	6.31	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	89 di 145

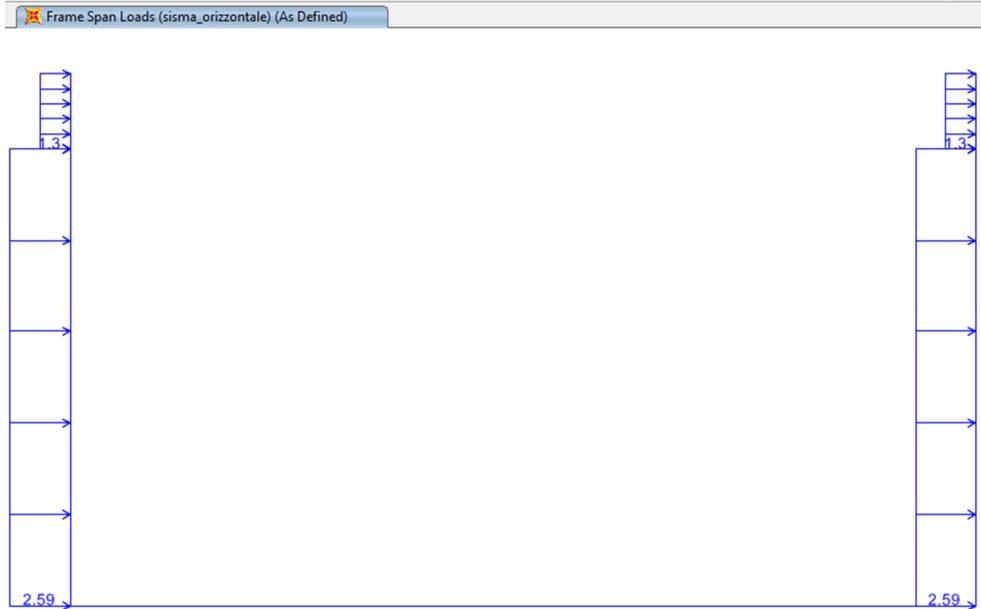


Figura 14-16 – Sisma orizzontale.

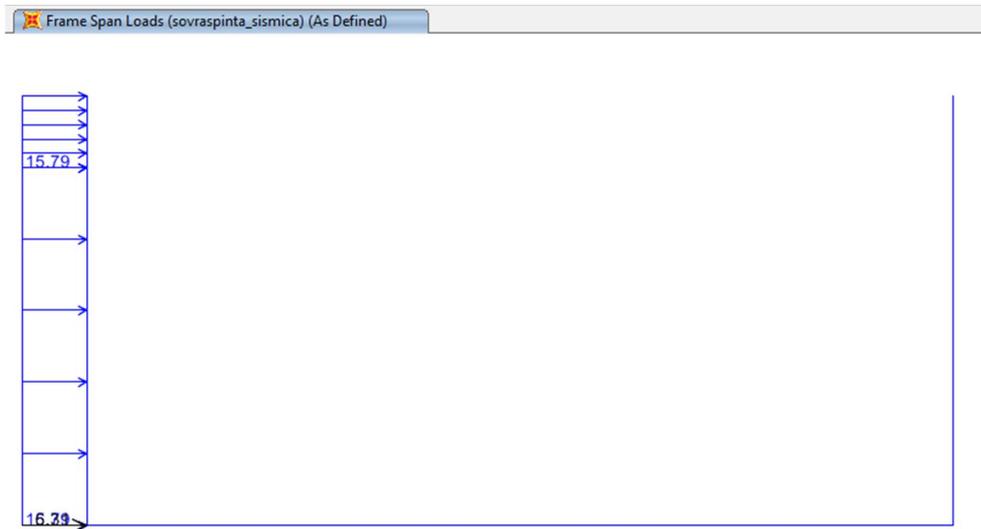


Figura 14-17 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	90 di 145

14.4 COMBINAZIONI DI CALCOLO

Per le combinazioni di calcolo si rimanda al paragrafo 13.4.

14.5 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.

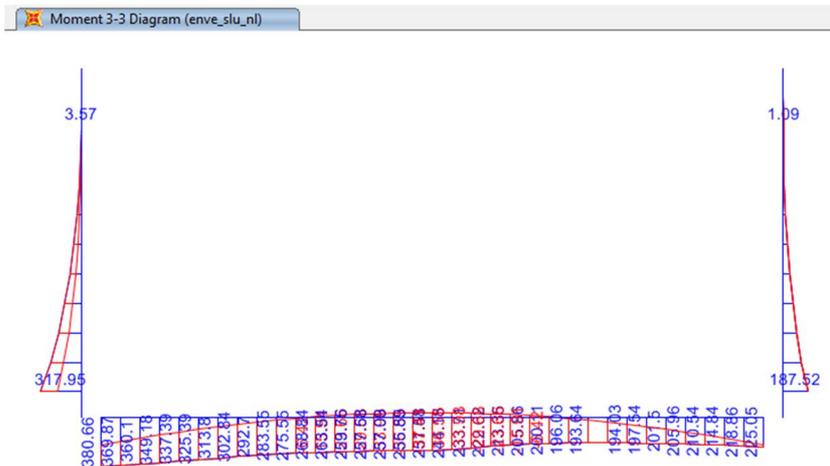


Figura 14-18 – Momento flettente enve-SLU.

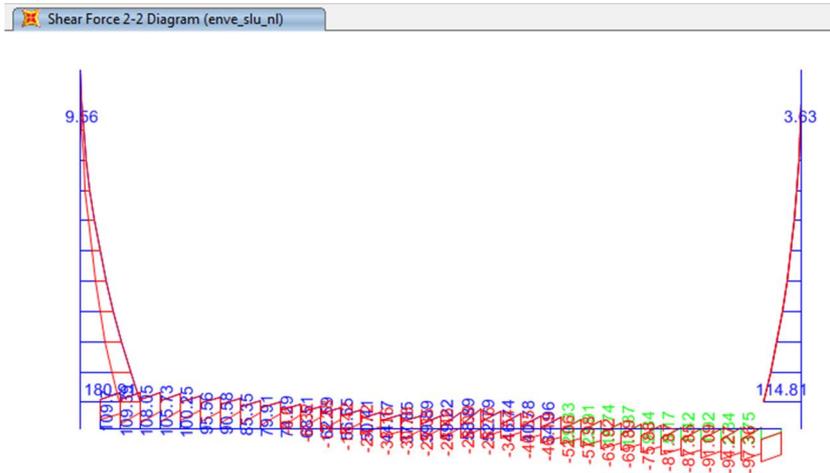


Figura 14-19 – Taglio enve-SLU.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	91 di 145

Moment 3-3 Diagram (enve_slusis_nl)

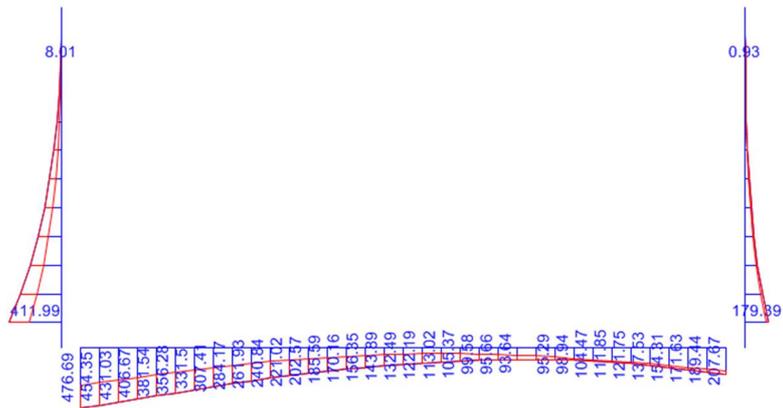


Figura 14-20 – Momento flettente enve-SLV.

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slusis_nl)

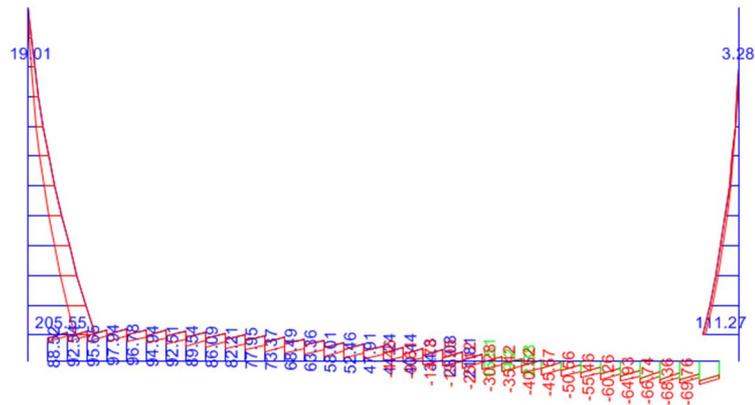


Figura 14-21 – Taglio enve-SLV.

Moment 3-3 Diagram (enve_sle_nl)

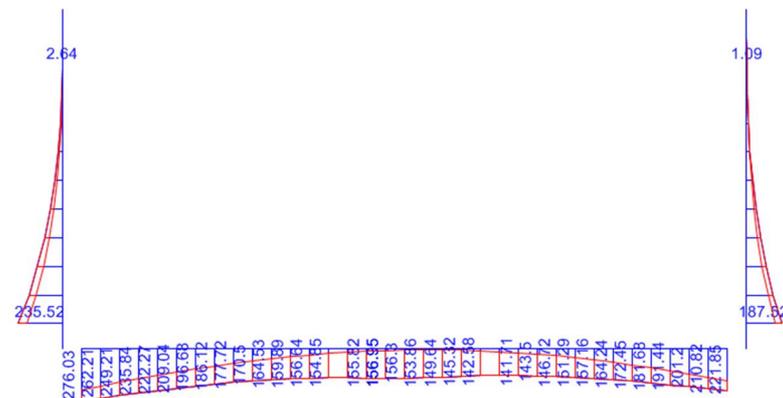


Figura 14-22 – Momento flettente enve-SLE.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14.5.1 VERIFICA PIEDRITTI S.0.8M

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-90.97	205.55	411.99	1	0.40	sis1_nl
	-9.00	2.46	0.56	2	4.50	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-122.81	180.91	317.95	1	0.40	slu2_nl
	-12.15	3.63	1.09	1	4.50	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-90.97	134.01	235.52	1	0.40	rar1_nl
	-9.00	2.90	0.87	2	4.50	rar5_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-90.97	129.21	223.52	1	0.40	fre1_nl
	-9.00	2.90	0.87	2	4.50	fre2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-90.97	114.81	187.52	1	0.40	qpe1_nl
	-9.00	2.90	0.87	2	4.50	qpe2_nl

14.5.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	93 di 145

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 ²
Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00	daN/cm ²
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 ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. B1*B2:	1.00	
Coeff. Aderenza differito B1*B2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
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	31795	18091	0
2	1215	109	363	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	23552
2	900	87

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

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

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	94 di 145

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	22352 (43382)
2	900	87 (0)

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	18752 (43890)
2	900	87 (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 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 ≥ 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 [cm²] 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	31795	12255	141083	4.411	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)
2	S	1215	109	1216	137669	1035.804	68.5	0.16	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

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/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	18091	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	95 di 145

2 S 363 37124 71.7 100.0 0.0074 0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

VerS = combinazione verificata / N = combin. non verificata

Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)
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/cm²)
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/cm²)
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. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	25.7	80.0	0.0	52.6	-623	71.7	17.5	1755	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	1	71.7	0.0	0	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*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	-0.00037	0.00019	0.50	0.60	0.000187 (0.000187)	384	0.072 (0.20)	43249
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	24.4	80.0	0.0	52.4	-587	71.7	17.5	1750	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	1	71.7	0.0	0	0.0	0.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00035	0.00018	0.50	0.60	0.000176 (0.000176)	384	0.068 (0.20)	43382
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0

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	20.6	80.0	0.0	51.9	-480	71.7	17.3	1732	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	0.0	1	71.7	0.0	0	0.0	0.0

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	-0.00029	0.00015	0.50	0.40	0.000144 (0.000144)	382	0.055 (0.20)	43890
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0

14.5.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico
N.T.C.



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

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	96 di 145

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 ²
	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 ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
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	9097	41199	20555	0
2	900	56	246	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	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	97 di 145

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	9097	41199	9111	133892	3.240	55.2	0.35	0.87	53.1 (12.0)
2	S	900	56	895	131602	1785.189	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

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 ²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	20555	38184	71.7	100.0	0.0074	0.1
2	S	246	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14.5.2 VERIFICA SOLETTA INFERIORE

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-264.32	65.47	476.69	401	0.00	sis3_nl
	-191.24	10.83	46.51	419	0.30	sis2_nl
	-264.32	97.94	374.13	404	0.30	sis1_nl
	-191.24	-69.76	189.44	434	0.00	sis2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-247.24	26.96	380.66	401	0.00	slu4_nl
	-159.92	11.56	-37.41	417	0.30	slu1_nl
	-247.24	109.70	335.05	401	0.30	slu5_nl
	-159.92	-97.36	182.57	434	0.00	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-183.14	37.06	276.03	401	0.00	rar2_nl
RAR	-183.14	8.25	22.74	420	0.30	rar5_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-177.34	56.40	258.34	401	0.00	fre1_nl
FRE	-177.34	11.52	18.77	419	0.30	fre2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-159.92	53.83	216.87	401	0.00	qpe1_nl
QPE	-159.92	11.23	6.00	418	0.30	qpe2_nl

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

14.5.2.1 Verifica in condizioni statiche

A favore di sicurezza, i calcoli sono stati eseguiti trascurando lo sforzo normale.

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:	Rettagonolare
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 ²
	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 ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
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

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	100 di 145

N°Comb.	N	Momento torcente [daN m]		MT
		Mx	Vy	
1	0	38066	2696	0
2	0	-3741	1156	0
3	0	33505	10970	0
4	0	18257	-9736	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	0	27603
2	0	2274

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	25834 (42538)
2	0	1877 (42538)

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	0	21687 (42538)
2	0	600 (42538)

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 ≥ 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 [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	101 di 145

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	38066	9	137413	3.610	69.8	0.14	0.70	53.1 (12.0)
2	S	0	-3741	9	-137413	36.732	10.2	0.14	0.70	53.1 (12.0)
3	S	0	33505	9	137413	4.101	69.8	0.14	0.70	53.1 (12.0)
4	S	0	18257	9	137413	7.527	69.8	0.14	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	0.00064	71.7	-0.02120	8.3
2	0.00350	0.0	0.00064	8.3	-0.02120	71.7
3	0.00350	80.0	0.00064	71.7	-0.02120	8.3
4	0.00350	80.0	0.00064	71.7	-0.02120	8.3

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 ²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	2696	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
2	S	1156	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	10970	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
4	S	-9736	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm ²])
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 ²])
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 ²]
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 ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

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	26.0	80.0	0.0	56.8	-815	71.7	18.9	1895	53.1	9.3

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	102 di 145

2	S	2.1	80.0	0.0	56.8	-67	71.7	18.9	1895	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; $= (e1 + e2) / (2 \cdot e2)$ 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	-0.00048	0.00019	0.50	0.60	0.000244 (0.000244)	396	0.097 (0.20)	42538
2	S	-0.00004	0.00002	0.50	0.60	0.000020 (0.000020)	396	0.008 (0.20)	42538

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	24.3	80.0	0.0	56.8	-763	71.7	18.9	1895	53.1	9.3
2	S	1.8	80.0	0.0	56.8	-55	71.7	18.9	1895	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	-0.00045	0.00018	0.50	0.60	0.000229 (0.000229)	396	0.091 (0.20)	42538
2	S	-0.00003	0.00001	0.50	0.60	0.000017 (0.000017)	396	0.007 (0.20)	42538

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	20.4	80.0	0.0	56.8	-640	71.7	18.9	1895	53.1	9.3
2	S	0.6	80.0	0.0	54.3	-18	71.7	18.9	1892	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	-0.00037	0.00015	0.50	0.40	0.000192 (0.000192)	396	0.076 (0.20)	42538
2	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.40	0.000005 (0.000005)	396	0.002 (0.20)	42538

14.5.2.2 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:	Rettilineo
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	103 di 145

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	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 ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
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	0	47669	6547	0
2	0	4651	1083	0
3	0	37413	9794	0
4	0	18944	-6976	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 >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	104 di 145

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 [cm²] 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	0	47669	18	132351	2.776	57.4	0.32	0.83	53.1 (12.0)
2	S	0	4651	18	132351	28.457	57.4	0.32	0.83	53.1 (12.0)
3	S	0	37413	18	132351	3.538	57.4	0.32	0.83	53.1 (12.0)
4	S	0	18944	18	132351	6.986	57.4	0.32	0.83	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	0.00090	80.0	0.00057	71.7	-0.00196	8.3
2	0.00090	80.0	0.00057	71.7	-0.00196	8.3
3	0.00090	80.0	0.00057	71.7	-0.00196	8.3
4	0.00090	80.0	0.00057	71.7	-0.00196	8.3

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/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	6547	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
2	S	1083	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	9794	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
4	S	-6976	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

15. 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 – 4.5 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 γ_p (o γ_g)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(a)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0
	Sfavorevole		1,5

^(a) Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.1. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{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.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	106 di 145

MURO AD U TIPO 1		
h_{netta}	9.45 m	altezza interna U
L_1	0.90 m	lunghezza sbalzi laterali
L_2	14.40 m	lunghezza complessiva soletta inferiore
s_{inf}	1.30 m	spessore soletta inferiore
s_{pied1}	0.40 m	spessore piedritti tratto 1
s_{pied2}	0.80 m	spessore piedritti tratto 2
s_{pied3}	1.20 m	spessore piedritti tratto 3
h_{pied1}	0.90 m	altezza piedritti tratto 1
h_{pied2}	4.10 m	altezza piedritti tratto 2
h_{pied3}	4.45 m	altezza piedritti tratto 3
A	36.68 m ²	area sezione trasversale muro
W_{pm}	917.00 kN/m	peso sezione trasversale muro
γ_r	20.00 kN/m ³	peso specifico riempimento
W_{pr}	340.20 kN/m	peso riempimento su sbalzi soletta inferiore
$W_{stab,k}$	1257.20 kN/m	azione stabilizzante di calcolo
$\gamma_{g1,fav}$	0.9	
$W_{stab,d}$	1131.48 kN/m	azione stabilizzante di progetto
γ_w	10.00 kN/m ³	peso specifico H ₂ O
H_w	6.25 m	altezza H ₂ O da intradosso soletta inferiore
L	14.4 m	
$G_{inst,k}$	900.00 kN/m	azione instabilizzante di calcolo
$\gamma_{g1,fav}$	1.1	
$G_{inst,d}$	990.00 kN/m	azione instabilizzante di progetto

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	107 di 145

MURO AD U TIPO 2		
h_{netta}	5.00 m	altezza interna U
L_1	0.00 m	lunghezza sbalzi laterali
L_2	11.80 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	16.72 m ²	area sezione trasversale muro
W_{pm}	418.00 kN/m	peso sezione trasversale muro
γ_r	20.00 kN/m ³	peso specifico riempimento
W_{pr}	0.00 kN/m	peso riempimento su sbalzi soletta inferiore
$W_{stab,k}$	418.00 kN/m	azione stabilizzante di calcolo
$\gamma_{g1,fav}$	0.9	
$W_{stab,d}$	376.20 kN/m	azione stabilizzante di progetto
γ_w	10.00 kN/m ³	peso specifico H ₂ O
H_w	1.30 m	altezza H ₂ O da intradosso soletta inferiore
L	11.8 m	
$G_{inst,k}$	153.40 kN/m	azione instabilizzante di calcolo
$\gamma_{g1,fav}$	1.1	
$G_{inst,d}$	168.74 kN/m	azione instabilizzante di progetto

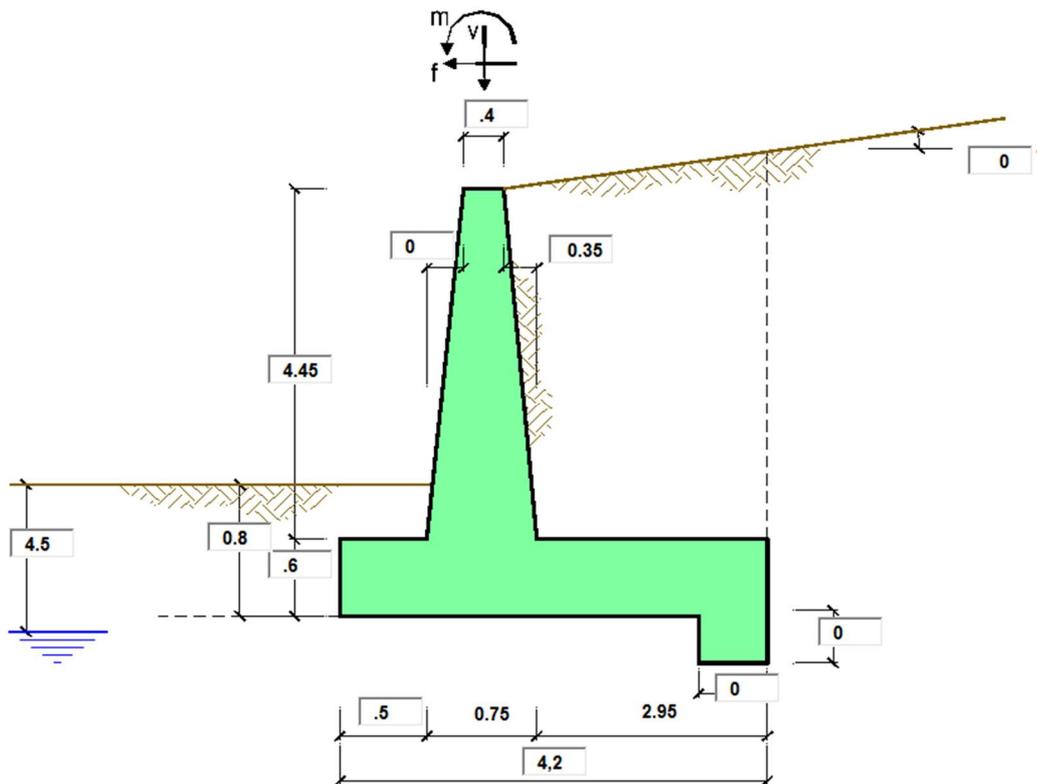
La verifica risulta soddisfatta.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	108 di 145

16. PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI CONTRORIPA “TIPO 1”

16.1 DATI DI INPUT



Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	4.45	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.35	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.20	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.60	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.95	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.10	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	109 di 145

Condizioni drenate

Dati Geotecnici			valori caratteristici SLE		valori di progetto	
			STR/GEO	EQU	STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	27.00	27.00	27.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ'	21.00	21.00	21.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	0.00	0.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni		<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate			
	Coesione Terreno di Fondazione	(kPa)	c_1'	26.00	26.00	26.00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	ϕ_1'	27.00	27.00	27.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	γ_1	21.00	21.00	21.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γ_d	20.00	20.00	20.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	8.00		
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	23000		

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.108	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.5	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.38	(-)	RIBALTAMENTO
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.06156	(-)	β_s 0.57
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0308	(-)	kh 0.09234
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no			kv 0.04617

		STR/GEO		RIB	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.376	0.376	0.376
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.414	0.414	0.434
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.417	0.417	0.441
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	2.663	2.663	2.663
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	2.563	2.563	2.514
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	2.557	2.557	2.499

Carichi Agenti			valori caratteristici SLE - sisma		valori di progetto	
			STR/GEO	EQU	STR/GEO	EQU
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	qp	16.62	21.60	21.60
	Sovraccarico su zattera di monte <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no					
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	fp	0.00	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	vp	1.00	1.00	1.00
Condizioni Statiche	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	mp	0.00	0.00	0.00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m ²)	q	0.00	0.00	0.00
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	f	0.00	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	v	0.00	0.00	0.00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche	(kNm/m)	m	0.00	0.00	0.00
Condizioni Sismiche	Coefficienti di combinazione	condizione frequente Ψ_1	1.00	condizione quasi permanente Ψ_2	0.00	0.00
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m ²)	qs	0.00		
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	fs	0.00		
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	vs	0.00		
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kNm/m)	ms	0.00		

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	110 di 145

Condizioni non drenate

Dati Geotecnici			valori caratteristici SLE		valori di progetto	
			STR/GEO	EQU	STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	27.00	27.00	27.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ'	21.00	21.00	21.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	0.00	0.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni		<input type="radio"/> drenate <input checked="" type="radio"/> Non Drenate			
	Resistenza a Taglio non drenata	(kPa)	cu	200.00	200.00	200.00
	Angolo di attrito Terreno-Fondazione	(°)	ϕ_1'	27.00	27.00	27.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	γ_1	21.00	21.00	21.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γ_d	20.00	20.00	20.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	8.00		
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	10000		

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.108	(-)		
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_S	1.5	(-)		
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)		
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.38	(-)	RIBALTAMENTO	
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.06156	(-)	β_s	0.57
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0308	(-)	kh	0.09234
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no			kv	0.04617

			STR/GEO	RIB
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.376	0.376
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.414	0.434
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.417	0.441
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	1.000	1.000
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	1.000	1.000
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	1.000	1.000

Carichi Agenti			valori caratteristici SLE - sisma		valori di progetto	
			STR/GEO	EQU	STR/GEO	EQU
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	qp	16.62	21.60	21.60
	Sovraccarico su zattera di monte <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no					
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	fp	0.00	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	vp	1.00	1.00	1.00
Condizioni Statiche	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	mp	0.00	0.00	0.00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m ²)	q	0.00	0.00	0.00
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	f	0.00	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	v	0.00	0.00	0.00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche	(kNm/m)	m	0.00	0.00	0.00
Condizioni Sismiche	Coefficienti di combinazione	condizione frequente Ψ_1	1.00	condizione quasi permanente Ψ_2	0.00	0.00
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m ²)	qs	0.00		
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	fs	0.00		
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	vs	0.00		
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kNm/m)	ms	0.00		

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	111 di 145

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls

Rck = 40 (MPa)
fck = 32 (MPa)
fcm = 40 (MPa)
Ec = 33346 (MPa)
 α_{cc} = 0.85
 γ_c = 1.50

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ = 18.13 (MPa)
 $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ = 3.02 (MPa)

Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche

σ_c = 19.2 Mpa
 σ_f = 360 Mpa

condizioni sismiche

σ_c = 19.2 Mpa
 σ_f = 360 Mpa

Valore limite di apertura delle fessure

Frequente 0.2 mm
Quasi Permanente 0.2 mm

Acciaio

tipo di acciaio

f_{yk} = 450 (MPa)
 γ_s = 1.15
f_{yd} = f_{yk} / γ_s / γ_E = 391.30 (MPa)
E_s = 210000 (MPa)
 ϵ_{ys} = 0.19%

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 8.00 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 5.00 (cm)

Interferro tra I e II strato

i_{I-II} = 5.00 (cm)

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	112 di 145

17. ANALISI DEI CARICHI

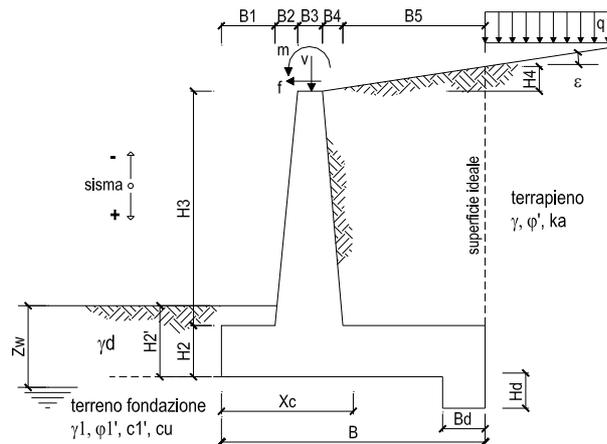
Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tutti i carichi elementari si riferiscono all'unità di sviluppo del muro, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

17.1 PESI PROPRI

Il peso proprio del muro è calcolato in automatico dal foglio di calcolo elettronico.

I dati di input per i muri su fondazione diretta sono i seguenti:



DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	4.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.31	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	4.20	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.60	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	2.99	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	2.10	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

Figura 17-1 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno con fondazione diretta – tipo I.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

17.2 CARICHI PERMANENTI

17.2.1 SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA

Il manuale di progettazione ove non si eseguano valutazioni più dettagliate prevede per la determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata e dell'armamento (sovrastuttura ferroviaria) che potrà effettuarsi assumendo, convenzionalmente, un peso di volume pari a $18,0 \text{ kN/m}^3$ applicato sull'impronta del ballast, per una altezza media fra il piano del ferro (P.F.) e l'estradosso del sub-ballast pari a $0,80 \text{ m}$ (al carico è stato poi applicato un coefficiente parziale di sicurezza pari a $1,5$).

$$p = 18,0 \text{ kN/m}^3 \times 0,80 \text{ m} = 14,40 \text{ kPa}$$

17.2.2 PARAPETTO METALLICO

Per il parapetto metallico si considerano le seguenti azioni agenti sul muro:

$$V_{\text{parapetto}} = 1,00 \text{ kN/m}$$

17.2.3 SPINTA DEL TERRENO

A tergo del muro agisce la spinta del terreno del rilevato.

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta attiva k_a .

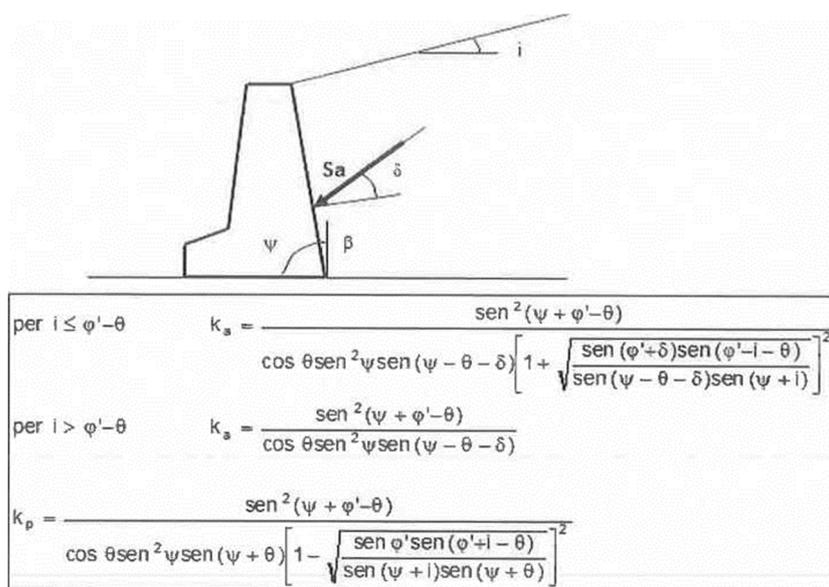


Figura 17-2 – Coefficiente di spinta attiva e passiva.

La spinta sull'opera di sostegno dovrà essere applicata sul piano verticale, assunto come paramento virtuale del muro, definito a partire dall'estremo a monte della scarpa di fondazione.

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Su tale paramento l'angolo di inclinazione δ della risultante della spinta (applicata ad 1/3 dell'altezza del paramento virtuale) si potrà assumere uguale all'angolo di inclinazione β del terrapieno, a meno che β non sia superiore all'angolo di resistenza al taglio del terreno ϕ' , nel qual caso si assumerà $\delta = \phi'$.

<i>Dati Geotecnici</i>			valori caratteristici SLE	valori di progetto	
				STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	27.00	27.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ'	21.00	21.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	0.00

Figura 17-3 – Dati geotecnici – muro tipo I.

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	115 di 145

CALCOLO DELLE AZIONI

17.2.4 FORZE VERTICALI E INERZIALI

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	0.00	0.00	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	44.50	44.50	44.50
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	19.47	19.47	19.47
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	63.00	63.00	63.00
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	0.00	0.00	0.00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	126.97	126.97	126.97

- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	275.68	275.68	275.68
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	0.00	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	16.35	16.35	16.35
Sovr =	$qp \cdot (B4+B5)$	0.00	0.00	0.00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	292.03	292.03	292.03

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	0	0	
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B4+B5)$	0		

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	0.00	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	31.15	31.15	31.15
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	19.79	19.79	19.79
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	132.30	132.30	132.30
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	0.00	0.00	0.00
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	183.24	183.24	183.24

- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	751.22	751.22	751.22
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	0.00	0.00	0.00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	18.53	18.53	18.53
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	0.00	0.00	0.00
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	769.76	769.76	769.76

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	0	0	
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	0		

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	116 di 145

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$P_m \cdot kh$	(kN/m)	7.82	11.72
Ps v =	$P_m \cdot kv$	(kN/m)	3.91	5.86

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

Ptsh =	$P_t \cdot kh$	(kN/m)	17.98	26.97
Ptsv =	$P_t \cdot kv$	(kN/m)	8.99	13.48

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

MPs1 h=	$kh \cdot P_m1 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs2 h=	$kh \cdot P_m2 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	7.74	11.61
MPs3 h=	$kh \cdot P_m3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	2.50	3.75
MPs4 h=	$kh \cdot P_m4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	1.16	1.75
MPs5 h=	$-kh \cdot P_m5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs h=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	11.40	17.10

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

MPs1 v=	$kv \cdot P_m1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs2 v=	$kv \cdot P_m2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0.96	1.44
MPs3 v=	$kv \cdot P_m3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	0.61	0.91
MPs4 v=	$kv \cdot P_m4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	4.07	6.11
MPs5 v=	$kv \cdot P_m5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs v=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	5.64	8.46

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

MPts1 h=	$kh \cdot P_t1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	47.94	71.91
MPts2 h=	$kh \cdot P_t2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPts3 h=	$kh \cdot P_t3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	3.59	5.39
MPts h=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	51.53	77.30

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

MPts1 v=	$kv \cdot P_t1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	23.12	34.68
MPts2 v=	$kv \cdot P_t2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPts3 v=	$kv \cdot P_t3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.72	1.08
MPts v=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	23.84	35.76

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	117 di 145

17.2.5 SPINTE IN CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB	
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot ka$	(kN/m)	100.56	130.72	130.72
Sq perm =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot ka$	(kN/m)	31.51	40.96	40.96
Sq acc =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot ka$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	100.56	130.72	130.72
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	31.51	40.96	40.96
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente verticale condizione statica

Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sqv perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sqv acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

Sp =	$\frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
------	---	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB	
MSt1 =	$St \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$	(kNm/m)	169.27	220.05	220.05
MSt2 =	$St \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSq1 perm =	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	(kNm/m)	79.56	103.43	103.43
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSq2 perm =	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSq2 acc =	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSp =	$\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 =	$mp + m$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mfext2 =	$(fp + f) \cdot (H_3 + H_2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mfext3 =	$(vp + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$	(kNm/m)	0.70	0.70	0.70

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

17.2.6 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
$Sst1\ stat = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	100.56	100.56	100.56
$Sst1\ sism = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1\ stat$	(kN/m)	13.77	13.77	21.11
$Ssq1\ perm = qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	34.76	34.76	36.44
$Ssq1\ acc = qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente orizzontale condizione sismica +

$Sst1h\ stat = Sst1\ stat \cdot \cos\delta$	(kN/m)	100.56	100.56	100.56
$Sst1h\ sism = Sst1\ sism \cdot \cos\delta$	(kN/m)	13.77	13.77	21.11
$Ssq1h\ perm = Ssq1\ perm \cdot \cos\delta$	(kN/m)	34.76	34.76	36.44
$Ssq1h\ acc = Ssq1\ acc \cdot \cos\delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente verticale condizione sismica +

$Sst1v\ stat = Sst1\ stat \cdot \sin\delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
$Sst1v\ sism = Sst1\ sism \cdot \sin\delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
$Ssq1v\ perm = Ssq1\ perm \cdot \sin\delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
$Ssq1v\ acc = Ssq1\ acc \cdot \sin\delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^+ + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1+kv) \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
--	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
$MSst1\ stat = Sst1h\ stat \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	169.27	169.27	169.27
$MSst1\ sism = Sst1h\ sism \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	23.18	23.18	35.54
$MSst2\ stat = Sst1v\ stat \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
$MSst2\ sism = Sst1v\ sism \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
$MSsq1 = Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	87.76	87.76	92.02
$MSsq2 = Ssq1v \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
$MSp = \gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot kps^+ \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$Mfext1 = mp+ms$	(kNm/m)		0.00	
$Mfext2 = (fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)		0.00	
$Mfext3 = (vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)		0.70	

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	119 di 145

17.2.7 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	100.56	100.56	100.56
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- \cdot Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	7.62	7.62	11.97
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	34.97	34.97	36.97
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	100.56	100.56	100.56
Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	7.62	7.62	11.97
Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	34.97	34.97	36.97
Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^- + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot kps^- \cdot H2') \cdot Hd$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
--	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	169.27	169.27	169.27
MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	12.83	12.83	20.15
MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	88.31	88.31	93.34
MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSp = $\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^- / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1' \cdot kps^- \cdot H2') \cdot Hd^2 / 2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = $mp+ms$	(kNm/m)		0.00	
Mfext2 = $(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)		0.00	
Mfext3 = $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)		0.70	

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

17.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

17.3.1 VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv \text{ perm}} + S_{qv \text{ acc}}$	420.00	(kN/m)		
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{th} + S_{qh} + f$	171.69	(kN/m)		
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \text{tg}\phi_1'$	0.51	(-)		
Fs scorr.	$(N \cdot f + S_p) / T$	1.25	>	1.1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$	953.70	(kNm/m)		
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$	323.48	(kNm/m)		
Fs ribaltamento	M_s / M_r	2.95	>	1.15

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ S_{ovr \text{ acc}})$	420.00	420.00	420.00	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$	171.69	171.69	171.69	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$	630.22	630.22	630.22	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$	251.78	251.78	251.78	(kNm/m)

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

c'	coesione terreno di fondaz.	26.00		(kPa)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	27.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.81		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	16.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.60	0.60	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.00	3.00	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	13.20		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$	(2+ π in cond. nd)	23.94		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi')$	(0 in cond. nd)	14.47		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0.49	0.49	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.45	0.45	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi')))^{m+1}$		0.34	0.34	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	530.84	530.84	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	3.79	>	1.4
		N_{max}	3.79	>	

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

17.3.2 VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$	432.90	(kN/m)		
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$	174.88	(kN/m)		
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \tan \phi_1'$	0.51	(-)		
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	1.26	>		1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$	953.70	(kNm/m)		
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pTs}$	347.01	(kNm/m)		
$F_r = M_s / M_r$	2.75	>		1

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr \text{ acc})$	432.90	432.90	432.90	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$	174.88			(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$	640.03		640.03	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$	269.05		269.05	(kNm/m)

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c'ic + q_0N_q'iq + 0,5\gamma_1B^*N_\gamma'i_\gamma$$

$c1'$	coesione terreno di fondaz.	26.00		(kN/mq)
$\varphi1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	27.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.81		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d^*H2'$	sovraccarico stabilizzante	16.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.62	0.62	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2.96	2.96	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\varphi'))}$	(1 in cond. nd)	13.20		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	23.94		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	14.47		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^*c' \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.49	0.49	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.45	0.45	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^*c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0.34	0.34	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	528.66	528.66	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	3.61	>	1.2
		N_{max}	3.61	>	

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$		407.10	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$		168.95	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \text{tg}\phi_1'$		0.51	(-)	
Fs = (N*f + Sp) / T		1.23	>	1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$		953.70	(kNm/m)	
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$		421.38	(kNm/m)	
Fr = Ms / Mr		2.26	>	1

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$		407.10	407.10	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - Sp$		168.95		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$		590.88	590.88	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c * N - MM$		264.04	264.04	(kNm/m)

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B N_\gamma i_\gamma$$

c'	coesione terreno di fondaz.	26.00		(kN/mq)
ϕ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	27.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.81		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H^2$	sovraccarico stabilizzante	16.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.65	0.65	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2.90	2.90	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) e^{(\pi \text{tg}(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	13.20		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$	(2+ π in cond. nd)	23.94		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\phi')$	(0 in cond. nd)	14.47		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.48	0.48	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.44	0.44	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^{m+1}$		0.34	0.34	(-)

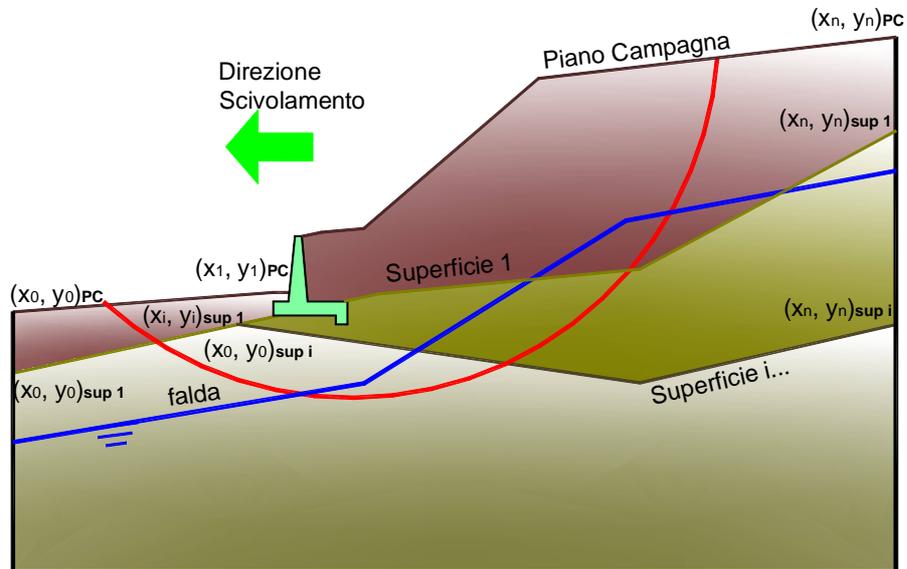
(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	517.29	517.29	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} B^* / N$	N_{min}	3.69	>	1.2
		N_{max}	3.69	>	

17.3.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. DRENATE

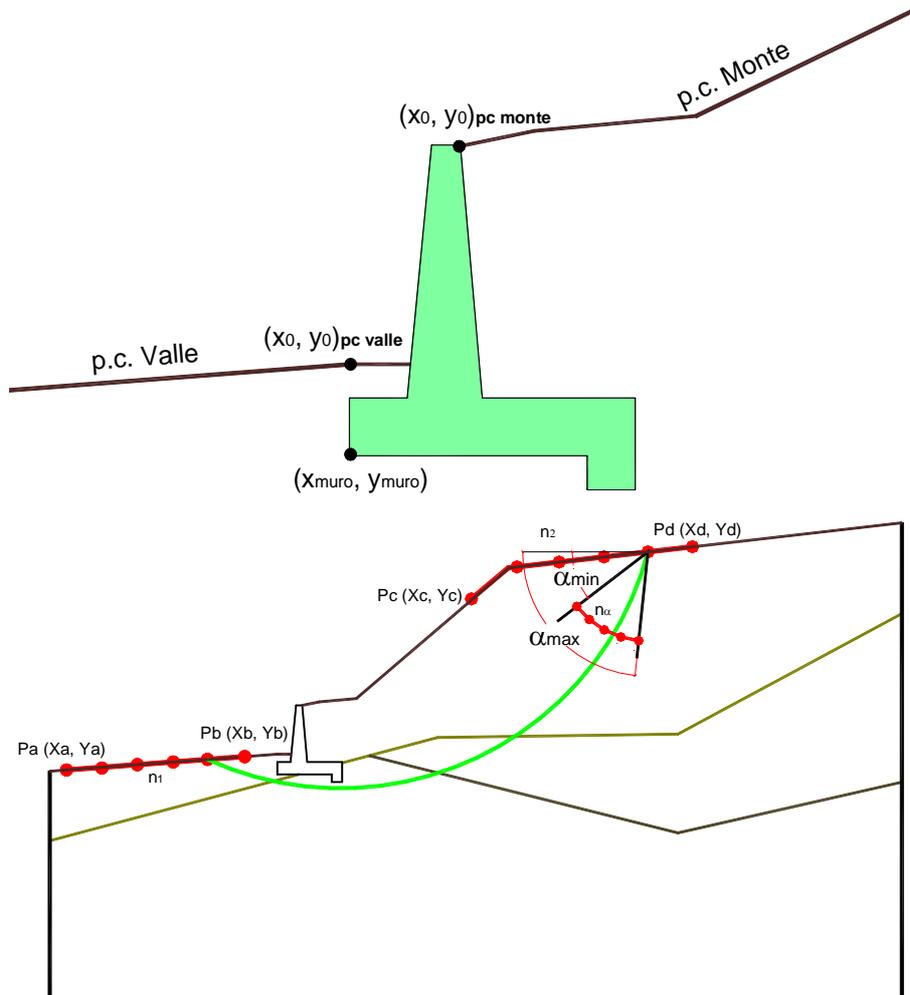
Le analisi di stabilità, di seguito riportate, sono state effettuate limitando la ricerca delle potenziali superfici di scorrimento critiche alla fascia più prossima alla linea ferroviaria.



	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]	Descrizione
materiale 1	21.00	27	0	Rilevato - riporto
materiale 2	21	27	26	Unità geotecnica 3 - TRV
materiale 3				
materiale 4				

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	127 di 145



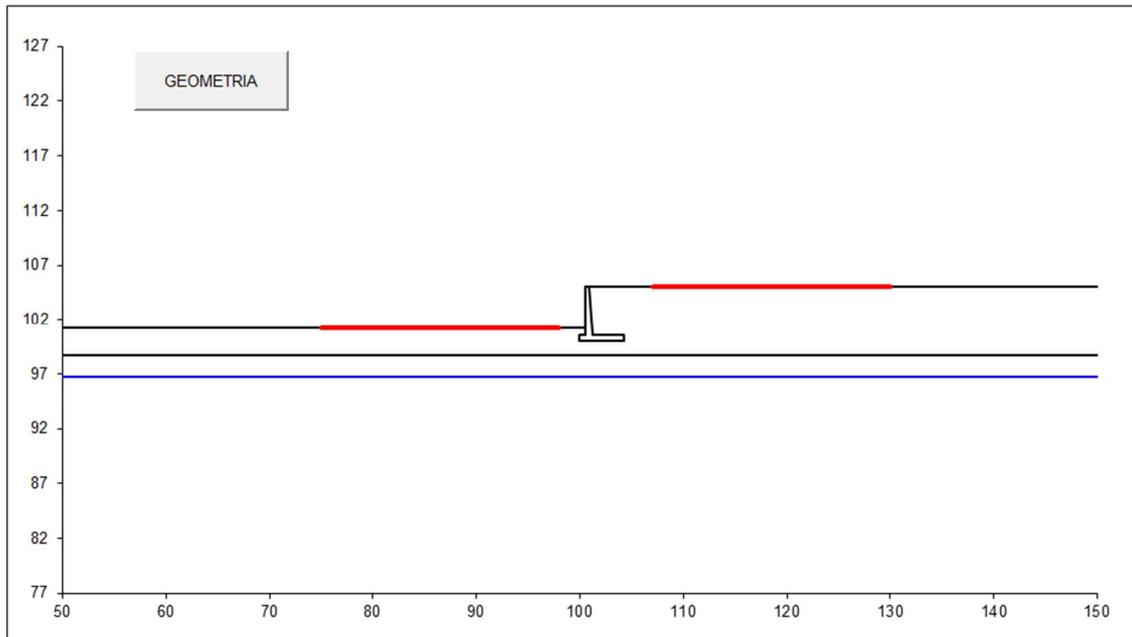
p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		f.lda		
materiale 1						<input checked="" type="checkbox"/>	materiale 2		<input type="checkbox"/>	materiale 3		<input type="checkbox"/>	materiale 4	
x	y		x	y		x	y	x	y	x	y	x	y	
0	100.000	101.200	0	100.900	105.050	0	50.000	98.700	0			0	50.000	96.700
1	50.000	101.200	1	150.000	105.050	1	150.000	98.700	1			1	150.000	96.700
2			2			2			2			2		
3			3			3			3			3		
4			4			4			4			4		
5			5			5			5			5		
6			6			6			6			6		
7			7			7			7			7		
8			8			8			8			8		
9			9			9			9			9		
10			10			10			10			10		

Sovraccarichi

	<input type="checkbox"/>	X _{in}	q _{in}	X _{fin}	q _{fin}	% sisma
sovraccarico 1	<input checked="" type="checkbox"/>	108.050	57.69	110.650	57.69	20%
sovraccarico 2	<input type="checkbox"/>					

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

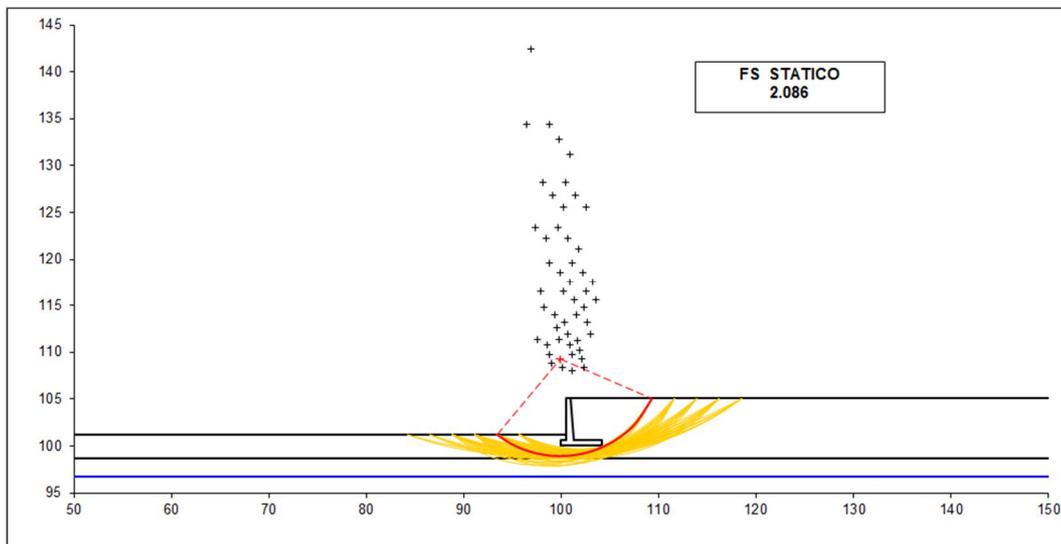
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	128 di 145



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
846	STATICO	2.086
	SISMICO	1.755

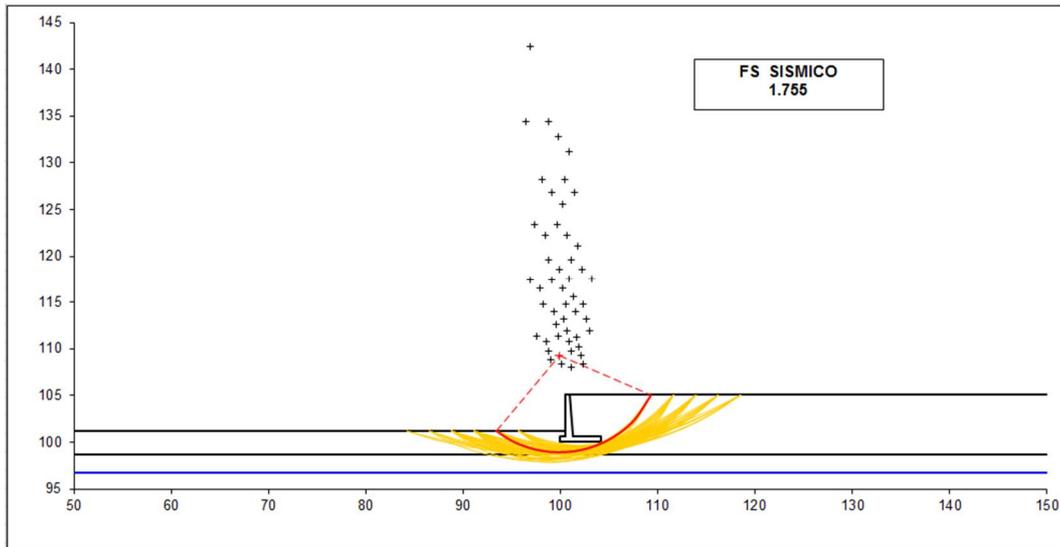
Condizioni statiche



TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	129 di 145

Condizioni sismiche



 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

17.3.4 VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE – C. NON DRENATE

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} \text{ perm} + S_{qv} \text{ acc}$		491.28	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{th} + S_{qh} + f$		171.69	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \text{tg}\phi_1'$		0.51	(-)	
Fs scorr.	$(N \cdot f + S_p) / T$	1.46	>	1.1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$		1135.46	(kNm/m)	
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$		323.48	(kNm/m)	
Fs ribaltamento	M_s / M_r	3.51	>	1.15

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ \text{Sovr acc})$		Nmin 491.28	Nmax 491.28	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$		171.69	171.69	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$		811.98	811.98	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$		219.71	219.71	(kNm/m)

 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B N_\gamma i_\gamma$$

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	200.00		(kPa)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	21.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H^2$	sovraccarico stabilizzante	16.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.45	0.45	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.31	3.31	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) e^{(\pi \text{tg}(\varphi))}$	(1 in cond. nd)	1.00		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$	(2+ π in cond. nd)	5.14		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	0.00		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* c u N_c))$		0.90	0.90	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^{m+1}$		--		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	940.44	940.44	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} B^* / N$	Nmin	6.33	>	1.4
		Nmax	6.33	>	

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

17.3.5 VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE – C. NON DRENATE

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$	489.92	(kN/m)		
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$	179.27	(kN/m)		
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \tan \phi_1'$	0.51	(-)		
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$	1.39	>		1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$	1135.46	(kNm/m)		
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$	347.01	(kNm/m)		
$F_r = M_s / M_r$	3.27	>		1

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$	489.92	489.92	489.92	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$	179.27			(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$	779.85		779.85	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$	248.98		248.98	(kNm/m)

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c i_c + q_0 N_q i_q + 0,5 \gamma_1 B N_\gamma i_\gamma$$

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	200.00		(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	21.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H^2$	sovraccarico stabilizzante	16.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.51	0.51	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.18	3.18	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) e^{(\pi \text{tg}(\varphi))}$	(1 in cond. nd)	1.00		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$	(2+ π in cond. nd)	5.14		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	0.00		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* c u N_c))$		0.89	0.89	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^{m+1}$		-	-	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

qlim	(carico limite unitario)	931.70	931.70	(kN/m ²)
------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = qlim * B* / N	Nmin	6.05	>	1.2
		Nmax	6.05	>	

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)					
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$			459.74	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$			173.33	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)					
$f = \text{tg}\phi_1'$			0.51	(-)	
$F_s = (N \cdot f + S_p) / T$			1.35	>	1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)					
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$			1135.46	(kNm/m)	
Momento ribaltante (Mr)					
$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$			421.38	(kNm/m)	
$F_r = M_s / M_r$			2.69	>	1

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)			Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$			459.74	459.74	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$			173.33		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
$MM = \sum M$			730.69	730.69	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
$M = X_c \cdot N - MM$			234.76	234.76	(kNm/m)

 ITALFERR 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					
	TR02: MURO AD U MU02 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 02 0 0 001	REV. B

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	200.00		(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	21.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	16.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.51	0.51	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.18	3.18	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi))}$	(1 in cond. nd)	1.00		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$	(2+ π in cond. nd)	5.14		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	0.00		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cotg \varphi))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m \cdot T / (B \cdot c_u \cdot N_c))$		0.89	0.89	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c \cdot \cotg \varphi))^{m+1}$		-	-	(-)

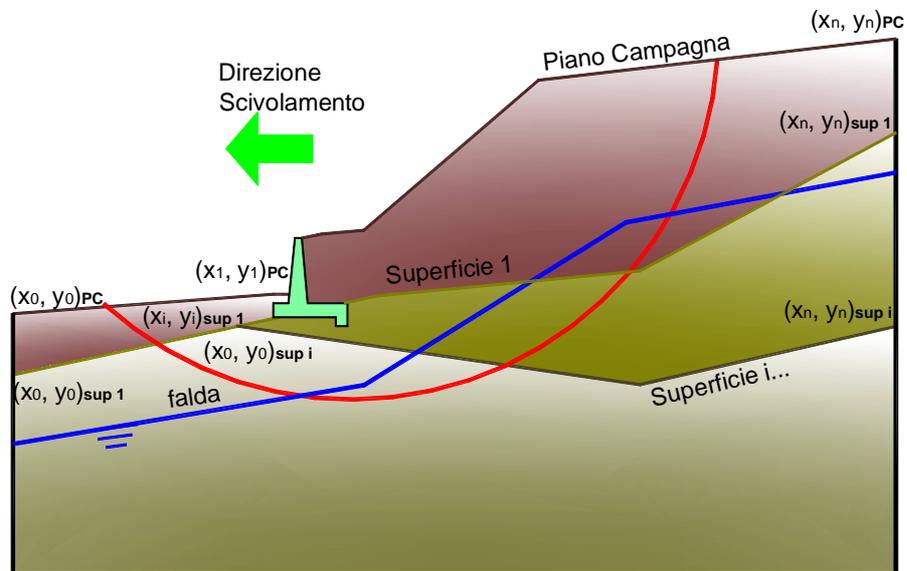
(fondazione nastriforme $m = 2$)

qlim	(carico limite unitario)	935.26	935.26	(kN/m ²)
------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = qlim * B* / N	Nmin	6.47	>	1.2
		Nmax	6.47	>	

17.3.6 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. NON DRENATE

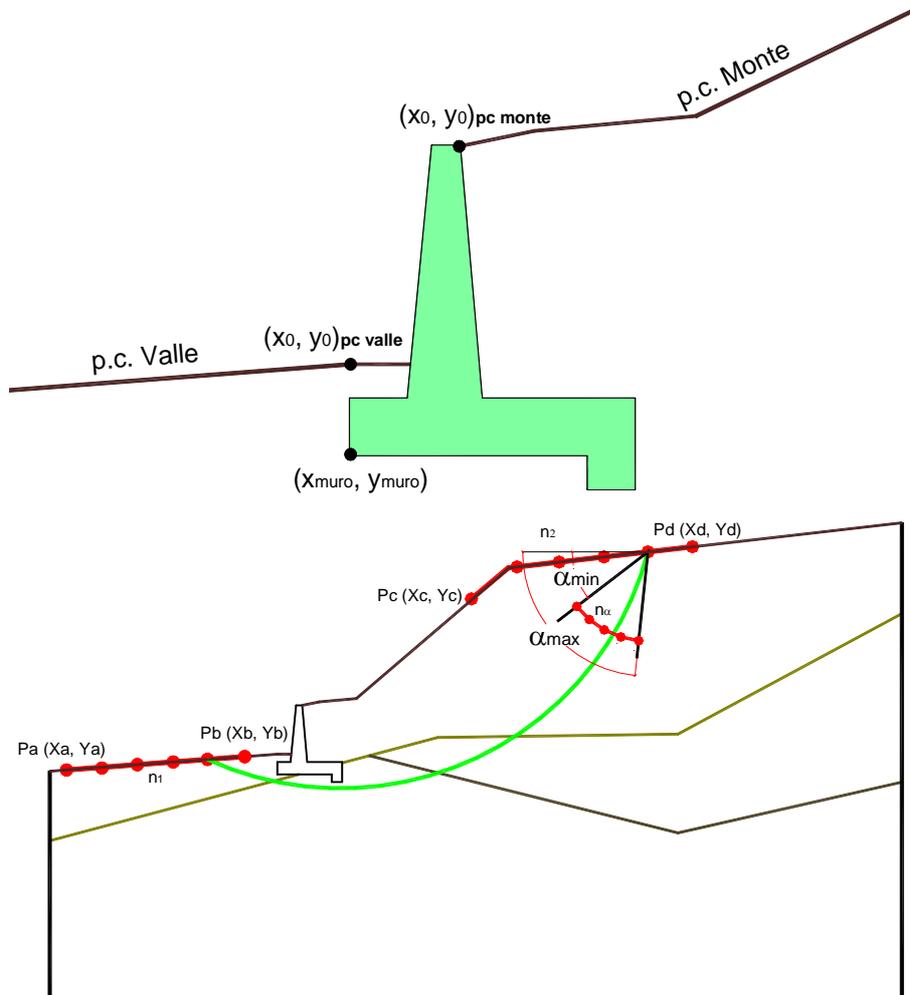
Le analisi di stabilità, di seguito riportate, sono state effettuate limitando la ricerca delle potenziali superfici di scorrimento critiche alla fascia più prossima alla linea ferroviaria.



	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]	Descrizione
materiale 1	21.00	27	0	Rilevato - riporto
materiale 2	21	27	200	Unità geotecnica 3 - TRV
materiale 3				
materiale 4				

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	137 di 145



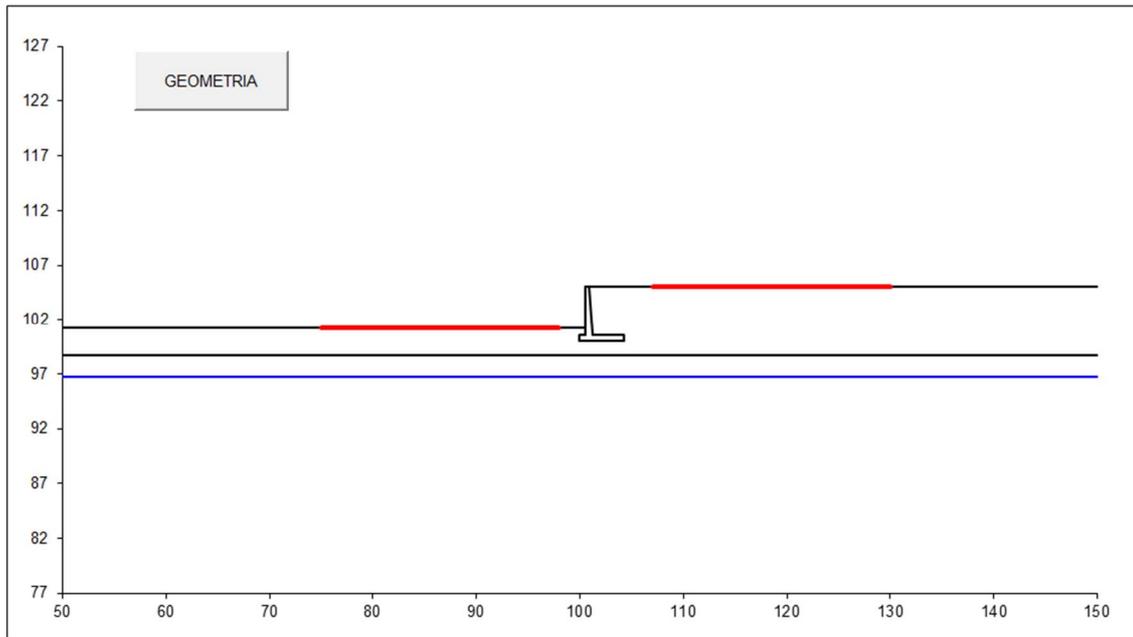
p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		f.lda		
materiale 1						<input checked="" type="checkbox"/>	materiale 2		<input type="checkbox"/>	materiale 3		<input type="checkbox"/>	materiale 4	
x	y		x	y		x	y	x	y	x	y	x	y	
0	100.000	101.200	0	100.900	105.050	0	50.000	98.700	0			0	50.000	96.700
1	50.000	101.200	1	150.000	105.050	1	150.000	98.700	1			1	150.000	96.700
2			2			2			2			2		
3			3			3			3			3		
4			4			4			4			4		
5			5			5			5			5		
6			6			6			6			6		
7			7			7			7			7		
8			8			8			8			8		
9			9			9			9			9		
10			10			10			10			10		

Sovraccarichi

	<input type="checkbox"/>	X _{in}	q _{in}	X _{fin}	q _{fin}	% sisma
sovraccarico 1	<input checked="" type="checkbox"/>	108.050	57.69	110.650	57.69	20%
sovraccarico 2	<input type="checkbox"/>					

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

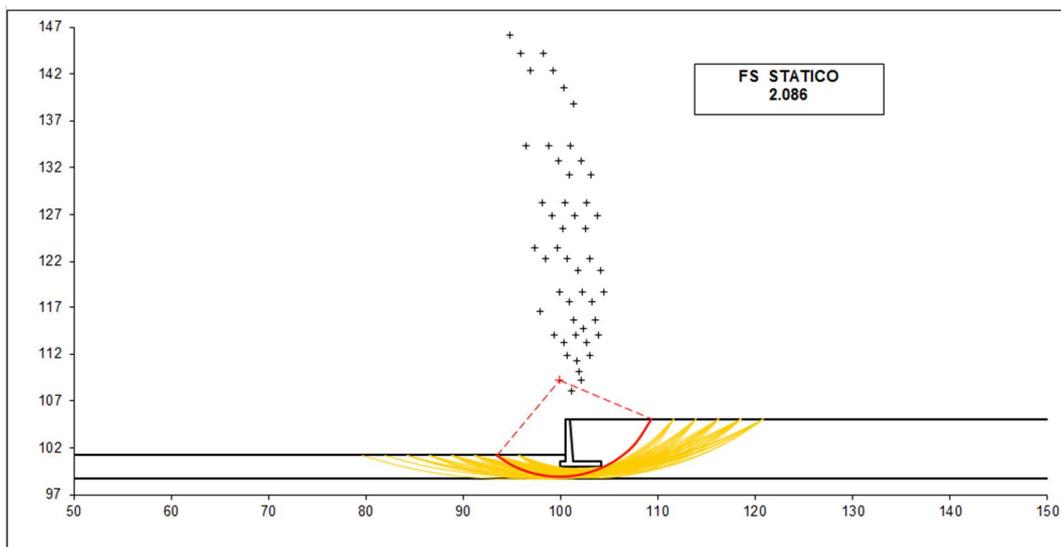
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	138 di 145



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
846	STATICO	2.086
	SISMICO	1.755

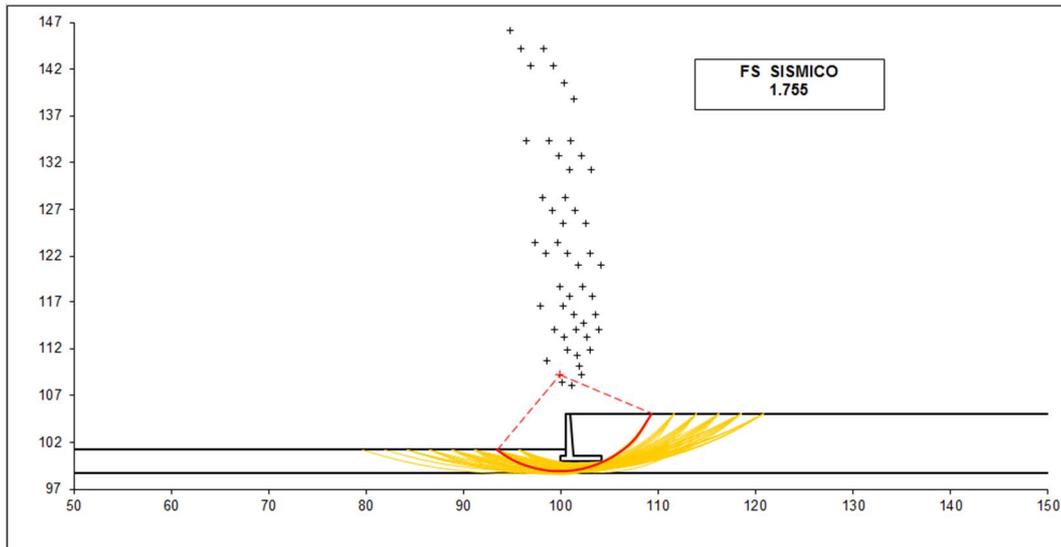
Condizioni statiche



TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	139 di 145

Condizioni sismiche



TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	140 di 145

17.4 VERIFICHE STRUTTURALI

17.4.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Reazione del terreno

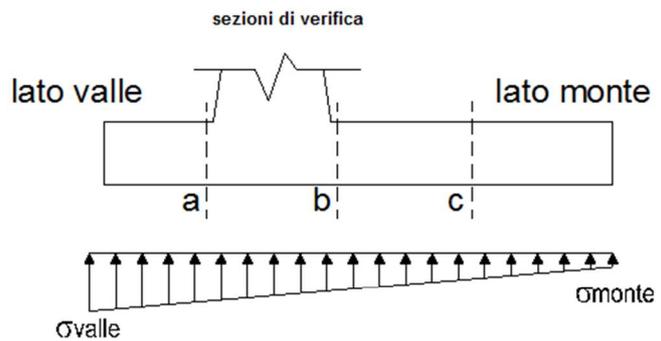
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 4.20 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.94 \quad (m^3)$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	420.00	251.78	185.64	14.36
	420.00	251.78	185.64	14.36
sisma+	432.90	269.05	194.58	11.56
	432.90	269.05	194.58	11.56
sisma-	407.10	264.04	186.74	7.12
	407.10	264.04	186.74	7.12



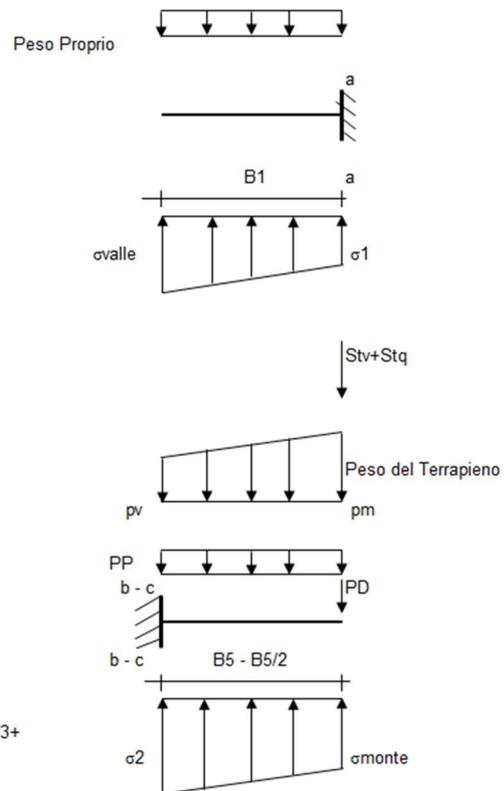
Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 15.00 (kN/m)

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

caso	σ_{valle}	σ_1	M_a	V_a
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	185.64	165.25	20.48	80.22
	185.64	165.25	20.48	80.22
sisma+	194.58	172.80	21.48	89.56
	194.58	172.80	21.54	89.56
sisma-	186.74	165.36	20.63	85.64
	186.74	165.36	20.58	85.64



Mensola Lato Monte

PP = 15.00 (kN/m²)
PD = 0.00 (kN/m) peso proprio soletta fondazione
peso proprio dente

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	93.45	93.45	93.45	(kN/m ²)
pvb	93.45	93.45	93.45	(kN/m ²)
pvc	93.45	93.45	93.45	(kN/m ²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B / 2) - PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B / 2 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B / 2) + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B / 2) / 2 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B / 2) / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3T 30 D 26 CL MU 02 0 0 001 B 141 di 145

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	M_b	V_b	σ_{2c}	M_c	V_c
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	14.36	134.66	-234.92	-100.12	74.51	-80.54	-94.42
	14.36	134.66	-234.92	-100.12	74.51	-80.54	-94.42
sisma+	11.56	140.11	-249.67	-106.06	75.83	-85.73	-100.44
	11.56	140.11	-249.67	-106.06	75.83	-85.73	-100.44
sisma-	7.12	133.28	-243.40	-102.99	70.20	-83.72	-98.02
	7.12	133.28	-243.40	-102.99	70.20	-83.72	-98.02

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad o \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + P \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \Sigma P m_i \cdot b_i \cdot kh$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \Sigma P m_i \cdot (1 \pm kv)$$

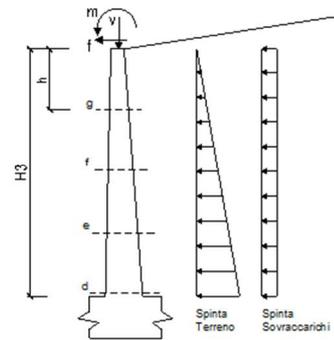
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$V_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a_{orizz}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{ext} = f$$

$$V_{inerzia} = \Sigma P m_i \cdot kh$$



condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	150.57	80.31	0.00	230.88	1.00	63.97	64.97
e-e	3.34	63.52	45.18	0.00	108.70	1.00	44.33	45.33
f-f	2.23	18.82	20.08	0.00	38.90	1.00	27.12	28.12
g-g	1.11	2.35	5.02	0.00	7.37	1.00	12.34	13.34

sezione	h	Vt	Vq	V _{ext}	V _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	101.51	36.10	0.00	137.60
e-e	3.34	57.10	27.07	0.00	84.17
f-f	2.23	25.38	18.05	0.00	43.42
g-g	1.11	6.34	9.02	0.00	15.37

condizione sismica +

sezione	h	M _{t stat}	M _{t sism}	M _q	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	115.82	15.86	68.14	0.00	7.87	207.70	1.00	65.94	66.94
e-e	3.34	48.86	6.69	38.33	0.00	4.18	98.06	1.00	45.69	46.69
f-f	2.23	14.48	1.98	17.04	0.00	1.75	35.24	1.00	27.95	28.95
g-g	1.11	1.81	0.25	4.26	0.00	0.41	6.73	1.00	12.72	13.72

sezione	h	V _{t stat}	V _{t sism}	V _q	V _{ext}	V _{inerzia}	V _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	78.08	10.69	30.63	0.00	3.94	123.34
e-e	3.34	43.92	6.02	22.97	0.00	2.73	75.63
f-f	2.23	19.52	2.67	15.31	0.00	1.67	39.18
g-g	1.11	4.88	0.67	7.66	0.00	0.76	13.96

condizione sismica -

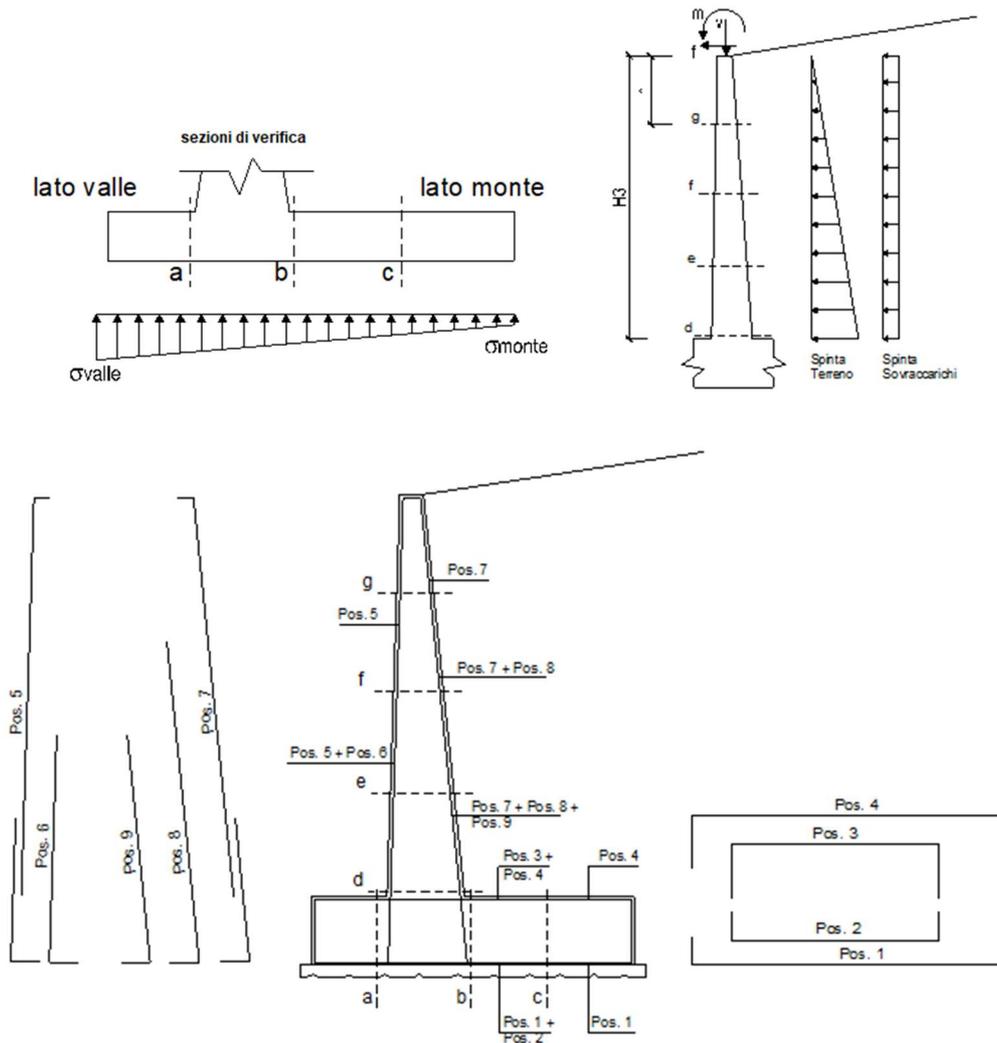
sezione	h	M _{t stat}	M _{t sism}	M _q	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	115.82	8.78	68.57	0.00	7.87	201.04	1.00	62.00	63.00
e-e	3.34	48.86	3.70	38.57	0.00	4.18	95.32	1.00	42.96	43.96
f-f	2.23	14.48	1.10	17.14	0.00	1.75	34.46	1.00	26.28	27.28
g-g	1.11	1.81	0.14	4.29	0.00	0.41	6.64	1.00	11.96	12.96

sezione	h	V _{t stat}	V _{t sism}	V _q	V _{ext}	V _{inerzia}	V _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.45	78.08	5.92	30.82	0.00	3.94	118.76
e-e	3.34	43.92	3.33	23.11	0.00	2.73	73.09
f-f	2.23	19.52	1.48	15.41	0.00	1.67	38.08
g-g	1.11	4.88	0.37	7.70	0.00	0.76	13.71

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	142 di 145

17.4.2 VERIFICHE SLU



Armatura minima

L'armatura minima principale in fondazione deve essere in percentuale non inferiore allo 0.20% dell'area di conglomerato.

L'armatura minima principale presente in zona tesa deve essere in percentuale non inferiore allo 0.15% dell'area di conglomerato per l'intera lunghezza.

L'armatura secondaria, ortogonale a quella principale, deve essere pari al massimo delle seguenti percentuali:

- 0.10% dell'area di conglomerato in entrambi i lembi;
- 20% dell'armatura principale.

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	143 di 145

Muro h = 4,45m su fondazione diretta
ARMATURE

pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	5.0	20		5	5.0	20	
2	0.0	0	<input type="checkbox"/>	6	0.0	0	<input type="checkbox"/>
3	5.0	20	<input type="checkbox"/>	7	5.0	20	
4	5.0	20		8	5.0	20	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	0	<input type="checkbox"/>

Pertanto l'armatura secondaria sarà pari a:

sez a – a: φ10/20cm (ripartitori in fondazione e in elevazione);

sez b – b: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez c – c: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez d – d: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez e – e: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez f – f: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

sez g – g: φ10/20cm (ripartitori in fondazione);

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)
a - a	21.54	0.00	0.60	15.71	31.42	312.75
b - b	-249.67	0.00	0.60	31.42	15.71	585.82
c - c	-85.73	0.00	0.60	15.71	15.71	311.78
d - d	230.88	64.97	0.75	31.42	15.71	789.45
e - e	108.70	45.33	0.66	31.42	15.71	674.10
f - f	38.90	28.12	0.58	31.42	15.71	560.96
g - g	7.37	13.34	0.49	15.71	15.71	244.93

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Sez.	V _{Ed}	h	V _{rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	89.56	0.60	210.78	10	20	20	21.8	898.94	Armatura a taglio non necessaria
b - b	106.06	0.60	265.56	10	20	20	21.8	898.94	Armatura a taglio non necessaria
c - c	100.44	0.60	210.78	10	20	20	21.8	898.94	Armatura a taglio non necessaria
d - d	137.60	0.75	308.83	10	20	20	21.8	1158.25	Armatura a taglio non necessaria
e - e	84.17	0.66	286.37	10	20	20	21.8	1006.99	Armatura a taglio non necessaria
f - f	43.42	0.58	263.07	10	20	20	21.8	855.72	Armatura a taglio non necessaria
g - g	15.37	0.49	189.72	10	20	20	21.8	704.46	Armatura a taglio non necessaria

TR02: MURO AD U MU02
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	144 di 145

17.4.3 VERIFICHE SLE TENSIONE

Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	17.56	0.00	0.60	15.71	31.42	0.48	23.73
b - b	-176.17	0.00	0.60	31.42	15.71	3.93	121.79
c - c	-59.39	0.00	0.60	15.71	15.71	1.73	79.94
d - d	177.60	64.97	0.75	31.42	15.71	2.68	84.24
e - e	83.61	45.33	0.66	31.42	15.71	1.59	44.50
f - f	29.92	28.12	0.58	31.42	15.71	0.75	17.61
g - g	5.67	13.34	0.49	15.71	15.71	0.25	5.75

Condizione Sismica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	21.48	0.00	0.60	15.71	31.42	0.59	29.03
b - b	-249.67	0.00	0.60	31.42	15.71	5.57	172.60
c - c	-85.73	0.00	0.60	15.71	15.71	2.50	115.39
d - d	207.70	63.00	0.75	31.42	15.71	3.12	100.41
e - e	98.06	43.96	0.66	31.42	15.71	1.86	53.54
f - f	35.24	27.28	0.58	31.42	15.71	0.88	21.59
g - g	6.73	12.96	0.49	15.71	15.71	0.29	7.66

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

TR02: MURO AD U MU02
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 02 0 0 001	B	145 di 145

17.4.4 VERIFICHE SLE FESSURAZIONE

condizione Frequente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	17.56	0.00	0.60	15.71	31.42	0.48	23.73	0.040	0.200
b - b	-176.17	0.00	0.60	31.42	15.71	3.93	121.79	0.137	0.200
c - c	-59.39	0.00	0.60	15.71	15.71	1.73	79.94	0.132	0.200
d - d	177.60	64.97	0.75	31.42	15.71	2.68	84.24	0.104	0.200
e - e	83.61	45.33	0.66	31.42	15.71	1.59	44.50	0.051	0.200
f - f	29.92	28.12	0.58	31.42	15.71	0.75	17.61	0.019	0.200
g - g	5.67	13.34	0.49	15.71	15.71	0.25	5.75	0.008	0.200

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

condizione Quasi Permanente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	17.56	0.00	0.60	15.71	31.42	0.48	23.73	0.040	0.200
b - b	-176.17	0.00	0.60	31.42	15.71	3.93	121.79	0.137	0.200
c - c	-59.39	0.00	0.60	15.71	15.71	1.73	79.94	0.132	0.200
d - d	177.60	64.97	0.75	31.42	15.71	2.68	84.24	0.104	0.200
e - e	83.61	45.33	0.66	31.42	15.71	1.59	44.50	0.051	0.200
f - f	29.92	28.12	0.58	31.42	15.71	0.75	17.61	0.019	0.200
g - g	5.67	13.34	0.49	15.71	15.71	0.25	5.75	0.008	0.200

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)