

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

Opere di sostegno di linea

RI08: Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 78 CL MU7100 001 B

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

ITALFERR S.p.A.
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Dist. Ing. Paolo Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 1187/8

 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>1 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	1 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	1 di 175								

1. PREMESSA	7
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	10
4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	11
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	12
5.1 CALCESTRUZZO	12
5.2 ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C.....	15
6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	16
7. COMBINAZIONI DI CALCOLO	18
8. CRITERI DI VERIFICA.....	19
8.1 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE PER MURI A MENSOLA.....	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
8.2 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE PER MURI A U	23
8.2.1 VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE	23
8.3 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE PER MURI A MENSOLA.....	24
8.4 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE PER MURI A U.....	26

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	2 di 175

8.5	VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE) PER MURI A MENSOLA.....	28
8.1	VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE) PER MURI A U.....	28
8.1.1	<i>Calcolo dei cedimenti (sle)</i>	29
8.2	VERIFICHE STRUTTURALI SLU PER MURI A MENSOLA E MURI A U	29
8.2.1	<i>CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.</i>	29
8.2.2	<i>VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE</i>	30
8.2.3	<i>VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO</i>	30
8.3	VERIFICHE STRUTTURALI (SLE) PER MURI A MENSOLA E MURI A U	32
8.3.1	<i>VERIFICHE ALLE TENSIONI</i>	32
8.3.2	<i>VERIFICHE A FESSURAZIONE</i>	33
9.	ANALISI DEI CARICHI.....	35
9.1	PESI PROPRI	35
9.2	CARICHI PERMANENTI	37
9.2.1	<i>SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA</i>	37
9.2.2	<i>PARAPETTO METALLICO</i>	37
9.2.3	<i>SPINTA DEL TERRENO</i>	37
9.3	CARICHI VARIABILI	39
9.3.1	<i>CARICHI MOBILI DA TRAFFICO FERROVIARIO</i>	39
9.3.2	<i>VERIFICA REQUISITI S.T.I. PER OPERE MINORI SOTTOBINARIO: CARICO EQUIVALENTE..</i>	40
9.4	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	43
9.4.1	<i>VITA NOMINALE</i>	43

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	3 di 175

Relazione di calcolo

9.4.2	CLASSE D'USO.....	43
9.4.3	PERIODO DI RIFERIMENTO.....	43
9.4.4	PARAMETRI SISMICI.....	43
10.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	48
11.	PROGETTO E VERIFICA DEL MURO A "U".....	51
11.1	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	51
11.2	ANALISI DEI CARICHI.....	53
11.2.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA.....	53
11.2.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI.....	53
11.2.3	BALLAST.....	54
11.2.4	SPINTA ORIZZONTALE DOVUTA AL BALLAST.....	55
11.2.5	SPINTA DEL TERRENO.....	56
11.2.6	SOVRACCARICO FERROVIARIO SU SOLETTA INFERIORE.....	58
11.2.7	Verifica requisiti s.t.i. per opere minori sottobinario: carico equivalente.....	59
11.2.8	INCREMENTO DI SPINTA DOVUTA AL CARICO ACCIDENTALE.....	62
11.2.9	AZIONE SISMICA.....	63
11.2.10	COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	66
11.3	RISULTATI E VERIFICHE.....	68
11.3.1	VERIFICA PIEDRITTO S=0.8M.....	71
11.3.2	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	82
11.4	VERIFICA A CARICO LIMITE.....	101

 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												
RI08 – Muro di sostegno MU71 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 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>4 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	4 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	4 di 175								

12. PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO “TIPO 1”	108
12.1 DATI DI INPUT	108
12.2 CALCOLO DELLE AZIONI	111
12.2.1 FORZE VERTICALI E INERZIALI.....	111
12.2.2 SPINTE IN CONDIZIONE STATICA.....	113
12.2.3 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA +	114
12.2.4 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -	115
12.3 VERIFICHE GEOTECNICHE.....	116
12.3.1 VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE 116	
12.3.2 VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE 118	
12.3.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. DRENATE.....	122
12.3.4 VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. NON DRENATE.....	126
12.3.5 VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. NON DRENATE.....	128
12.3.6 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. NON DRENATE.....	132
12.4 VERIFICHE STRUTTURALI	136
12.4.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	136
12.4.2 VERIFICHE SLU	138
12.4.3 VERIFICHE SLE TENSIONE.....	140
12.4.4 VERIFICHE SLE FESSURAZIONE.....	141

 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>5 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	5 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	5 di 175								

13. PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO “TIPO 2”	142
13.1 DATI DI INPUT	142
13.2 CALCOLO DELLE AZIONI	145
13.2.1 FORZE VERTICALI E INERZIALI.....	145
13.2.2 SPINTE IN CONDIZIONE STATICA.....	147
13.2.3 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA +	148
13.2.4 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -	149
13.3 VERIFICHE GEOTECNICHE.....	150
13.3.1 VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE 150	
13.3.2 VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. DRENATE 152	
13.3.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. DRENATE.....	156
13.3.4 VERIFICA STATICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. NON DRENATE.....	160
13.3.5 VERIFICA SISMICA A RIBALTAMENTO, SCORRIMENTO E CARICO LIMITE VERTICALE - C. NON DRENATE.....	162
13.3.6 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE – COND. NON DRENATE.....	166
13.4 VERIFICHE STRUTTURALI	170
13.4.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	170
13.4.2 VERIFICHE SLU	172
13.4.3 VERIFICHE SLE TENSIONE.....	174
13.4.4 VERIFICHE SLE FESSURAZIONE.....	175



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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	6 di 175

Relazione di calcolo

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento dei muro MU71 inquadrato all'interno dei lavori di costruzione della Diretrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania, tratta Lercara dir. – Caltanissetta Xirbi (lotto 3).

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche dei muri di sostegno MU71 che si sviluppano rispettivamente dal km 19+390.00 al km 19+444.61 all'interno del rilevato RI08 (Figura 1-1, Figura 1-2).

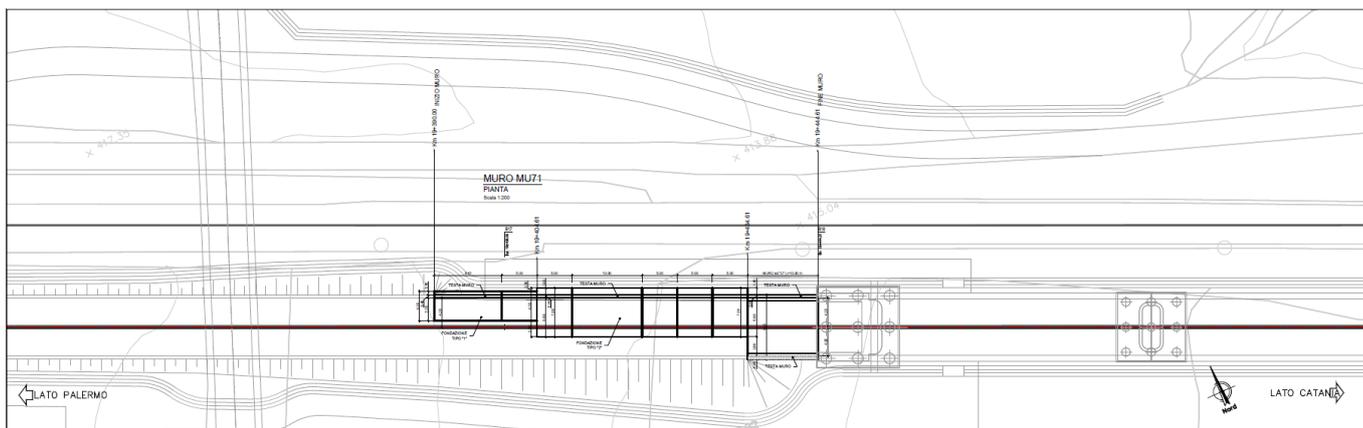


Figura 1-1 – RI08: Muro di sostegno MU71 - Pianta.

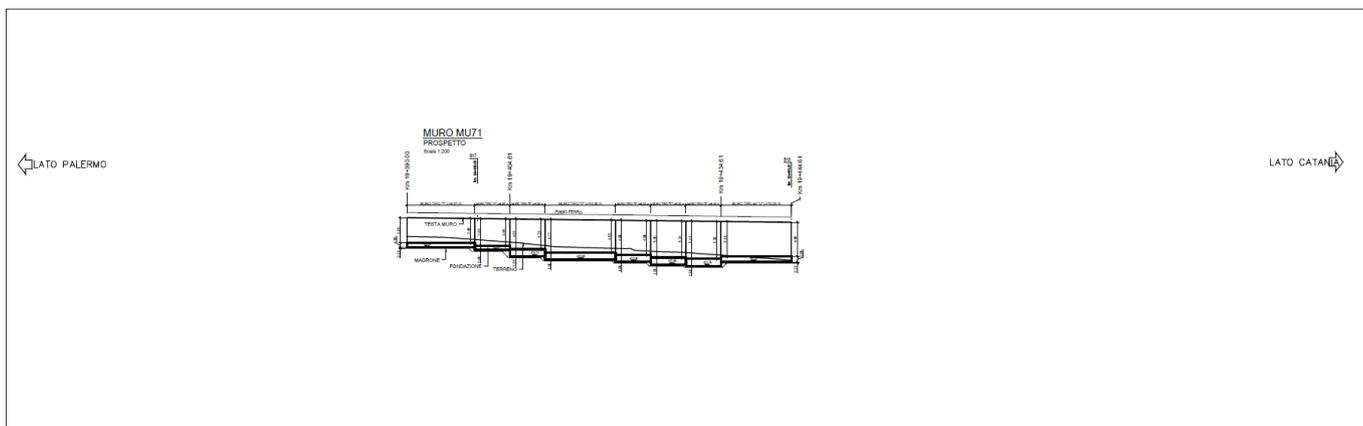


Figura 1-2 – RI08: Muro di sostegno MU71 - Prospetto.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

In particolare il muro di articola in 3 parti: il muro a mensola di tipo 1 si sviluppa per 14.61 m, dalla progressiva 19+390.00 km alla progressiva 19+404.61 km, il muro a mensola di tipo 2 si sviluppa per 300 m, dalla progressiva 19+404.61 km alla progressiva 19+434.61 km, il muro a U si sviluppa per 10 m, dalla progressiva 19+434.61 km alla progressiva 19+444.61 km.

L'altezza del muro di sostegno è variabile da 3.60 m a 5.41 m con lo sviluppo dell'opera stessa, con spessore in testa del paramento di 0.40m, spessore della soletta di fondazione di 0.60m – 1.00m e larghezza della stessa di 4.20m – 7.00m.

- muro "tipo 1": per altezze fino a 4.00 metri 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 stato considerato nullo. L'altezza del paramento massima è pari a 3.84 m (Figura 1-3).

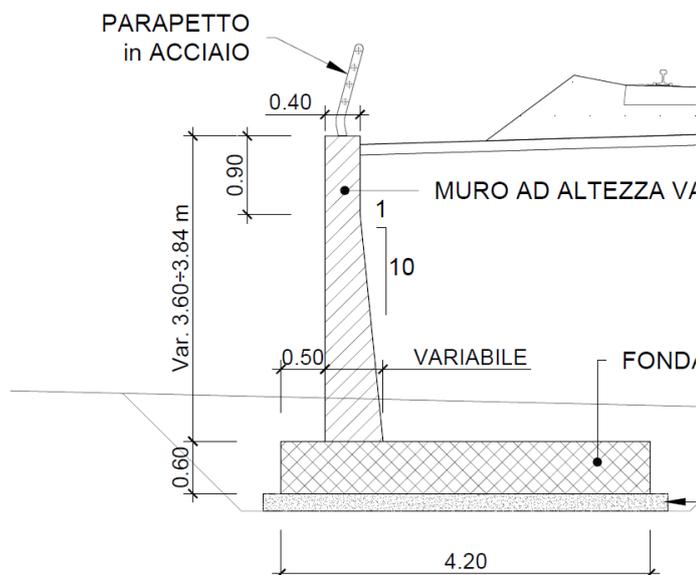


Figura 1-3 – Sezione muro di sostegno MU71 – Muro TIPO 1

- muro "tipo 2": per altezze comprese tra 4.00 e 6.00 metri la fondazione del muro è diretta ed è caratterizzata da una lunghezza di 7.00 m e spessore 1.00 m. Il ricoprimento sopra la zattera di valle è stato considerato nullo. L'altezza del paramento massima è pari a 5.41 m (Figura 1-4).

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	9 di 175

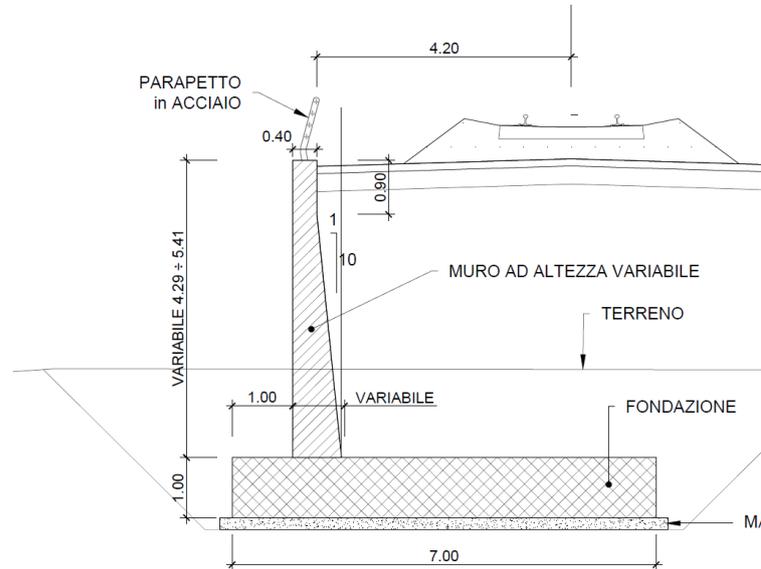


Figura 1-4 – Sezione muro di sostegno MU71 – Muro TIPO 2

Il muro ad “U” MU71 ha un’altezza massima del paramento pari a 5.00 m, lo spessore dei piedritti è pari a 0.80 m allo spiccato e 0.40 m in sommità per gli ultimi 0.90 m, e la soletta di fondo ha spessore di 0.80 m (Figura 1-5).

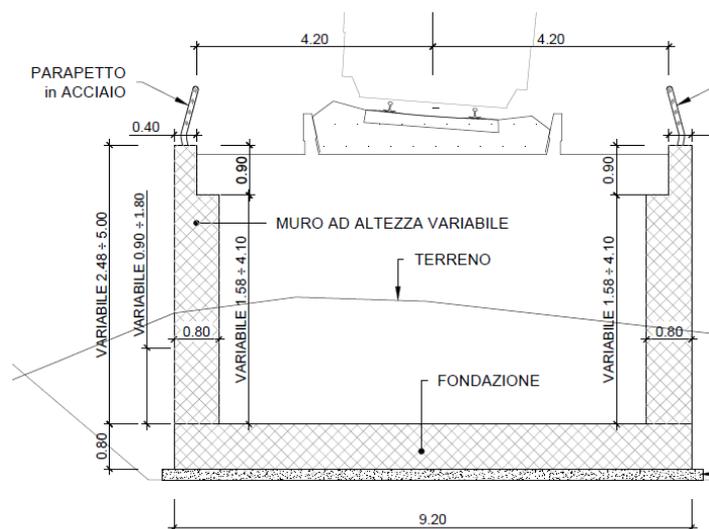


Figura 1-5 – Sezione MU71 – Muro a U

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B	FOGLIO 10 di 175

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

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

Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

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

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

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Vengono presi a riferimento i seguenti elaborati grafici progettuali di pertinenza:

RS3T.3.0.D.78.P9.MU.71.0.0.001: "Opere di sostegno di linea – RI08: Muro di sostegno MU71 – Pianta, prospetto e sezioni"

RS3T.3.0.D.78.TT.OC.00.0.0.003.A: "Opere civili – Elaborati generali OO. CC. – Tabella incidenze armature Opere Civili – Lotto 3B"

RS3T.3.0.D.78.GE.GE.00.0.0.002.B: "GEOTECNICA – Elaborati generali – Relazione geotecnica generale – opere all'aperto - Lotto 3b"

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

unità di misura principali

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

unità di misura derivate **kN**

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

corrispondenze notevoli

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

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

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

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
σ (sigma)	tensione normale	(N/mm 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>RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>12 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	12 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	12 di 175								

τ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm ²)	
ε (epsilon)	deformazione	(m/m)	-
ϕ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)	

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 17 gennaio 2018. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche e i riferimenti dei paragrafi del D.M. citato.

5.1 CALCESTRUZZO

- Elemento strutturale: fondazione ed elevazione muro di sostegno

Classe di resistenza = C32/40;

Rck = resistenza cubica = 40 N/mm²;

fck = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 Rck = 33.20 N/ mm²;

fcm = resistenza cilindrica media = fck + 8 = 41.20 N/ mm²;

fcd = $\alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 18,81$ N/mm²;

fctm = resistenza a trazione media = $0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10$ N/ mm²;

fctm = resistenza a traz. per flessione media = $1.20 \times f_{ctm} = 3.72$ N/ mm²;

fck = resistenza a traz. per flessione carati. = $0.70 \times f_{ctm} = 2.60$ N/ mm²;

Ecm = modulo elast. tra 0 e 0.40fcm = $22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33642.78$ N/ mm²;

Tolleranza di posa del copriferro = 10 mm;

Classe di esposizione XC4

Copriferro minimo cmin= 50 mm

Condizioni ambientali: aggressive

 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>13 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	13 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	13 di 175								

CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC 2018

- Elemento strutturale: fondazione ed elevazione muro di sostegno – muro tipo 1

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	20	[mm]
Diametro staffe:	14	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Incremento di 5 mm rispetto a vita nominale di 50 anni		
Tolleranza di posa:	10	[mm]

Copriferro staffe:

Copriferro minimo cmin:	40	[mm]
Copriferro nominale Netto Staffe:	50	[mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	78	[mm]
--	----	------

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 88 [mm]

- Elemento strutturale: fondazione ed elevazione muro di sostegno – muro tipo 2

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	24	[mm]
Diametro staffe:	14	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Incremento di 5 mm rispetto a vita nominale di 50 anni		
Tolleranza di posa:	10	[mm]

Copriferro staffe:

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Copriferro minimo c_{min} : 40 [mm]

Copriferro nominale Netto Staffe: 50 [mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 78 [mm]

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 90 [mm]

- Elemento strutturale: fondazione ed elevazione muro a U

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali: 26 [mm]

Diametro staffe: 12 [mm]

Classe Calcestruzzo: C32/40

Condizioni ambientali: Aggressive

Vita nominale costruzione: 75 [anni]

Incremento di 5 mm rispetto a vita nominale di 50 anni

Tolleranza di posa: 10 [mm]

Copriferro staffe:

Copriferro minimo c_{min} : 40 [mm]

Copriferro nominale Netto Staffe: 50 [mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 74 [mm]

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 87 [mm]

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

5.2 ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

f_{yk}	450 N/mm ²
f_{tk}	540 N/mm ²

Tabella 5-1 Tensioni caratteristiche acciaio.

E deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y\ nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t\ nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\ %$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12\ mm$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16\ mm$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25\ mm$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40\ mm$	10 ϕ	

Tabella 5-2 Requisiti acciaio.

Inoltre si ha:

- $E_s = 210000\ N/mm^2$
- Sovrapposizioni barre $\geq 40\phi$

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

- $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3\ N/mm^2$
- $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 0.186\ %$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica: Si riportano di seguito i terreni su cui poggiano i muri di sostegno lungo il tracciato, con i parametri fisici e meccanici ad essi assegnati.

Il rilevato a monte risulterà orizzontale.

In base ai dati a disposizione sono stati scelti dei valori cautelativi per i parametri di calcolo.

Unità litologiche da p.c.	da [m]	a [m]	γ [kN/m ³]	c'_k [kPa]	φ'_k [°]	c_u [kPa]	E_{op} [MPa]
a2	0	12.00	19	15	25	75	25
TRV	12.00	-	21	22.5	20	200	-

Tabella 6-1 – Valori di calcolo dei parametri geotecnici del terreno

In cui:

γ = peso specifico del terreno;

c'_k = coesione efficace;

φ'_k = angolo d'attrito efficace;

c_u = coesione non drenata;

E_{op} = Modulo operativo;

La falda è posta a circa 7.00 metri dal piano campagna.

Per le caratteristiche dei rilevati ferroviari si assumono i seguenti parametri:

- peso volume, $\gamma = 20$ kN/m³;

- angolo d'attrito, $\varphi' = 38^\circ$;

- coesione efficace $c' = 0$ kPa.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	17 di 175

Per l'inquadramento geotecnico si rimanda alla "Relazione geotecnica generale" e ai relativi profili geotecnici, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

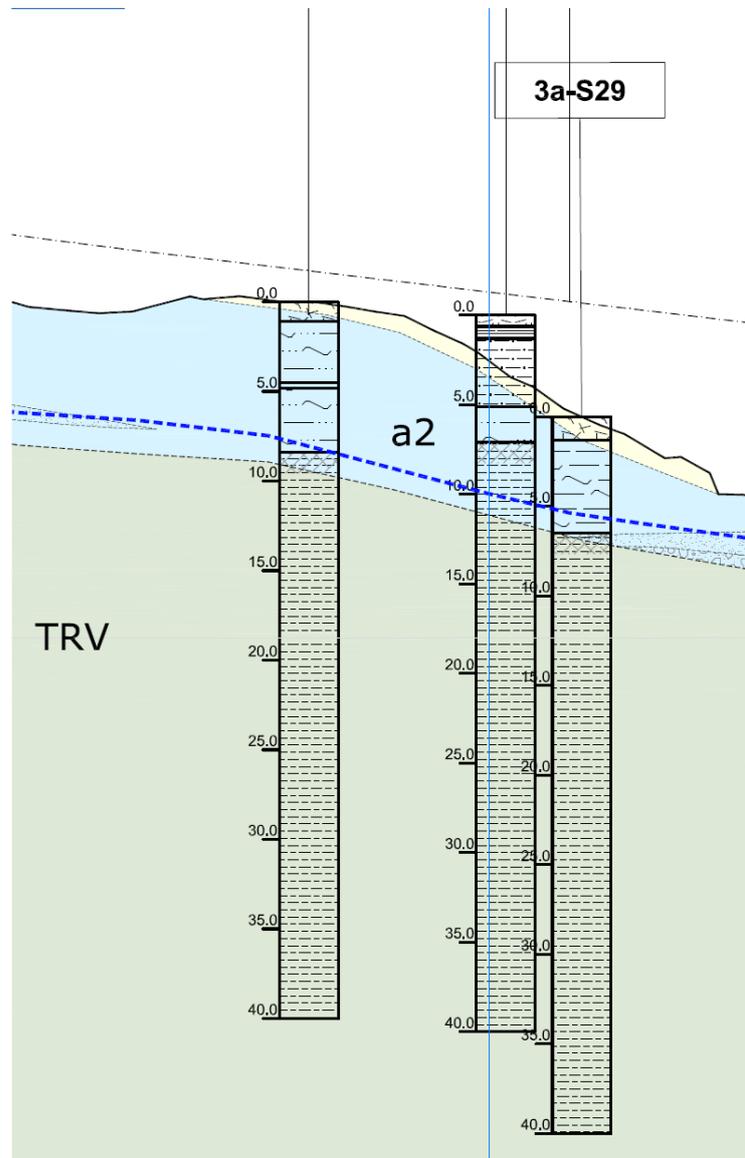


Figura 6-1 – Stralcio del profilo geotecnico.

 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												
RI08 – Muro di sostegno MU71 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 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>18 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	18 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	18 di 175								

7. 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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B	FOGLIO 19 di 175

8. CRITERI DI VERIFICA

8.1 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE PER MURI A MENSOLA

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).*

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

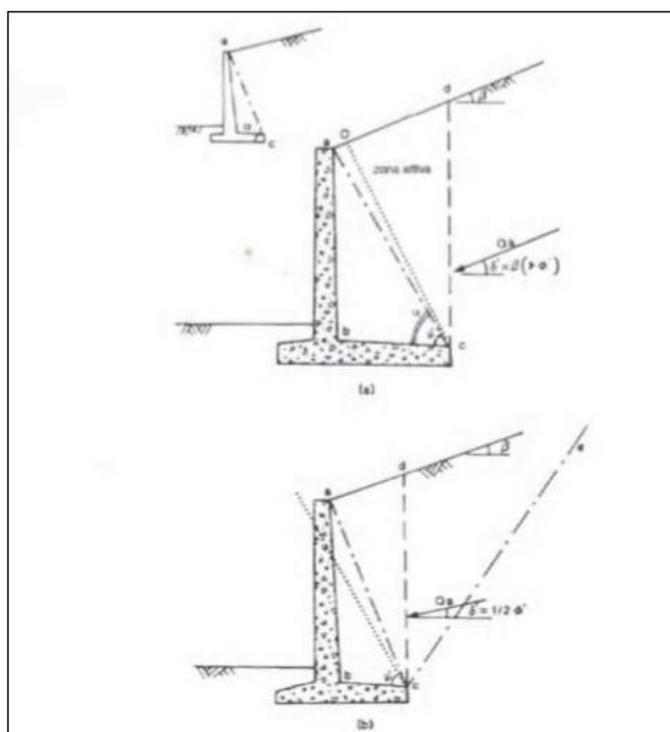


Figura 8-1 – Spinta sui muri di sostegno a mensola con suola lunga (caso a) e con suola corta (caso b).

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 $\delta = \varphi'$.

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

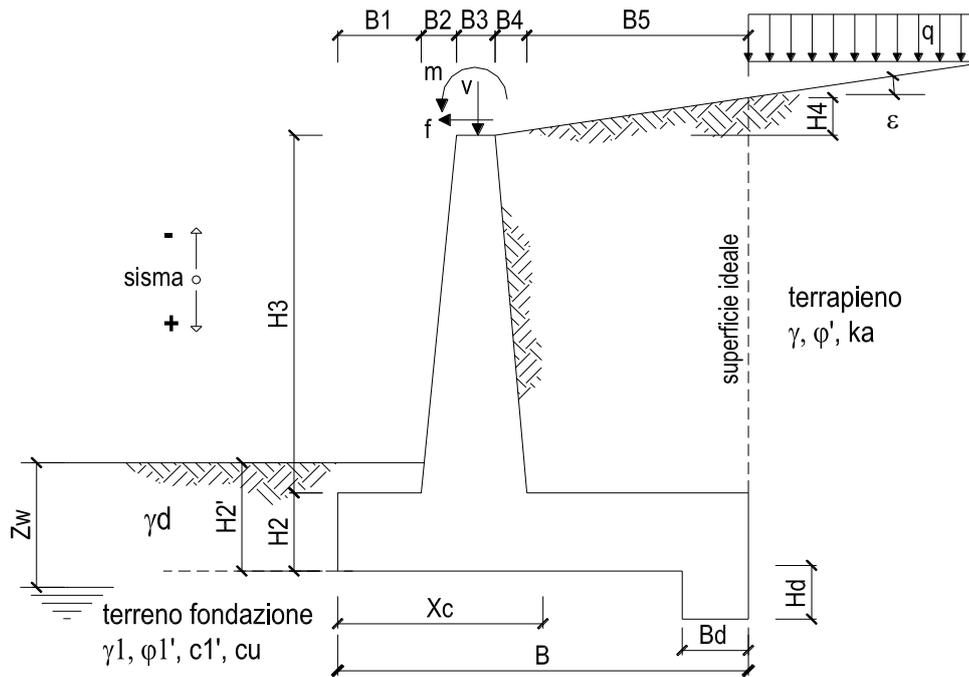
$$\varphi'_{cv} = \arctan (\tan \varphi')$$

Le caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nel seguente schema:

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	21 di 175



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.

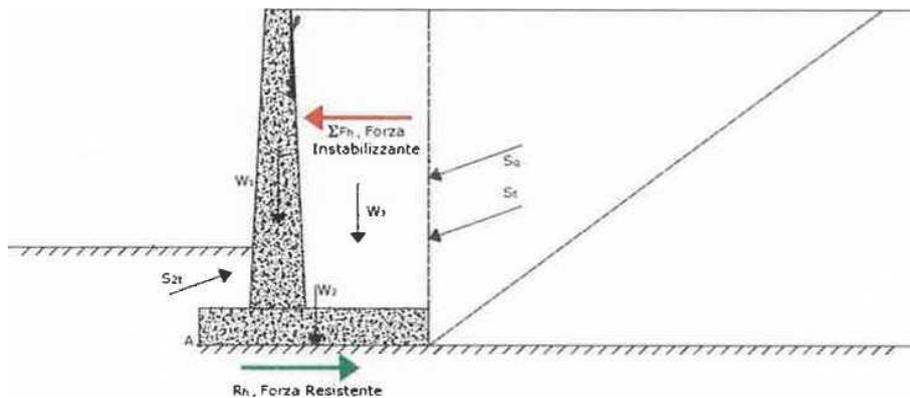


Figura 8-2 – Verifica a scorrimento.

 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU 71 0 0 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 22 di 175</p>

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.

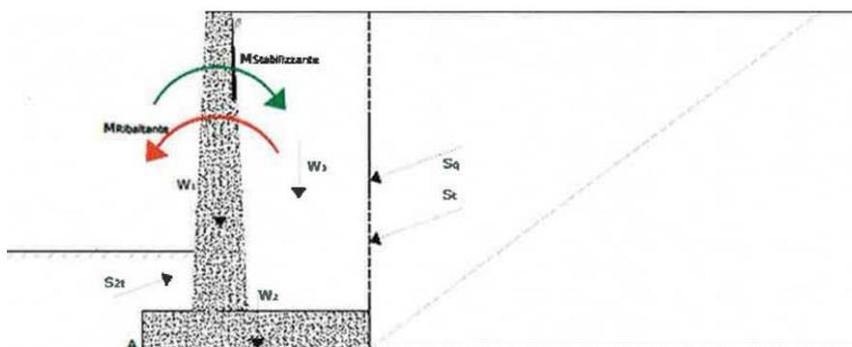


Figura 8-3– Verifica a ribaltamento.

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.

 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>23 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	23 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	23 di 175								

8.2 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE PER MURI A U

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

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

8.2.1 VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

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

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

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

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

8.3 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE PER MURI A MENSOLA

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)

 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU 71 0 0 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 25 di 175</p>

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.

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:

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

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

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

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

8.4 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE PER MURI A U

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:

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B	FOGLIO 27 di 175

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

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

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

 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71</p> <p>Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>28 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	28 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	28 di 175								

8.5 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE) PER MURI A MENSOLA

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.

8.1 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE) PER MURI A U

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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B	FOGLIO 29 di 175

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.

8.1.1 *Calcolo dei cedimenti (sle)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\delta_{ot} = \Sigma \delta_t = \Sigma (((\Delta\sigma_z - \nu_i(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y))\Delta z_i / E_i)$$

8.2 VERIFICHE STRUTTURALI SLU PER MURI A MENSOLA E MURI A U

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.

8.2.1 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;

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

- verifiche per gli stati limite di esercizio.

8.2.2 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.

8.2.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO

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

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

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

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

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

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

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

A_{s1} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU 71 0 0 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 31 di 175</p>

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

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

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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

8.3 VERIFICHE STRUTTURALI (SLE) PER MURI A MENSOLA E MURI A U

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

8.3.1 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

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

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

ACCIAIO

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

8.3.2 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 8-1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

Risultando:

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

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

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

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B	FOGLIO 34 di 175

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

Combinazione Caratteristica (Rara)

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

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	35 di 175

Relazione di calcolo

9. ANALISI DEI CARICHI

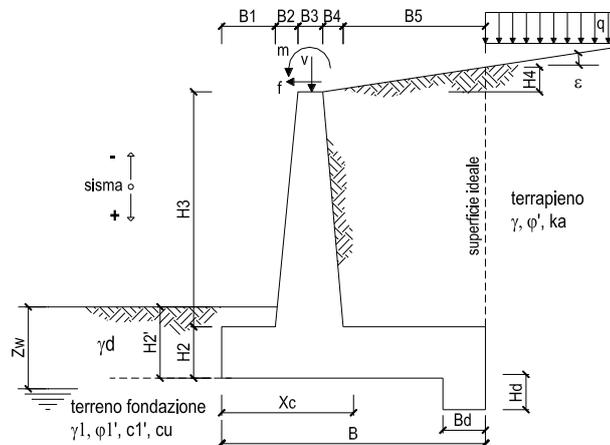
Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

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

9.1 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:



Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	3.84	(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)

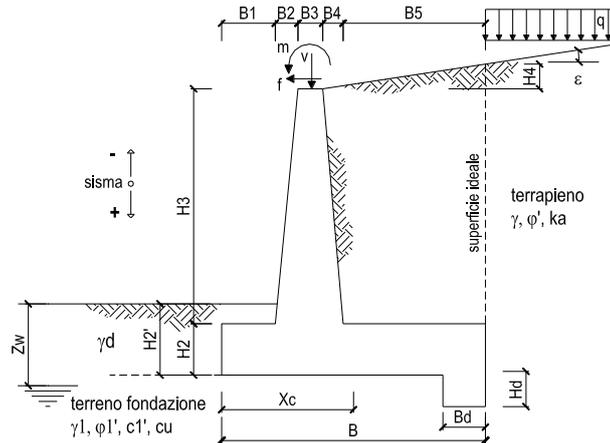
Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

Figura 9-1 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno con fondazione diretta – tipo 1.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	36 di 175



Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	5.41	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.45	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	7.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	5.15	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	3.50	(m)

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

Figura 9-2 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno con fondazione diretta – tipo 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

9.2 CARICHI PERMANENTI

9.2.1 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 $1,5$).

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

9.2.2 PARAPETTO METALLICO

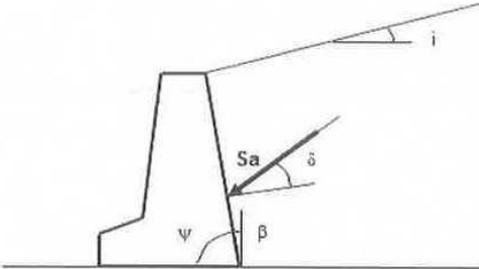
Per il parapetto metallico si considerano le seguenti azioni agenti sul muro:

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

9.2.3 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 .



per $i \leq \varphi' - \theta$	$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \text{sen}(\varphi' - \theta)}{\sqrt{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + i)}} \right]^2}$
per $i > \varphi' - \theta$	$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$
$k_p =$	$\frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi + \theta) \left[1 - \frac{\text{sen} \varphi' \text{sen}(\varphi' + i - \theta)}{\sqrt{\text{sen}(\psi + i) \text{sen}(\psi + \theta)}} \right]^2}$

Figura 9-3 – Coefficiente di spinta attiva e passiva.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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.

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 $\delta = \varphi'$.

Dati Geotecnici			valori caratteristici SLE	valori di progetto	
				STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	φ'	38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ'	20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	0.00

Figura 9-4 – Dati geotecnici – muro di sostegno tipo 1 e tipo 2

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

9.3 CARICHI VARIABILI

9.3.1 CARICHI MOBILI DA TRAFFICO FERROVIARIO

Le azioni variabili su opere di sostegno sono definite dal par. 3.5.2.3.4 del Manuale di progettazione Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale.

Per quanto attiene il sovraccarico ferroviario si applica il carico verticale dovuto al treno di carico SW2 uniformemente distribuito su una larghezza trasversale di calcolo fino a livello del piano campagna. Il treno di carico SW2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

Il treno di carico SW2 è schematizzato nella figura seguente.

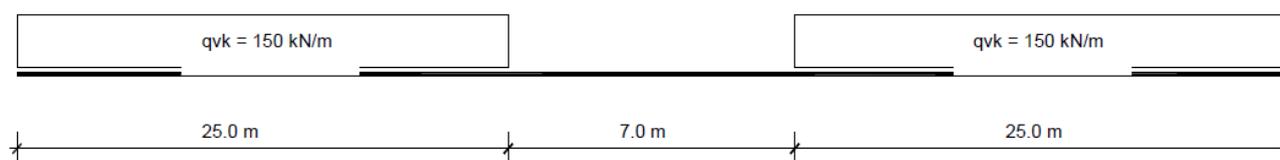


Figura 9-5 – Treno di carico SW2.

Per la ripartizione si considera

- $B_t = 2.40 \text{ m} + 2 \times 0.40 \text{ m} \times 1/4 = 2.60 \text{ m}$

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente α che deve assumersi come da tabella seguente:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " α "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Figura 9-6 – Coefficienti α per modelli di carico.

Il valore considerato di carico distribuito in corrispondenza della zona sopra la soletta, risulta dunque:

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	40 di 175

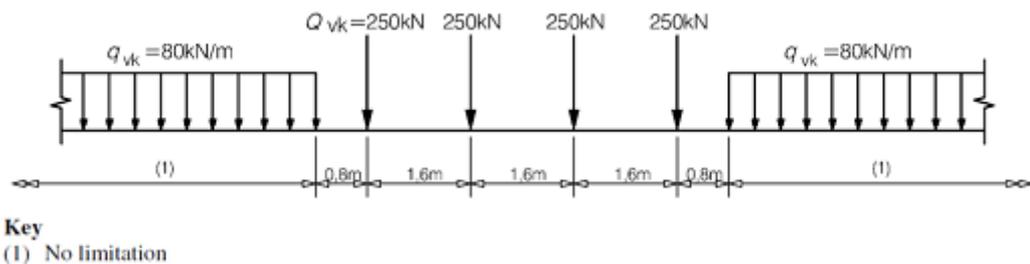
Relazione di calcolo

$$Q = 150 \text{ kN} \quad q_{var} = (150/2.60) \cdot 1.0 = 57.69 \text{ kN/m}^2$$

Di seguito, si effettua la valutazione del carico equivalente previsto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità con cui si dà evidenza che le opere appartenenti alla tratta in esame sono idonee a sostenere tale carico.

9.3.2 VERIFICA REQUISITI S.T.I. PER OPERE MINORI SOTTOBINARIO: CARICO EQUIVALENTE

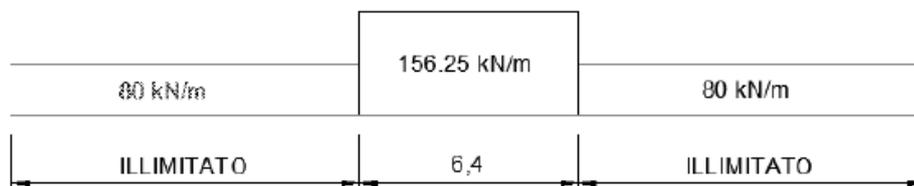
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

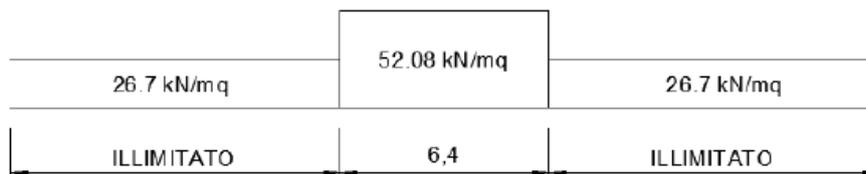
Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \cdot 250}{4 \cdot 1.60} = 156.25 \text{ kN/m}$$



Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RSST	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B



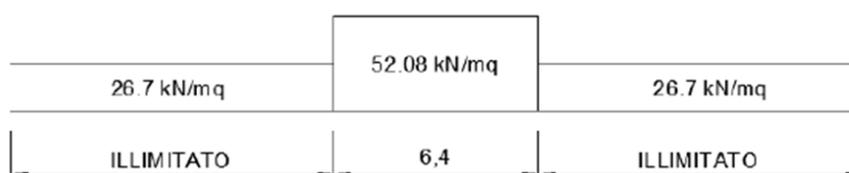
A tali carichi si deve applicare il coefficiente α relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

Tabella 11

Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa (α)
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospenso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospenso
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente α è pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P2-P4 per il traffico passeggeri ed F1 per il traffico merci per cui, alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA												
RI08 – Muro di sostegno MU71 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 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>42 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	42 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	42 di 175								

Considerando la ripartizione dei carichi attraverso il sottostante rilevato fino alla quota della testa dell'opera di sostegno con un angolo pari all'angolo di attrito interno del terreno (38°) si ottiene un carico in corrispondenza del piano orizzontale alla quota della testa dell'opera di sostegno pari a:

$$q_{var} = (52.08 \text{ kN/m}^2 \times 3.0\text{m}) / (3.0\text{m}) = 52.08 \text{ kN/m}^2$$

Ai fini delle verifiche del carico equivalente si considera, in tutte le relazioni di calcolo specifiche, a favore di sicurezza, il carico equivalente SW2 pari a 57.7 kN/m² a vantaggio di sicurezza rispetto ai 52.08 kN/m² calcolati con riferimento alle STI.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

9.4 VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA

9.4.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un’opera strutturale V_N è 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. Nel presente caso l’opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione:

2) Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale

La cui vita nominale è pari a: 75 anni.

9.4.2 CLASSE D’USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un’interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l’opera appartiene alla seguente classe d’uso:

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Il coefficiente d’uso è pari a 1.50.

9.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento V_R ricavato, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d’uso C_u .

Pertanto $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni.

9.4.4 PARAMETRI SISMICI

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l’uno in funzione dell’altro, mediante l’espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_u V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 9-1 – Probabilità di superamento al variare dello stato limite considerato.

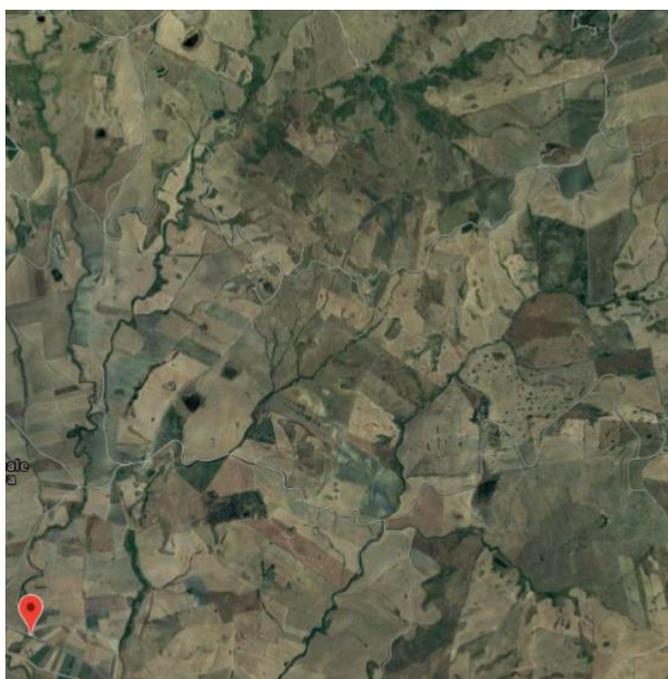


Tabella 9-2 – Localizzazione del sito ove sorgerà l'opera.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Da cui si ottiene la seguente tabella:

Stati limite				
	Classe Edificio			
	III. Affollamento significativo...			
	Vita Nominale	75		
	Interpolazione	Media ponderata		
CU = 1.5				
Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F ₀	T _c [s]
Operatività (SLO)	68	0.046	2.452	0.282
Danno (SLD)	113	0.055	2.488	0.304
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.112	2.643	0.377
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.135	2.677	0.406
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	1125			

Tabella 9-3 – Parametri relativi all'azione sismica.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria B. In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 9-4 – Categorie topografiche.

L'area interessata risulta classificabile come T1.

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2018 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_s S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle di seguito riportate:

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 9-5 – Espressioni di S_s e C_c .

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 9-6 – Valori massimi dei coefficienti di amplificazione topografica S_T .

valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a $S_s = 1.50$ e $C_c = 1.45$

valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a $S_T = 1.0$

Dalla sezione dedicata al calcolo dei parametri sismici di base del programma "GeoStru", si ricavano i seguenti parametri dello spettro di risposta relativo al sito più gravoso.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	47 di 175

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,48
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,55	1,45	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.039	0.064	0.000
kv	--	0.019	0.032	--
Amax [m/s ²]	0.671	0.810	1.641	1.959
Beta	--	0.470	0.380	--

ESPORTA IN TXT

PDF

SPETTRI

Carica file 



 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

10. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

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 secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2).

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3).

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Per ciascuna verifica si deve tenere conto dei coefficienti parziali per le azioni, dei parametri geotecnici e dei coefficienti di amplificazione per le verifiche di sicurezza, tutti riportati nelle seguenti tabelle.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

Tabella 10-1 - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 10-2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 10-3 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi dei muri di sostegno.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Tabella 10-4 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le combinazioni sismiche, in maniera del tutto analoga alle combinazioni statiche, sono effettuate con l'approccio 2, ponendo però pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati nella seguente tabella.

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Tabella 10-5 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Le verifiche pseudo-statiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati in condizioni sismiche si eseguono adottando valori unitari dei coefficienti parziali del gruppo A e M per il calcolo delle azioni e dei parametri geotecnici di progetto e un coefficiente parziale γ_R pari a 1.2.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11. PROGETTO E VERIFICA DEL MURO A “U”

Questa sezione del muro ad U è finalizzata all’individuazione della condizione di carico più gravosa che si verifica per il muro in sinistra.

11.1 MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l’analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l’interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta pari a 5223 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)
a2	25	0.3	9.2	10	1.09	0.89753	3327

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

 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												
RI08 – Muro di sostegno MU71 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 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>52 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	52 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	52 di 175								

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 7.60 m, l'altezza interna, a partire dal piano campagna, è pari 5.00 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 0.80 m e piedritti hanno spessore di 0.80 m allo spiccato e 0.40 m in sommità per gli ultimi 0.90 m.

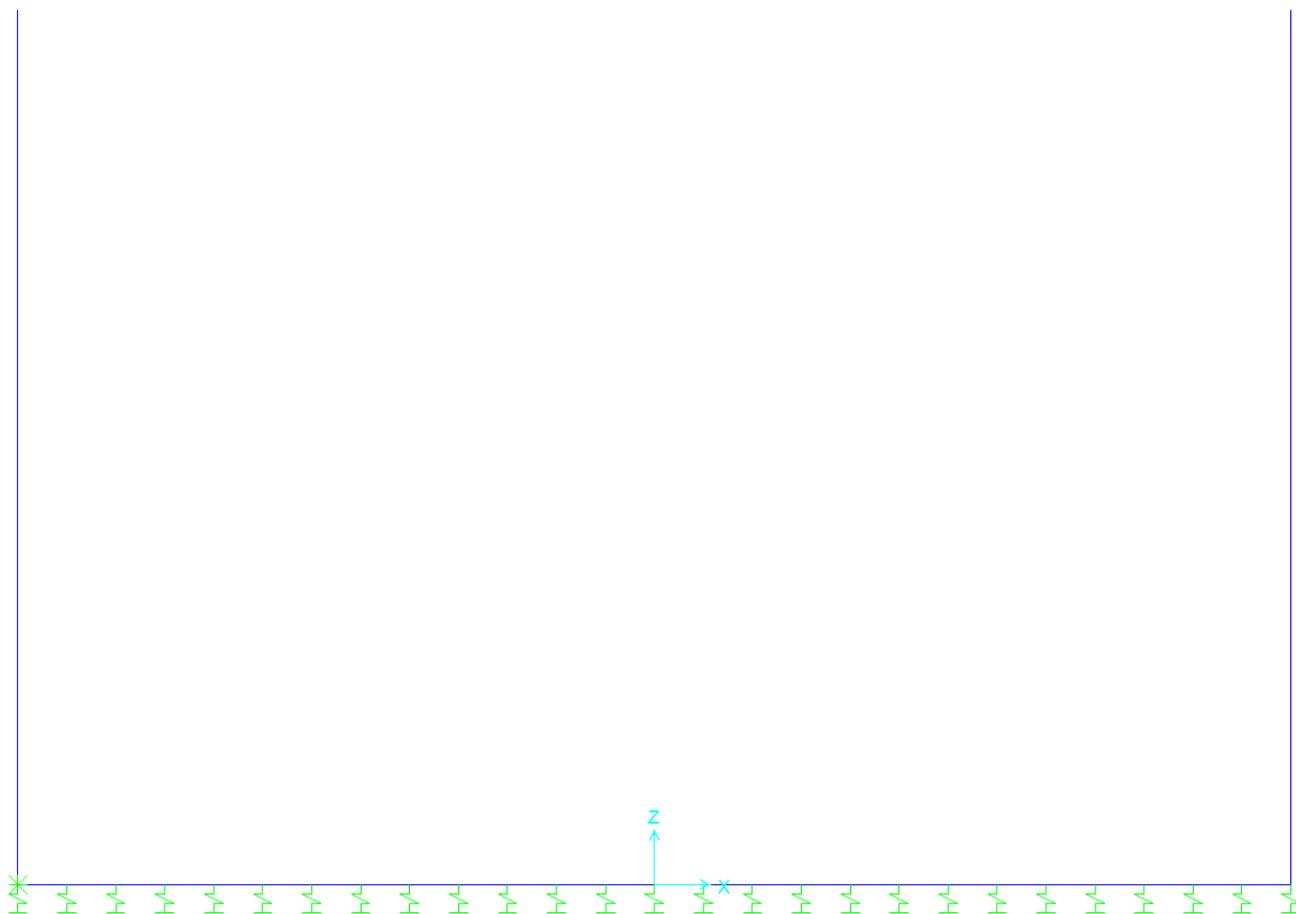


Figura 7 – Modello di calcolo.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.2 ANALISI DEI CARICHI

11.2.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

Il peso proprio della struttura è valutato automaticamente dal programma di calcolo attribuendo al c.a. un peso dell'unità di volume di 25 kN/m³.

11.2.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
γ_3	20.00	kN/m ³
S_3	5.00	m spessore e massetto pendenze
W_3	100	kN/m ²

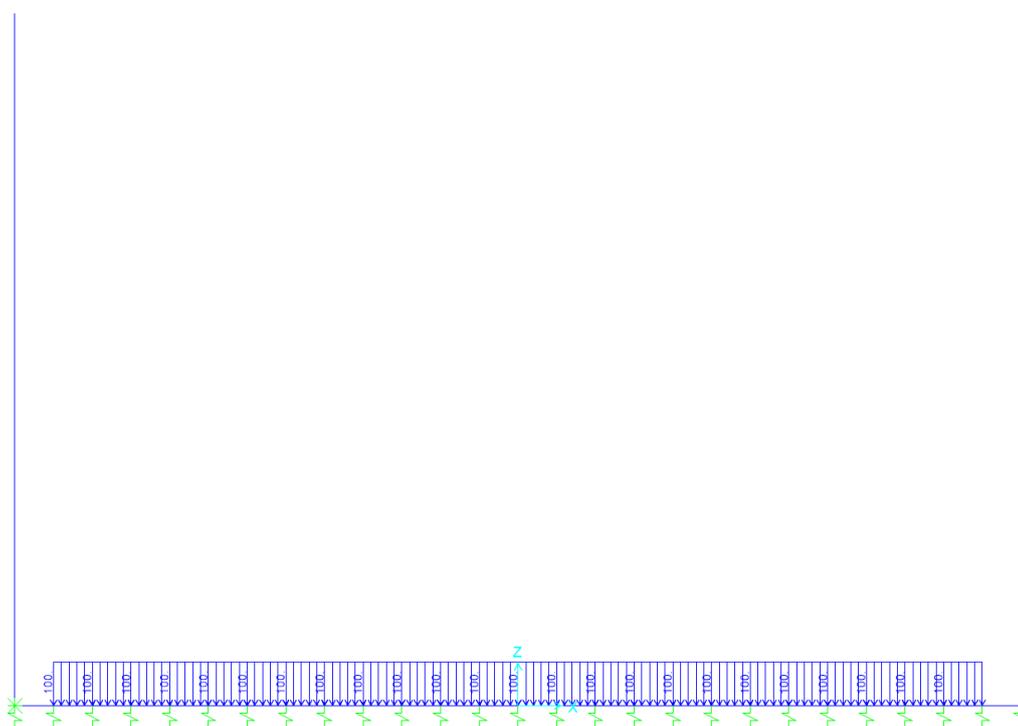


Figura 8 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	54 di 175

11.2.3 BALLAST

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

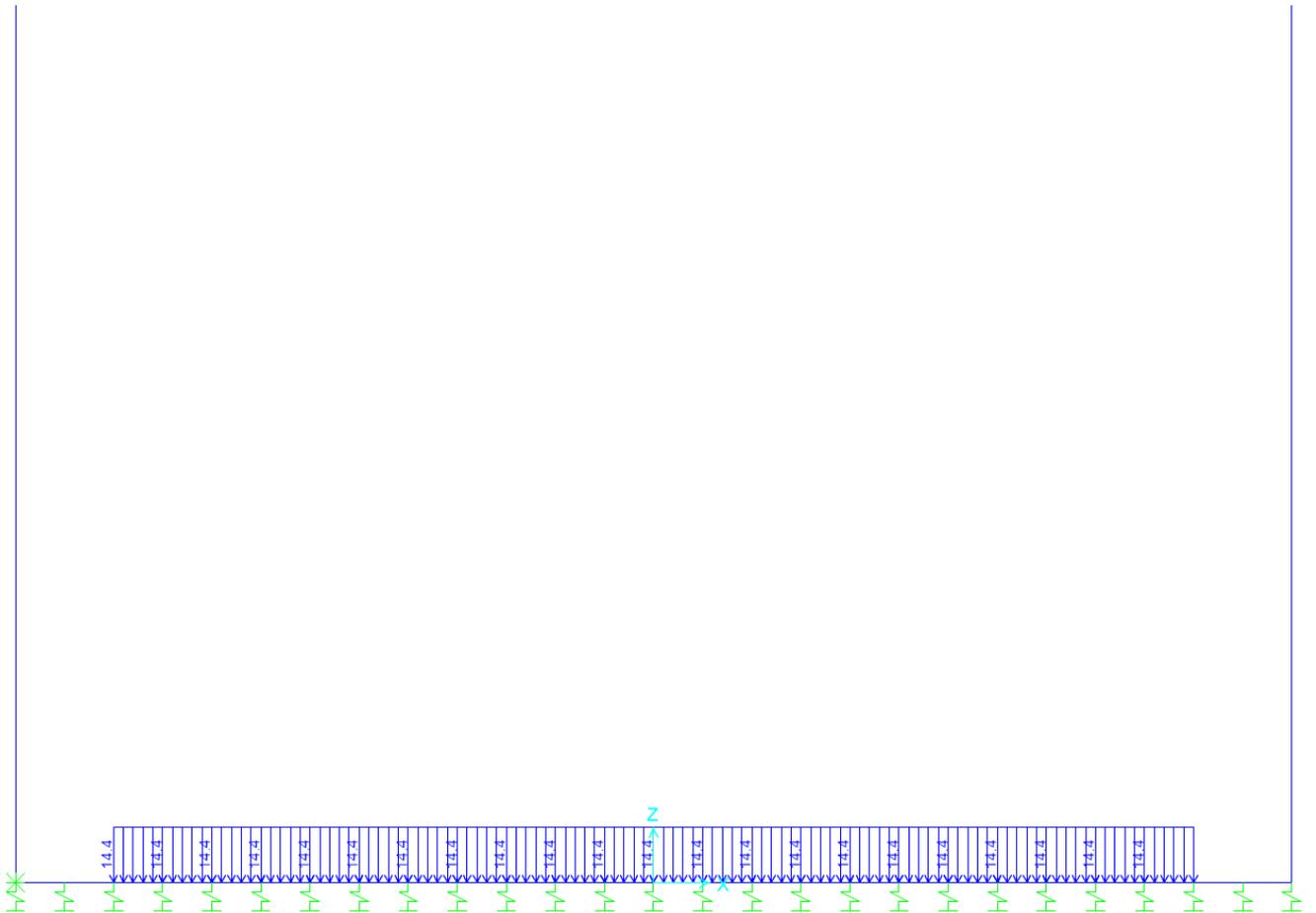


Figura 9 – Ballast.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.2.4 SPINTA ORIZZONTALE DOVUTA AL BALLAST

Il ballast produce una spinta orizzontale sul piedritto sinistro, valutata a partire dal peso del ballast calcolato in precedenza.

Spinta statica aggiuntiva	
	Ballast
K0	0.38
p_b	14.4 kN/m ²
Δp_d	5.53 kN/m ²

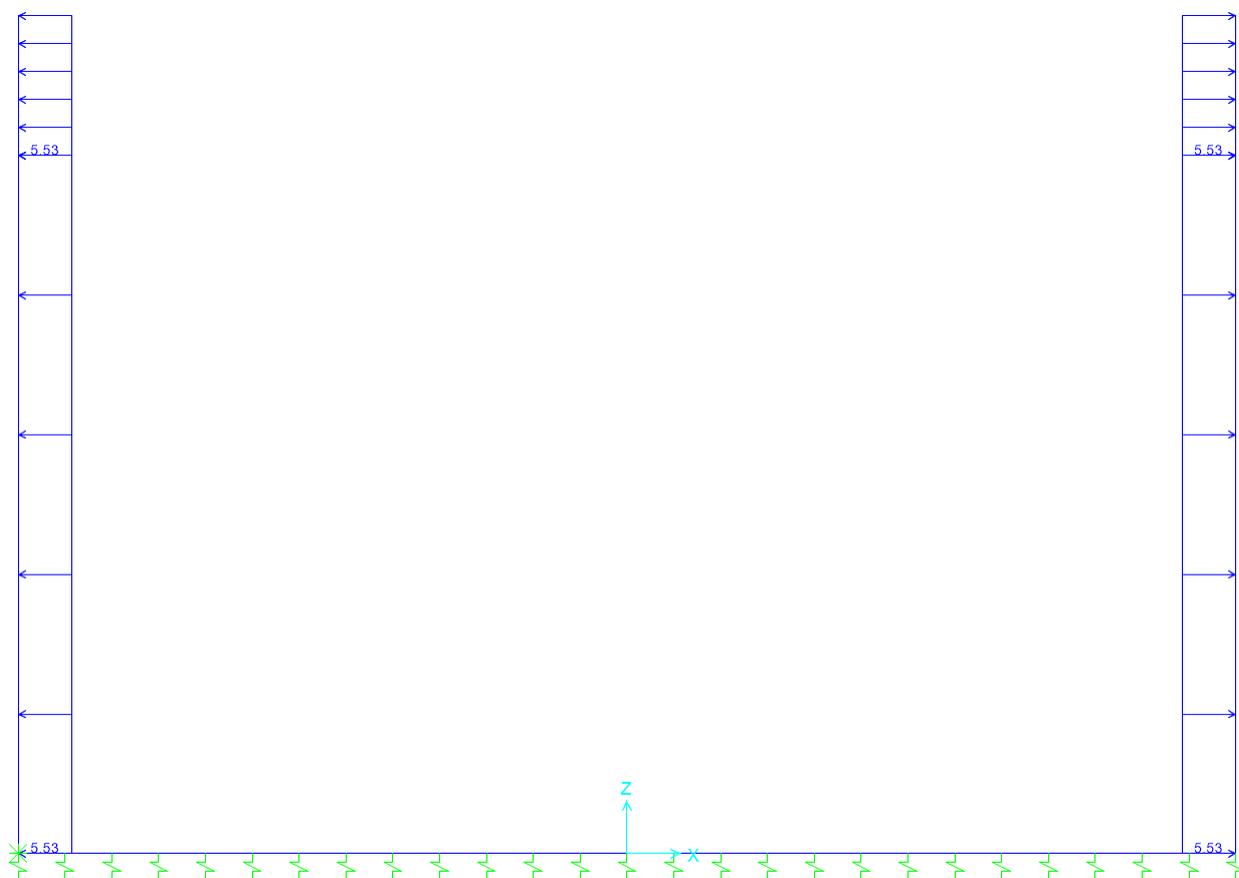


Figura 10– Ballast_H.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.2.5 SPINTA DEL TERRENO

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	20.00	kN/m ³	peso specifico terreno
Φ'_k	38	°	angolo attrito caratteristico
Φ'_d	38	°	angolo attrito di progetto
k_0	0.38	-	

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m ²)	σ_w (kN/m ²)
0	0.00	0.00
0.9	6.92	0.00
5.40	41.51	0.00



Figura 11 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	57 di 175

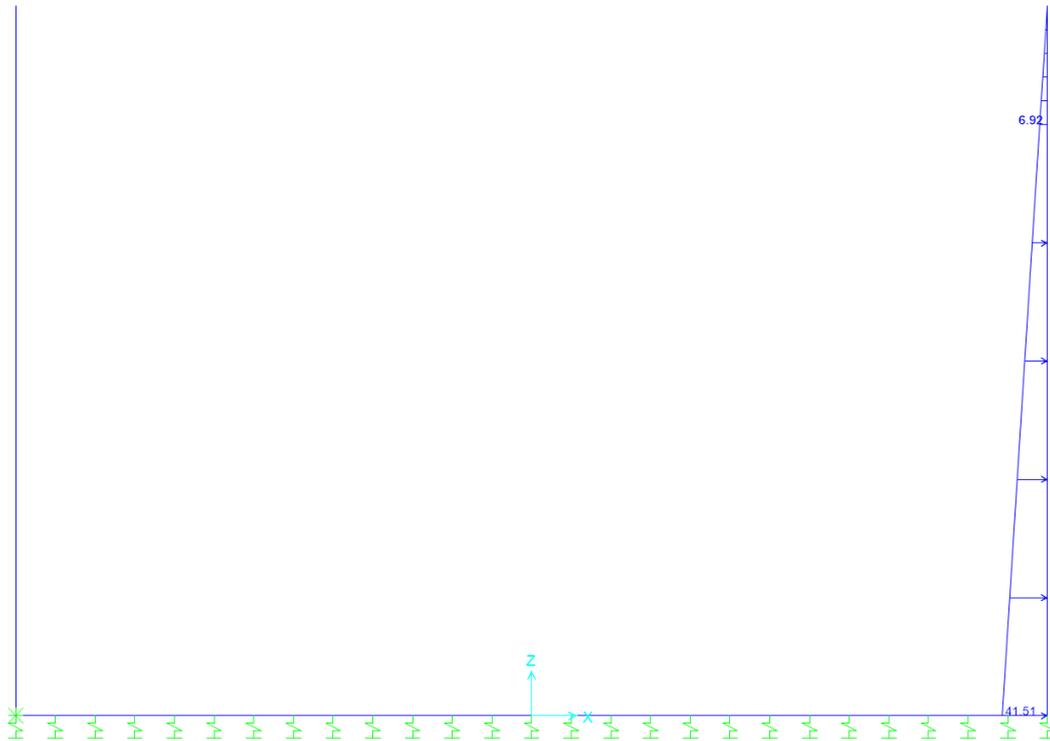


Figura 12 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.2.6 SOVRACCARICO FERROVIARIO SU SOLETTA INFERIORE

Le azioni variabili su opere di sostegno sono definite dal par. 3.5.2.3.4 del Manuale di progettazione Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale.

Per quanto attiene il sovraccarico ferroviario si applica il carico verticale dovuto al treno di carico SW2 uniformemente distribuito su una larghezza trasversale di calcolo fino a livello del piano campagna. Il treno di carico SW2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

Il treno di carico SW2 è schematizzato nella figura seguente.

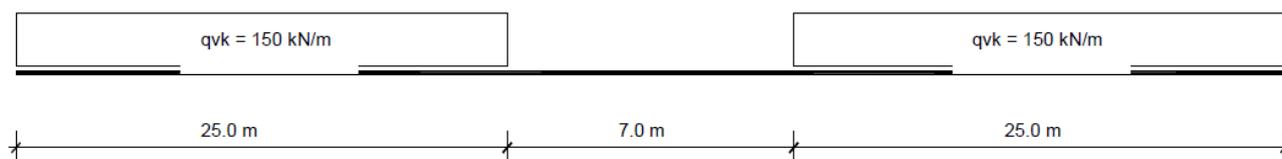


Figura 11-13 – Treno di carico SW2.

Per la ripartizione si considera

- $B_t = 2.40 \text{ m} + 2 \times 0.40\text{m} \times 1/4 = 2.60\text{m}$

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente α che deve assumersi come da tabella seguente:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " α "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Figura 11-14 – Coefficienti α per modelli di carico.

Il valore considerato di carico distribuito in corrispondenza della zona sopra la soletta, risulta dunque:

$$Q = 150 \text{ kN} \quad q_{var} = (150/2.60) 1.0 = 57.7 \text{ kN/m}^2$$

RI08 – Muro di sostegno MU71

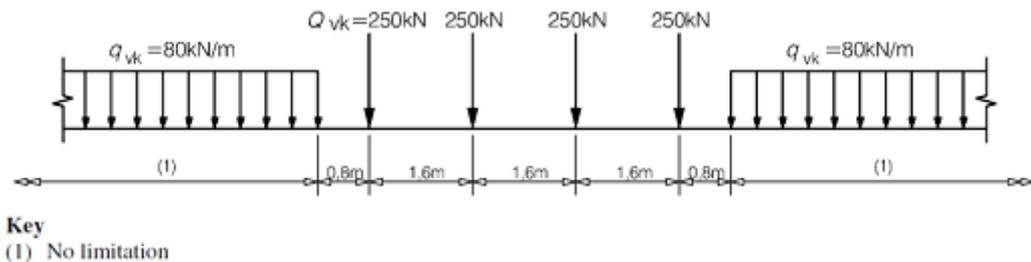
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	59 di 175

Relazione di calcolo

Di seguito, si effettua la valutazione del carico equivalente previsto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità con cui si dà evidenza che le opere appartenenti alla tratta in esame sono idonee a sostenere tale carico.

11.2.7 Verifica requisiti s.t.i. per opere minori sottobinario: carico equivalente

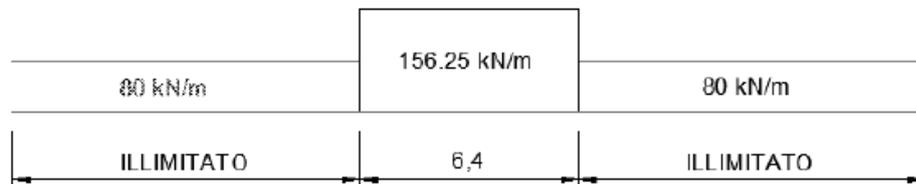
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

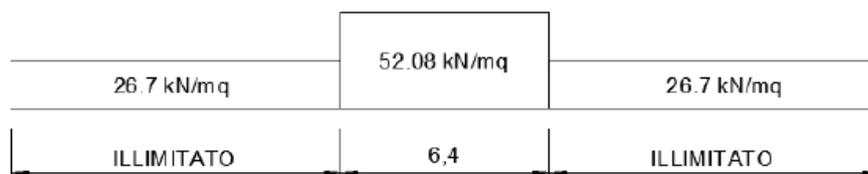
Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \cdot 250}{4 \cdot 1.60} = 156.25 \text{ kN/m}$$



Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B



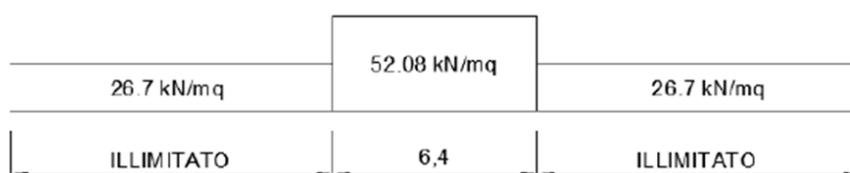
A tali carichi si deve applicare il coefficiente α relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

Tabella 11

Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa (α)
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospenso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospenso
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente α è pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P2-P4 per il traffico passeggeri ed F1 per il traffico merci per cui, alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



 <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>RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU 71 0 0 001</td> <td>B</td> <td>61 di 175</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	61 di 175
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	61 di 175								

Considerando la ripartizione dei carichi attraverso il sottostante rilevato fino alla quota della testa dell’opera di sostegno con un angolo pari all’angolo di attrito interno del terreno (38°) si ottiene un carico in corrispondenza del piano orizzontale alla quota della testa dell’opera di sostegno pari a:

$$q_{var} = (52.08 \text{ kN/m}^2 \times 3.0\text{m}) / (3.0\text{m}) = 52.08 \text{ kN/m}^2$$

Ai fini delle verifiche del carico equivalente si considera, in tutte le relazioni di calcolo specifiche, a favore di sicurezza, il carico equivalente SW2 pari a 57.7 kN/m² a vantaggio di sicurezza rispetto ai 52.08 kN/m² calcolati con riferimento alle STI.

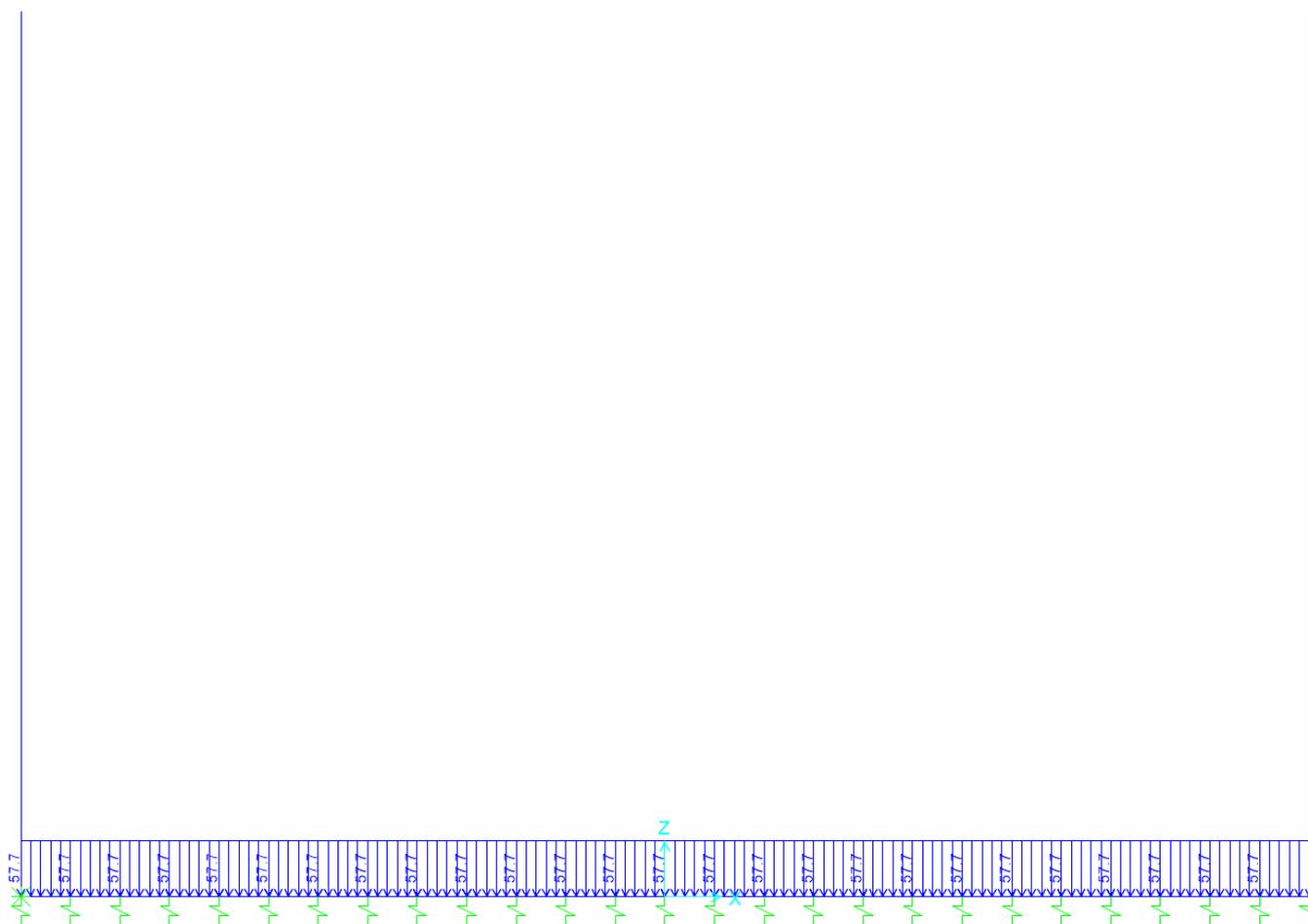


Figura 15 – Treno di carico SW2.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.2.8 INCREMENTO DI SPINTA DOVUTA AL CARICO ACCIDENTALE

Il carico accidentale che transita internamente, produce sul muro in sinistra una spinta orizzontale calcolata considerando la larghezza di ripartizione del carico alla quota di intersezione del carico diffuso con il piedritto.

Spinta statica dovuta al treno SW/2	
q_{v1}	57.7 m
k_0	0.38
Δp_d	22.17 kN/m ²

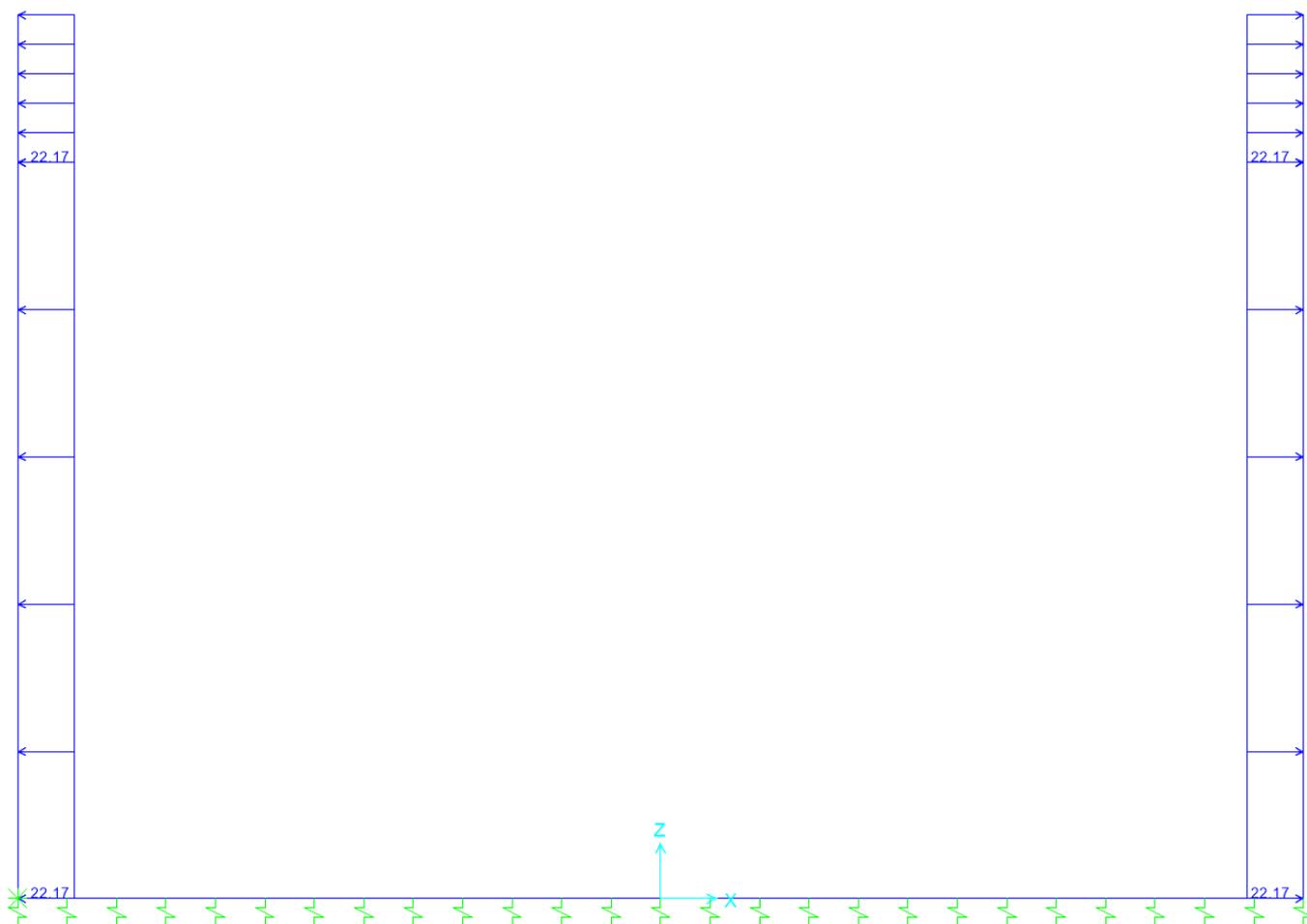


Figura 16 – Treno di carico SW2.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.2.9 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.

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

a_g	0.112	g
S_S	1.5	
S_T	1	
a_{\max}	0.1680	g

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	64 di 175

β_m	1.00	
k_h	0.1680	
k_v	0.0840	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.68	kN/m ²	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	3.36	kN/m ²	peso proprio s. 0.8m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	5.80	m	altezza complessiva
Δp_d	19.49	kN/m ²	incremento di spinta

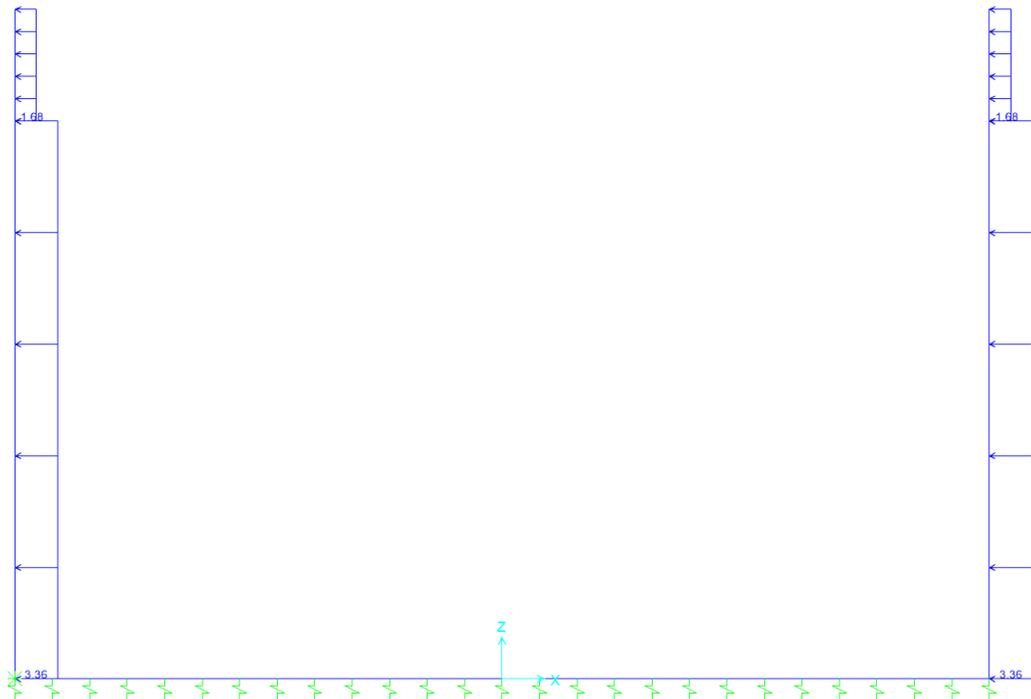


Figura 17 – Sisma orizzontale.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	65 di 175

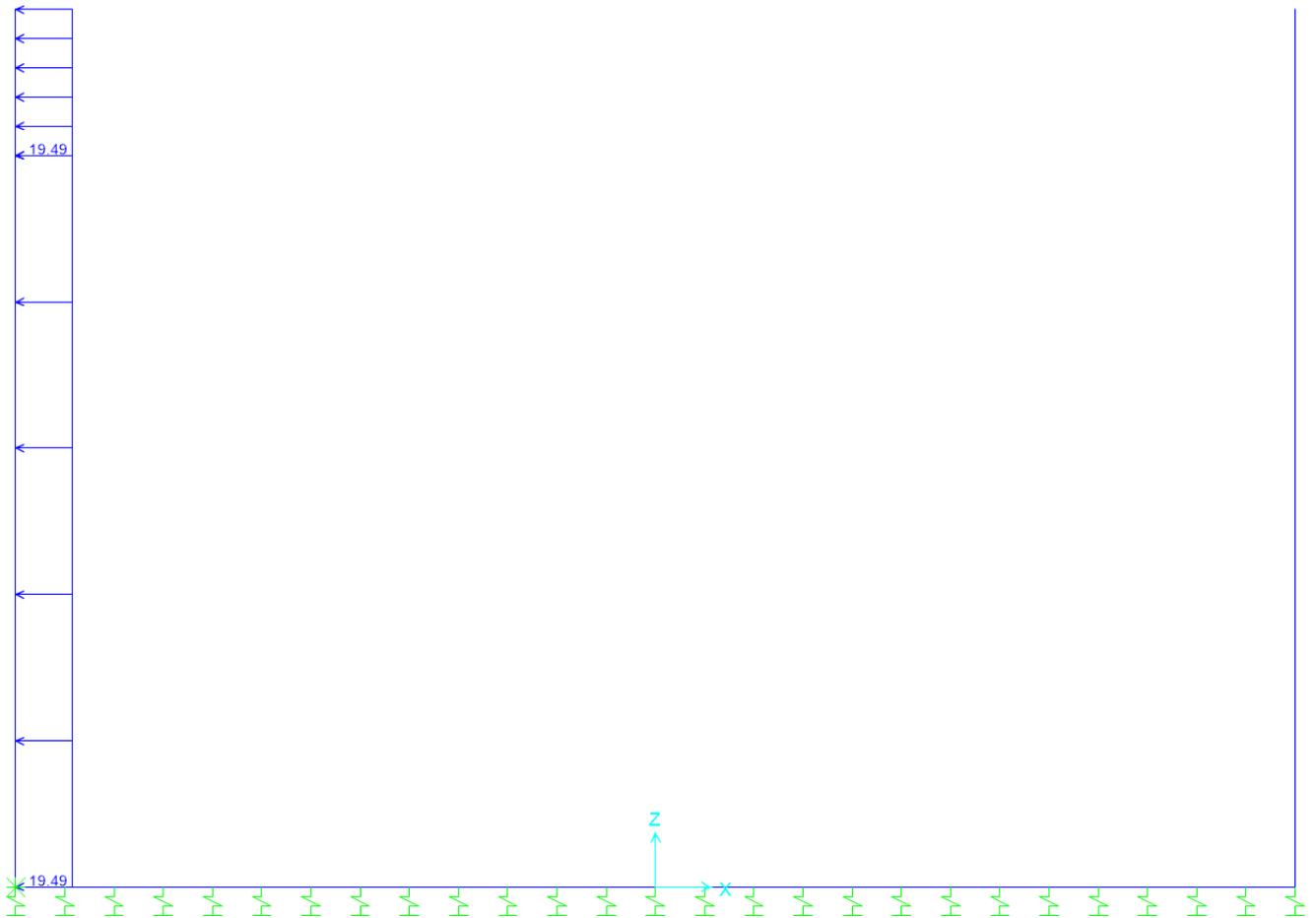


Figura 18 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.2.10 **COMBINAZIONI DI CALCOLO**

Le azioni impiegate nella definizione delle combinazioni di carico sono riepilogate nella Tabella 6.

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore (terreno)	PERM_TERR
ballast	BALLAST
spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro e destro	SPINTA_K0
spinta orizzontale dovuta al ballast	SPINTA_BALLAST
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario agente su tutta la soletta inferiore	ACC_SW2
spinta orizzontale dovuta al treno	SPINTA_SW2
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	SISMA_H
incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma	SISMA_SOVRASPINTA

Tabella 6 – Riepilogo carichi.

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

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche					
	slu1	slu2	slu3	slu4	slu5
DEAD	1.35	1	1.35	1	1.35
PERM_TERR	1.35	1.35	1.35	1.35	1
BALLAST	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SPINTA_K0	1.35	1.35	1.35	1.35	1
SPINTA-BALLAST	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
ACC_SW2	0	0	1.45	1.45	1.45
SPINTA_SW2	0	0	1.45	1.45	1.45

Tabella 7 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (1/2).

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	67 di 175

combinazioni di carico agli SLV			
	sis1	sis2	sis3
DEAD	1	1	1
PERM_TERR	1	1	1
BALLAST	1	1	1
SPINTA_K0	1	1	1
SPINTA-BALLAST	1	1	1
ACC_SW2	0	0	0.2
SPINTA_SW2	0	0	0.2
sisma_H	1	0.3	1
sovraspinta_sismica	1	0.3	1

Tabella 8 – Combinazioni di carico agli SLV

combinazioni di carico agli SLE					
	rar1	rar2	fre1	fre2	qpe1
DEAD	1	1	1	1	1
PERM_TERR	1	1	1	1	1
BALLAST	1	1	1	1	1
SPINTA_K0	1	1	1	1	1
SPINTA-BALLAST	1	1	1	1	1
ACC_SW2	0	1	0.8	0	0
SPINTA_SW2	0	1	0.8	0	0

Tabella 9 – Combinazioni di carico agli SLE.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	68 di 175

11.3 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.

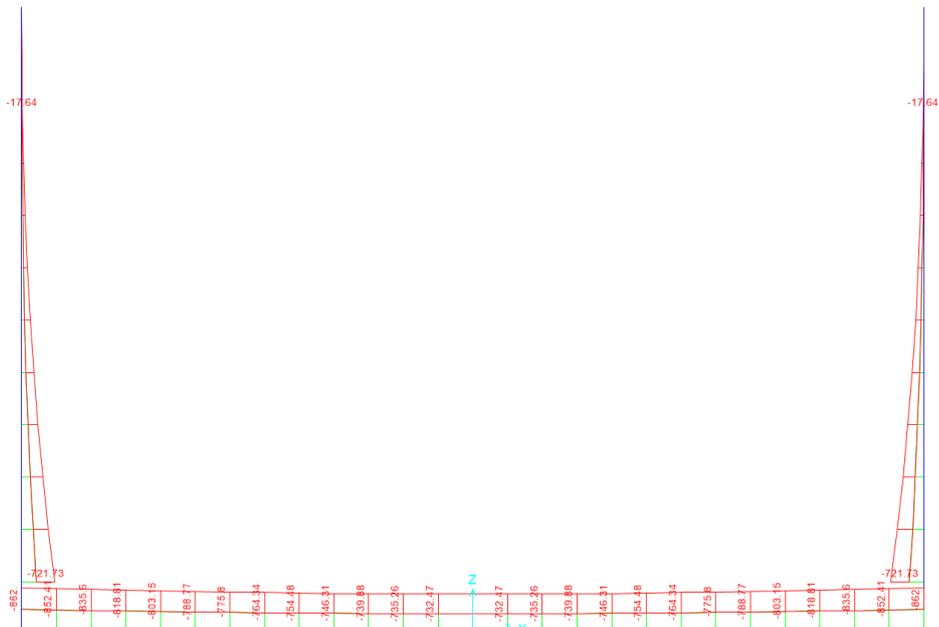


Figura 19 – Momento flettente enve-SLU.

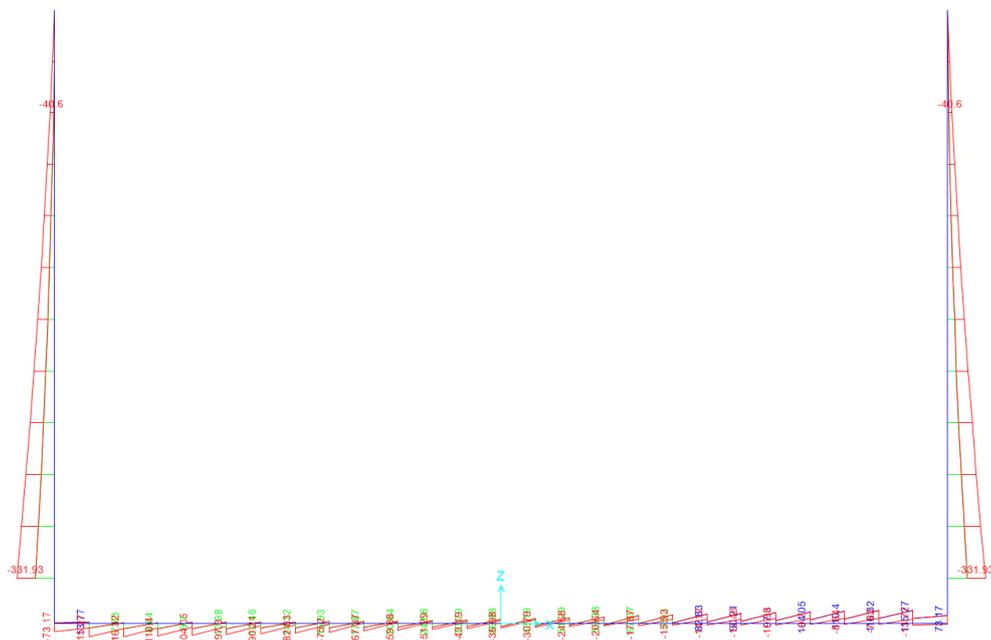


Figura 20 – Taglio enve-SLU.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	69 di 175

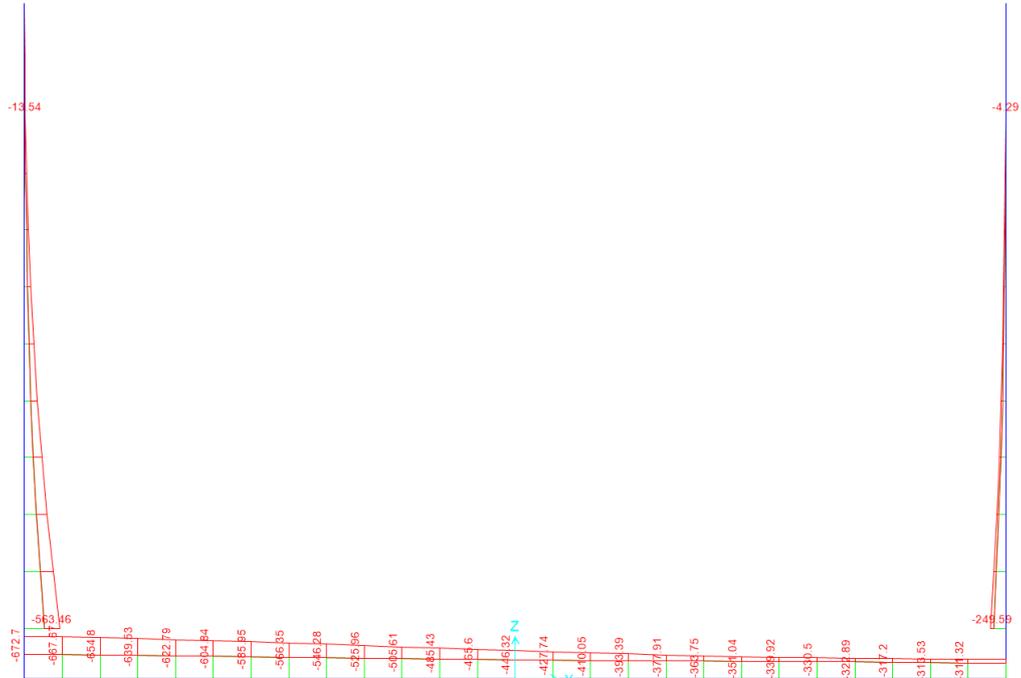


Figura 21 – Momento flettente enve-SLV.



Figura 22 – Taglio enve-SLV.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	70 di 175

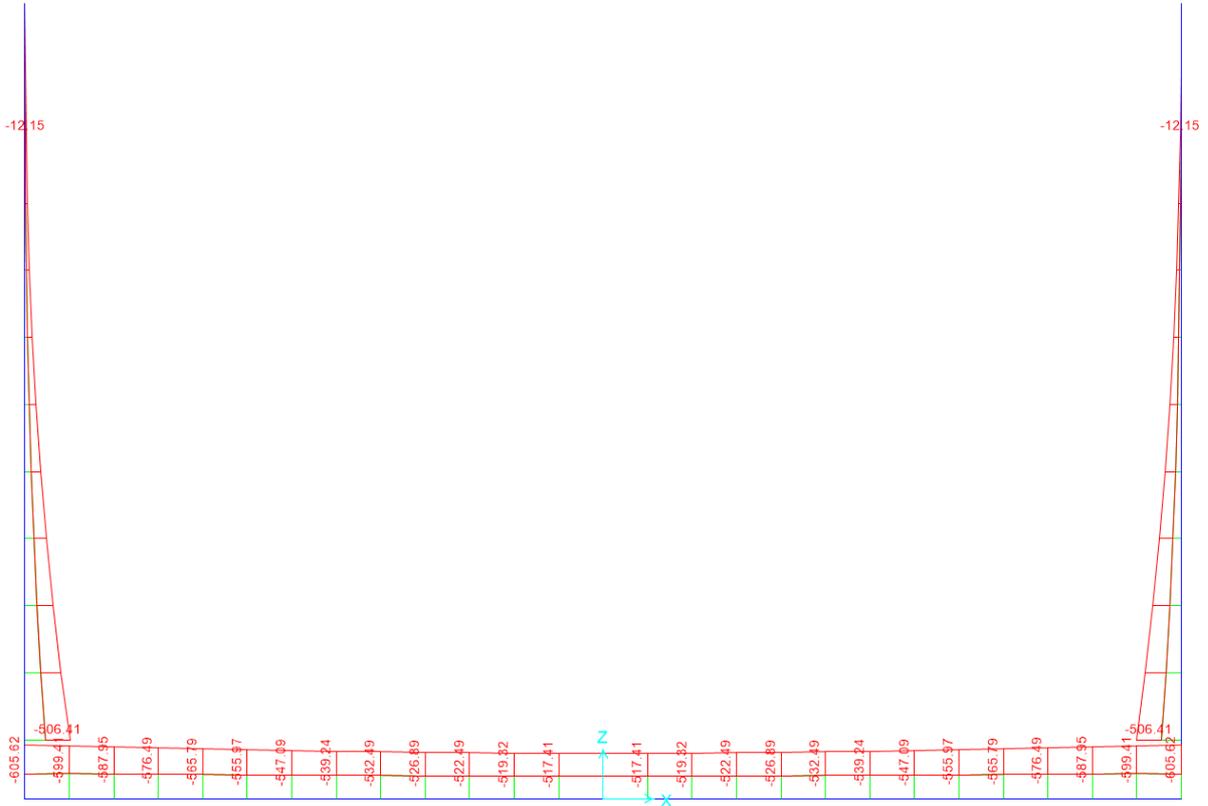


Figura 23 – Momento flettente enve-SLE.

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	71 di 175

11.3.1 VERIFICA PIEDRITTO $S=0.8M$

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-9.00	-6.58	-2.49	64	4.50	sis1_nl
M3	min		-90.97	-258.65	-563.46	62	0.40	sis3_nl
V2	max		-9.00	-6.58	-2.49	64	4.50	sis1_nl
V2	min		-90.97	-258.65	-563.46	62	0.40	sis3_nl
P	max		-9.00	-27.14	-11.75	62	4.50	sis1_nl
P	min		-90.97	-236.48	-508.03	62	0.40	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-12.15	-11.67	-4.62	62	4.50	slu1_nl
M3	min		-122.81	-331.93	-721.73	62	0.40	slu3_nl
V2	max		-12.15	-11.67	-4.62	62	4.50	slu1_nl
V2	min		-122.81	-331.93	-721.73	62	0.40	slu3_nl
P	max		-9.00	-11.67	-4.62	62	4.50	slu2_nl
P	min		-122.81	-171.20	-319.90	62	0.40	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-9.00	-8.09	-3.17	62	4.50	rar1_nl
M3	min		-90.97	-234.59	-506.41	62	0.40	rar2_nl
V2	max		-9.00	-8.09	-3.17	62	4.50	rar1_nl
V2	min		-90.97	-234.59	-506.41	62	0.40	rar2_nl
P	max		-9.00	-8.09	-3.17	62	4.50	rar1_nl
P	min		-90.97	-123.74	-229.28	62	0.40	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-9.00	-8.09	-3.17	62	4.50	fre2_nl
M3	min		-90.97	-212.42	-450.98	62	0.40	fre1_nl
V2	max		-9.00	-8.09	-3.17	62	4.50	fre2_nl
V2	min		-90.97	-212.42	-450.98	62	0.40	fre1_nl
P	max		-9.00	-24.05	-10.36	62	4.50	fre1_nl
P	min		-90.97	-212.42	-450.98	62	0.40	fre1_nl

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	72 di 175

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-9.00	-8.09	-3.17	62	4.50	qpe1_nl
M3	min	QPE	-90.97	-123.74	-229.28	62	0.40	qpe1_nl
V2	max		-9.00	-8.09	-3.17	62	4.50	qpe1_nl
V2	min		-90.97	-123.74	-229.28	62	0.40	qpe1_nl
P	max		-9.00	-8.09	-3.17	62	4.50	qpe1_nl
P	min		-90.97	-123.74	-229.28	62	0.40	qpe1_nl

11.3.1.1 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:	Rettangolare
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:	c32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00 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:	336428 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	37.20 daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 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. 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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	73 di 175

Relazione di calcolo

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):	8.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.7	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	1215	-462	-1167	0
2	12281	-72173	-33193	0
3	1215	-462	-1167	0
4	12281	-72173	-33193	0
5	900	-462	-1167	0
6	12281	-31990	-17120	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	900	-317
2	9097	-50641
3	900	-317
4	9097	-50641
5	900	-317
6	9097	-22928

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	900	-317 (-95266)
2	9097	-45098 (-55905)
3	900	-317 (-95266)
4	9097	-45098 (-55905)
5	900	-1036 (-62428)
6	9097	-45098 (-55905)

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

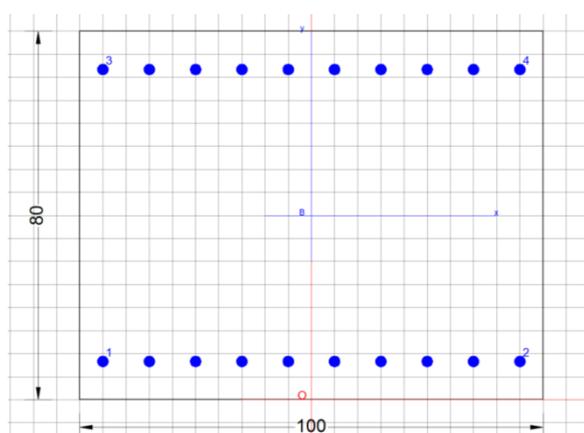
N°Comb.	N	Mx
---------	---	----

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	74 di 175

1	900	-317 (-95266)
2	9097	-22928 (-57667)
3	900	-317 (-95266)
4	9097	-22928 (-57667)
5	900	-317 (-95266)
6	9097	-22928 (-57667)



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 [cm ²] 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	1215	-462	1236	-137357	297.310	10.2	0.14	0.70	53.1 (15.3)
2	S	12281	-72173	12270	-140814	1.951	10.4	0.15	0.70	53.1 (15.3)
3	S	1215	-462	1236	-137357	297.310	10.2	0.14	0.70	53.1 (15.3)
4	S	12281	-72173	12270	-140814	1.951	10.4	0.15	0.70	53.1 (15.3)
5	S	900	-462	924	-137259	297.098	10.2	0.14	0.70	53.1 (15.3)
6	S	12281	-31990	12270	-140814	4.402	10.4	0.15	0.70	53.1 (15.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	75 di 175

Relazione di calcolo

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	0.0	0.00051	8.7	-0.02101	71.3
2	0.00350	0.0	0.00058	8.7	-0.02045	71.3
3	0.00350	0.0	0.00051	8.7	-0.02101	71.3
4	0.00350	0.0	0.00058	8.7	-0.02045	71.3
5	0.00350	0.0	0.00051	8.7	-0.02103	71.3
6	0.00350	0.0	0.00058	8.7	-0.02045	71.3

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	-1167	38288	71.3	100.0	0.0074	0.0
2	S	-33193	39768	71.3	100.0	0.0074	0.2
3	S	-1167	38288	71.3	100.0	0.0074	0.0
4	S	-33193	39768	71.3	100.0	0.0074	0.2
5	S	-1167	38126	71.3	100.0	0.0074	0.0
6	S	-17120	39768	71.3	100.0	0.0074	0.2

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 $5(c+\varnothing/2)$ 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	0.3	0.0	0.0	57.2	-3	8.7	10.6	1061	53.1	9.2
2	S	49.2	0.0	0.0	24.3	-1427	8.7	18.6	1857	53.1	9.2
3	S	0.3	0.0	0.0	57.2	-3	8.7	10.6	1061	53.1	9.2
4	S	49.2	0.0	0.0	24.3	-1427	8.7	18.6	1857	53.1	9.2
5	S	0.3	0.0	0.0	57.2	-3	8.7	10.6	1061	53.1	9.2
6	S	22.7	0.0	0.0	25.8	-603	8.7	18.1	1809	53.1	9.2

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	76 di 175

Relazione di calcolo

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	340	0.000 (0.20)	-95266
2	S	-0.00085	0.00037	0.50	0.60	0.000428 (0.000428)	406	0.174 (0.20)	-55712
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	340	0.000 (0.20)	-95266
4	S	-0.00085	0.00037	0.50	0.60	0.000428 (0.000428)	406	0.174 (0.20)	-55712
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	340	0.000 (0.20)	-95266
6	S	-0.00036	0.00017	0.50	0.60	0.000181 (0.000181)	402	0.073 (0.20)	-57667

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	0.3	0.0	0.0	57.2	-3	8.7	10.6	1061	53.1	9.2
2	S	44.0	0.0	0.0	24.5	-1262	8.7	18.5	1852	53.1	9.2
3	S	0.3	0.0	0.0	57.2	-3	8.7	10.6	1061	53.1	9.2
4	S	44.0	0.0	0.0	24.5	-1262	8.7	18.5	1852	53.1	9.2
5	S	1.1	0.0	0.0	31.5	-23	8.7	17.0	1697	53.1	9.2
6	S	44.0	0.0	0.0	24.5	-1262	8.7	18.5	1852	53.1	9.2

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	340	0.000 (0.20)	-95266
2	S	-0.00075	0.00033	0.50	0.60	0.000379 (0.000379)	406	0.154 (0.20)	-55905
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	340	0.000 (0.20)	-95266
4	S	-0.00075	0.00033	0.50	0.60	0.000379 (0.000379)	406	0.154 (0.20)	-55905
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	393	0.003 (0.20)	-62428
6	S	-0.00075	0.00033	0.50	0.60	0.000379 (0.000379)	406	0.154 (0.20)	-55905

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	0.3	0.0	0.0	57.2	-3	8.7	10.6	1061	53.1	9.2
2	S	22.7	0.0	0.0	25.8	-603	8.7	18.1	1809	53.1	9.2
3	S	0.3	0.0	0.0	57.2	-3	8.7	10.6	1061	53.1	9.2
4	S	22.7	0.0	0.0	25.8	-603	8.7	18.1	1809	53.1	9.2
5	S	0.3	0.0	0.0	57.2	-3	8.7	10.6	1061	53.1	9.2
6	S	22.7	0.0	0.0	25.8	-603	8.7	18.1	1809	53.1	9.2

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	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	340	0.000 (0.20)	-95266
2	S	-0.00036	0.00017	0.50	0.40	0.000181 (0.000181)	402	0.073 (0.20)	-57667
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	340	0.000 (0.20)	-95266
4	S	-0.00036	0.00017	0.50	0.40	0.000181 (0.000181)	402	0.073 (0.20)	-57667

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	77 di 175

Relazione di calcolo

5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	340	0.000 (0.20)	-95266
6	S	-0.00036	0.00017	0.50	0.40	0.000181 (0.000181)	402	0.073 (0.20)	-57667

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	332 kN
N_{Ed}	123 kN

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd}	18.81 N/mm ²
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

h	800 mm
-----	--------

Copriferro

c	87 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	713 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

A_c	800000 mm ²
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

\varnothing	26 mm
---------------	-------

A_{sl}	5306.6 mm ²
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0074 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.1538 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

v_{\min}	0.27
------------	------

V_{Rd}	397.64 kN
----------	-----------

Verifica:

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

VERIFICATA

Non occorre armatura a taglio

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.3.1.2 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:	Rettagonolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	c32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00	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:	336428	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	37.20	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):	8.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.7	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	900	-249	-658	0
2	9097	-56346	-25865	0
3	900	-249	-658	0
4	9097	-56346	-25865	0
5	900	-1175	-2714	0
6	9097	-50803	-23648	0

RISULTATI DEL CALCOLO

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	79 di 175

Relazione di 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.
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	900	-249	881	-131986	530.066	21.9	0.31	0.82	53.1 (15.3)
2	S	9097	-56346	9099	-134393	2.385	22.3	0.31	0.83	53.1 (15.3)
3	S	900	-249	881	-131986	530.066	21.9	0.31	0.82	53.1 (15.3)
4	S	9097	-56346	9099	-134393	2.385	22.3	0.31	0.83	53.1 (15.3)
5	S	900	-1175	881	-131986	112.329	21.9	0.31	0.82	53.1 (15.3)
6	S	9097	-50803	9099	-134393	2.645	22.3	0.31	0.83	53.1 (15.3)

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	0.00087	0.0	0.00052	8.7	-0.00196	71.3
2	0.00089	0.0	0.00054	8.7	-0.00196	71.3
3	0.00087	0.0	0.00052	8.7	-0.00196	71.3
4	0.00089	0.0	0.00054	8.7	-0.00196	71.3
5	0.00087	0.0	0.00052	8.7	-0.00196	71.3
6	0.00089	0.0	0.00054	8.7	-0.00196	71.3

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]



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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	80 di 175

Relazione di calcolo

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-658	38126	71.3	100.0	0.0074	0.0
2	S	-25865	39342	71.3	100.0	0.0074	0.1
3	S	-658	38126	71.3	100.0	0.0074	0.0
4	S	-25865	39342	71.3	100.0	0.0074	0.1
5	S	-2714	38126	71.3	100.0	0.0074	0.0
6	S	-23648	39342	71.3	100.0	0.0074	0.1

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	81 di 175

Relazione di calcolo

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} 258 kN

N_{Ed} 91 kN

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck} 40 N/mm²

f_{ck} 33.2 N/mm²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} 18.81 N/mm²

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c 1.5

Altezza sezione

h 800 mm

Copriferro

c 87 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w 1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

d 713 mm

Area Calcestruzzo

A_c 800000 mm²

Armatura longitudinale tesa

n 10

\varnothing 26 mm

A_{sl} 5306.6 mm²

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 0.0074 ≤ 0.02 ok

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} 0.1138 ≤ 0.2 f_{cd} ok

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

k 1.53 ≤ 2 ok

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

v_{\min} 0.27

V_{Rd} 393.36 kN

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

Non occorre armatura a taglio

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	82 di 175

Relazione di calcolo

11.3.2 VERIFICA SOLETTA INFERIORE

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	128.00	-70.29	-184.87	18	0.00	sis1
M3	min		384.00	-70.48	-621.31	4	0.00	sis1
V2	max		384.00	73.51	-601.60	16	0.42	sis2
V2	min		320.00	-128.35	-454.42	8	0.00	sis1
P	max		448.00	-104.69	-604.17	5	0.00	sis1
P	min		128.00	22.30	-601.37	15	0.42	sis1

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	128.00	-30.07	-209.15	18	0.00	slu6
M3	min		384.00	72.83	-593.86	4	0.84	slu11
V2	max		320.00	131.88	-559.59	16	0.42	slu7
V2	min		256.00	-158.61	-290.79	17	0.00	slu11
P	max		384.00	-107.67	-531.28	4	0.00	slu8
P	min		64.00	-53.10	-289.67	18	0.00	slu1

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	128.00	-53.68	-220.09	18	0.00	rar1
M3	min		256.00	59.64	-413.73	4	0.84	rar1
V2	max		128.00	89.45	-409.42	16	0.42	rar1
V2	min		192.00	-108.25	-254.21	17	0.00	rar1
P	max		256.00	-49.38	-409.42	4	0.00	rar1
P	min		128.00	34.94	-383.30	16	0.00	rar1

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	128.00	-53.49	-220.39	18	0.00	fre1
M3	min		208.00	61.53	-396.54	4	0.84	fre1
V2	max		192.00	90.54	-389.71	16	0.42	fre1
V2	min		192.00	-106.95	-254.20	17	0.00	fre1
P	max		240.00	-69.91	-396.54	5	0.00	fre1
P	min		128.00	-53.55	-220.50	18	0.00	fre1

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	83 di 175

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	112.00	-52.75	-221.60	18	0.00	qpe
M3	min	QPE	168.00	59.84	-331.28	5	0.84	qpe
V2	max		144.00	94.89	-310.88	16	0.42	qpe
V2	min		160.00	-101.76	-254.17	17	0.00	qpe
P	max		168.00	-51.54	-327.79	5	0.00	qpe
P	min		112.00	-52.79	-221.71	18	0.00	qpe

11.3.2.1 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 (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: C32/40
 Resis. compr. di progetto fcd: 188.10 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 336428 daN/cm²
 Resis. media a trazione fctm: 30.00 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Rare: 182.60 daN/cm²
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 182.60 daN/cm²
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 132.80 daN/cm²
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	84 di 175

Relazione di calcolo

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 $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	45.0	8.3	26
3	-45.0	71.7	26
4	45.0	71.7	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

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	85 di 175

1	1	2	8	26
2	3	4	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	-12800	-20915	0	-3007	0
2	-38400	-59386	0	7283	0
3	-32000	-55959	0	13188	0
4	-25600	-29079	0	-15861	0
5	-38400	-53128	0	-10767	0
6	-6400	-28967	0	-5310	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	-12800	-22009	0
2	-25600	-41373	0
3	-12800	-40942	0
4	-19200	-25421	0
5	-25600	-40942	0
6	-12800	-38330	0

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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	-12800	-22039 (-40415)	0 (0)
2	-20800	-39654 (-40737)	0 (0)
3	-19200	-38971 (-40922)	0 (0)
4	-19200	-25420 (-39448)	0 (0)
5	-24000	-39654 (-40277)	0 (0)
6	-12800	-22050 (-40417)	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	-11200	-22160 (-40848)	0 (0)
2	-16800	-33128 (-40838)	0 (0)
3	-14400	-31088 (-41094)	0 (0)
4	-16000	-25417 (-40141)	0 (0)
5	-16800	-32779 (-40806)	0 (0)
6	-11200	-22171 (-40849)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

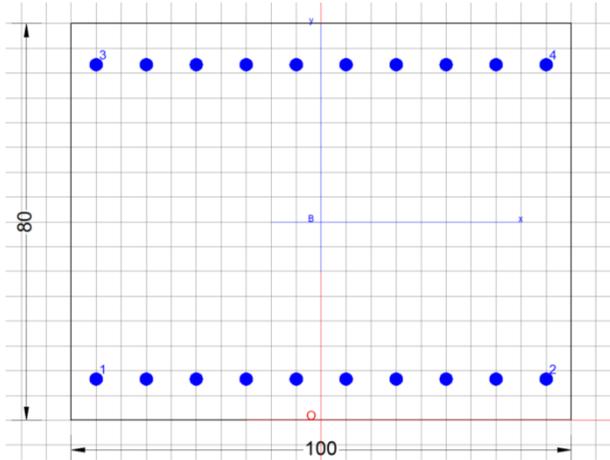
RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	87 di 175

Relazione di calcolo

Copiferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm



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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] 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	-12800	-20915	0	-12799	-133949	0	6.40	53.1(12.4)
2	S	-38400	-59386	0	-38425	-125784	0	2.12	53.1(12.4)
3	S	-32000	-55959	0	-32000	-127835	0	2.28	53.1(12.4)
4	S	-25600	-29079	0	-25624	-129867	0	4.47	53.1(12.4)
5	S	-38400	-53128	0	-38425	-125784	0	2.37	53.1(12.4)
6	S	-6400	-28967	0	-6425	-135977	0	4.69	53.1(12.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	88 di 175

Relazione di calcolo

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	0.133	-50.0	0.0	0.00046	-45.0	8.3	-0.02273	-45.0	71.7
2	0.00350	0.126	-50.0	0.0	0.00029	-45.0	8.3	-0.02419	-45.0	71.7
3	0.00350	0.128	-50.0	0.0	0.00034	-45.0	8.3	-0.02381	-45.0	71.7
4	0.00350	0.130	-50.0	0.0	0.00038	-45.0	8.3	-0.02345	-45.0	71.7
5	0.00350	0.126	-50.0	0.0	0.00029	-45.0	8.3	-0.02419	-45.0	71.7
6	0.00350	0.135	-50.0	0.0	0.00051	-45.0	8.3	-0.02237	-45.0	71.7

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	-0.000365841	0.003500000	0.133	0.700
2	0.000000000	-0.000386205	0.003500000	0.126	0.700
3	0.000000000	-0.000380948	0.003500000	0.128	0.700
4	0.000000000	-0.000375864	0.003500000	0.130	0.700
5	0.000000000	-0.000386205	0.003500000	0.126	0.700
6	0.000000000	-0.000360786	0.003500000	0.135	0.700

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/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)

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	89 di 175

Relazione di calcolo

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	19.3	-50.0	0.0	-765	35.0	71.7	2000	53.1
2	S	36.0	-50.0	0.0	-1451	35.0	71.7	2000	53.1
3	S	37.1	-50.0	0.0	-1323	35.0	71.7	1950	53.1
4	S	21.7	50.0	0.0	-924	-5.0	71.7	2050	53.1
5	S	35.6	50.0	0.0	-1439	35.0	71.7	2000	53.1
6	S	34.7	-50.0	0.0	-1246	35.0	71.7	1950	53.1

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 di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff

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 = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [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 S_{max} / E_s [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max * (e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00044	0	0.836	26.0	70	0.00023 (0.00023)	517	0.118 (990.00)	-40411	0
2	S	-0.00084	0	0.837	26.0	70	0.00044 (0.00044)	517	0.225 (990.00)	-40201	0
3	S	-0.00077	0	0.836	26.0	70	0.00040 (0.00040)	509	0.202 (990.00)	-41997	0
4	S	-0.00053	0	0.835	26.0	70	0.00028 (0.00028)	523	0.145 (990.00)	-39448	0
5	S	-0.00083	0	0.837	26.0	70	0.00043 (0.00043)	517	0.223 (990.00)	-40164	0
6	S	-0.00072	0	0.837	26.0	70	0.00037 (0.00037)	510	0.190 (990.00)	-41867	0

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	90 di 175

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	19.3	-50.0	0.0	-765	35.0	71.7	2000	53.1
2	S	35.0	50.0	0.0	-1357	35.0	71.7	2000	53.1
3	S	34.5	-50.0	0.0	-1322	35.0	71.7	2000	53.1
4	S	21.7	50.0	0.0	-924	35.0	71.7	2050	53.1
5	S	34.6	-50.0	0.0	-1386	35.0	71.7	2000	53.1
6	S	19.3	50.0	0.0	-766	35.0	71.7	2000	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00044	0	0.836	26.0	70	0.00023 (0.00023)	516	0.119 (0.20)	-40415	0
2	S	-0.00079	0	0.835	26.0	70	0.00041 (0.00041)	516	0.199 (0.20)	-40737	0
3	S	-0.00077	0	0.835	26.0	70	0.00040 (0.00040)	516	0.198 (0.20)	-40922	0
4	S	-0.00053	0	0.835	26.0	70	0.00028 (0.00028)	523	0.145 (0.20)	-39448	0
5	S	-0.00080	0	0.837	26.0	70	0.00042 (0.00042)	517	0.199 (0.20)	-40277	0
6	S	-0.00044	0	0.836	26.0	70	0.00023 (0.00023)	516	0.119 (0.20)	-40417	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	19.6	-50.0	0.0	-754	35.0	71.7	2000	53.1
2	S	29.3	50.0	0.0	-1128	35.0	71.7	2000	53.1
3	S	27.6	50.0	0.0	-1046	35.0	71.7	2000	53.1
4	S	22.1	50.0	0.0	-894	35.0	71.7	2000	53.1
5	S	29.0	-50.0	0.0	-1118	35.0	71.7	2000	53.1
6	S	19.6	-50.0	0.0	-755	35.0	71.7	2000	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00044	0	0.835	26.0	70	0.00023 (0.00023)	516	0.117 (0.20)	-40848	0
2	S	-0.00065	0	0.835	26.0	70	0.00034 (0.00034)	516	0.175 (0.20)	-40838	0
3	S	-0.00061	0	0.834	26.0	70	0.00031 (0.00031)	516	0.162 (0.20)	-41094	0

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	91 di 175

Relazione di calcolo

4	S	-0.00052	0	0.837	26.0	70	0.00027 (0.00027)	517	0.139 (0.20)	-40141	0
5	S	-0.00065	0	0.835	26.0	70	0.00034 (0.00034)	516	0.173 (0.20)	-40806	0
6	S	-0.00044	0	0.835	26.0	70	0.00023 (0.00023)	516	0.117 (0.20)	-40849	0

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} **158.61 kN**

N_{Ed} **0 kN**

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck} **40 N/mm²**

f_{ck} **33.2 N/mm²**

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} **18.81 N/mm²**

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c **1.5**

Altezza sezione

h **800 mm**

Copriferro

c **85 mm**

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w **1000 mm**

Altezza utile della sezione (in mm)

d **715 mm**

Area Calcestruzzo

A_c **800000 mm²**

Armatura longitudinale tesa

n **10**

\emptyset **26 mm**

A_{sl} **5306.6 mm²**

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 **0.0074 ≤ 0.02** **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} **0.0000 ≤ 0.2 f_{cd}** **ok**

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

k **1.53 ≤ 2** **ok**

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

v_{\min} **0.27**

V_{Rd} **381.72 kN**

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.3.2.2 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 (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:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.10 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:	336428 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.00 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	93 di 175

Relazione di calcolo

Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	45.0	8.3	26
3	-45.0	71.7	26
4	45.0	71.7	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	2	8	26
2	3	4	8	26

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	94 di 175

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	-12800	-18487	0	-7029	0
2	-38400	-62131	0	-7048	0
3	-38400	-60160	0	7351	0
4	-32000	-45442	0	-12835	0
5	-44800	-60417	0	-10469	0
6	-12800	-60137	0	2230	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	-12800	-19937	0
2	-32000	-39908	0
3	-25600	-39908	0
4	-12800	-24436	0
5	-32000	-39908	0
6	-12800	-24436	0

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	95 di 175

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	-12800	-19967 (-40076)	0 (0)
2	-25600	-37973 (-39892)	0 (0)
3	-25600	-37973 (-39892)	0 (0)
4	-12800	-24466 (-40745)	0 (0)
5	-28800	-37351 (-39363)	0 (0)
6	-9600	-29092 (-41891)	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	-12800	-20087 (-40097)	0 (0)
2	-17600	-30769 (-40465)	0 (0)
3	-16000	-30237 (-40710)	0 (0)
4	-12800	-24583 (-40759)	0 (0)
5	-17600	-30237 (-40408)	0 (0)
6	-12800	-28129 (-41142)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] 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	-12800	-18487	0	-12800	-128994	0	6.98	53.1(12.4)
2	S	-38400	-62131	0	-38387	-121306	0	1.95	53.1(12.4)
3	S	-38400	-60160	0	-38387	-121306	0	2.02	53.1(12.4)
4	S	-32000	-45442	0	-32001	-123239	0	2.71	53.1(12.4)
5	S	-44800	-60417	0	-44830	-119348	0	1.98	53.1(12.4)
6	S	-12800	-60137	0	-12800	-128994	0	2.15	53.1(12.4)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00082	0.296	-50.0	0.0	0.00050	-45.0	8.3	-0.00196	-45.0	71.7
2	0.00075	0.277	-50.0	0.0	0.00044	-45.0	8.3	-0.00196	-45.0	71.7
3	0.00075	0.277	-50.0	0.0	0.00044	-45.0	8.3	-0.00196	-45.0	71.7
4	0.00077	0.282	-50.0	0.0	0.00045	-45.0	8.3	-0.00196	-45.0	71.7

RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	97 di 175

5	0.00073	0.272	-50.0	0.0	0.00042	-45.0	8.3	-0.00196	-45.0	71.7
6	0.00082	0.296	-50.0	0.0	0.00050	-45.0	8.3	-0.00196	-45.0	71.7

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	-0.000038764	0.000822878	0.296	0.810
2	0.000000000	-0.000037762	0.000751036	0.277	0.787
3	0.000000000	-0.000037762	0.000751036	0.277	0.787
4	0.000000000	-0.000038015	0.000769148	0.282	0.793
5	0.000000000	-0.000037506	0.000732684	0.272	0.781
6	0.000000000	-0.000038764	0.000822878	0.296	0.810

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm ²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	17.3	50.0	0.0	-704	35.0	71.7	2000	53.1
2	S	33.8	50.0	0.0	-1467	35.0	71.7	2050	53.1
3	S	34.6	50.0	0.0	-1408	35.0	71.7	2000	53.1
4	S	21.6	-50.0	0.0	-836	-15.0	71.7	2000	53.1
5	S	33.8	50.0	0.0	-1467	35.0	71.7	2050	53.1
6	S	21.6	-50.0	0.0	-836	-15.0	71.7	2000	53.1

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	98 di 175

Relazione di calcolo

e1	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff
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	= (e1 + e2)/(2*e1) [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	-0.00041	0	0.837	26.0	70	0.00021 (0.00021)	517 0.109 (990.00)		-40071	0
2	S	-0.00085	0	0.836	26.0	70	0.00044 (0.00044)	523 0.230 (990.00)		-39198	0
3	S	-0.00082	0	0.837	26.0	70	0.00042 (0.00042)	517 0.218 (990.00)		-40074	0
4	S	-0.00049	0	0.835	26.0	70	0.00025 (0.00025)	516 0.129 (990.00)		-40741	0
5	S	-0.00085	0	0.836	26.0	70	0.00044 (0.00044)	523 0.230 (990.00)		-39198	0
6	S	-0.00049	0	0.835	26.0	70	0.00025 (0.00025)	516 0.129 (990.00)		-40741	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	17.3	-50.0	0.0	-704	35.0	71.7	2000	53.1
2	S	32.8	-50.0	0.0	-1351	35.0	71.7	2050	53.1
3	S	32.8	-50.0	0.0	-1351	35.0	71.7	2050	53.1
4	S	21.6	-50.0	0.0	-837	35.0	71.7	2000	53.1
5	S	31.8	50.0	0.0	-1362	35.0	71.7	2050	53.1
6	S	26.3	-50.0	0.0	-944	35.0	71.7	1950	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00041	0	0.837	26.0	70	0.00021 (0.00021)	517 0.109 (0.20)		-40076	0
2	S	-0.00078	0	0.834	26.0	70	0.00041 (0.00041)	523 0.199 (0.20)		-39892	0

RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	99 di 175

3	S	-0.00078	0	0.834	26.0	70	0.00041 (0.00041)	523	0.197 (0.20)	-39892	0
4	S	-0.00049	0	0.835	26.0	70	0.00025 (0.00025)	516	0.130 (0.20)	-40745	0
5	S	-0.00079	0	0.835	26.0	70	0.00041 (0.00041)	523	0.196 (0.20)	-39363	0
6	S	-0.00055	0	0.836	26.0	70	0.00028 (0.00028)	510	0.144 (0.20)	-41891	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	17.4	-50.0	0.0	-708	35.0	71.7	2000	53.1
2	S	27.0	50.0	0.0	-1066	35.0	71.7	2000	53.1
3	S	26.7	-50.0	0.0	-1036	35.0	71.7	2000	53.1
4	S	21.7	50.0	0.0	-840	35.0	71.7	2000	53.1
5	S	26.5	50.0	0.0	-1051	-45.0	71.7	2000	53.1
6	S	25.0	-50.0	0.0	-945	35.0	71.7	2000	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00041	0	0.837	26.0	70	0.00021 (0.00021)	517	0.110 (0.20)	-40097	0
2	S	-0.00062	0	0.836	26.0	70	0.00032 (0.00032)	516	0.165 (0.20)	-40465	0
3	S	-0.00060	0	0.836	26.0	70	0.00031 (0.00031)	516	0.160 (0.20)	-40710	0
4	S	-0.00049	0	0.835	26.0	70	0.00025 (0.00025)	516	0.130 (0.20)	-40759	0
5	S	-0.00061	0	0.836	26.0	37	0.00032 (0.00032)	404	0.127 (0.20)	-40408	0
6	S	-0.00055	0	0.834	26.0	70	0.00028 (0.00028)	516	0.146 (0.20)	-41142	0

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	100 di 175

Relazione di calcolo

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	128.35 kN
N_{Ed}	0 kN

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
f_{cd}	18.81 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

h	800 mm
-----	--------

Copriferro

c	85 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	715 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

A_c	800000 mm ²
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

\emptyset	26 mm
-------------	-------

A_{sl}	5306.6 mm ²
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0074 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.0000 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

v_{\min}	0.27
------------	------

V_{Rd}	381.72 kN
----------	-----------

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

Non occorre armatura a taglio

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

11.4 VERIFICA A CARICO LIMITE

SLU - SLV		FX	FZ	MY	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text
MY	max	130.27	1258.95	345.32	sis1_nl
M Y	min	0.00	2244.91	0.00	slu3_nl
FZ	max	0.00	2244.91	0.00	slu3_nl
FZ	min	0.00	1168.94	0.00	fre2_nl
FX	max	130.27	1168.94	345.32	sis1_nl
FX	min	0.00	2121.04	0.00	slu4_nl

Condizioni drenate

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

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

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

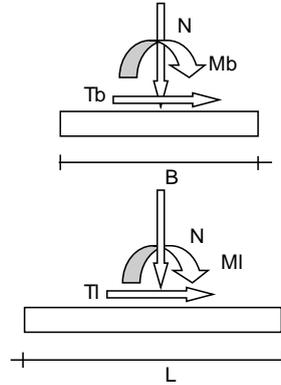
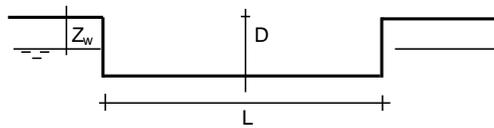
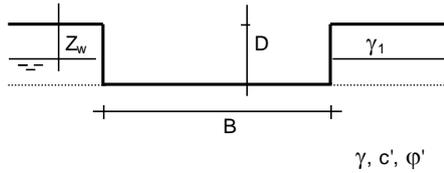
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo			coefficienti parziali				resistenze		
			azioni		proprietà del terreno		qlim	scorr	
			permanenti	temporanee variabili	tan ϕ'	c'			
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00	
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10	
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	
Tensioni Ammissibili			○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista			⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	102 di 175



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

$B = 9.20$ (m)
 $L = 100.00$ (m)
 $D = 1.50$ (m)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2244.91		2244.91
Mb [kNm]	0.00		0.00
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 19.00$ (kN/mc)
 $\gamma = 19.00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 15.00$ (kN/mq)
 $\phi' = 25.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 15.00$ (kN/mq)
 $\phi' = 25.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 7.00$ (m)

$e_B = 0.00$ (m)
 $e_L = 0.00$ (m)

$B^* = 9.20$ (m)
 $L^* = 1.00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 28.50$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 14.98$ (kN/mc)

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	103 di 175

Relazione di calcolo

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 10.66$$

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

$$N_c = 20.72$$

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

$$N_\gamma = 10.88$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

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

$$s_c = 1.00$$

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

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

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

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

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

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m_bsin²θ+m_lcos²θ) in tutti gli altri casi)

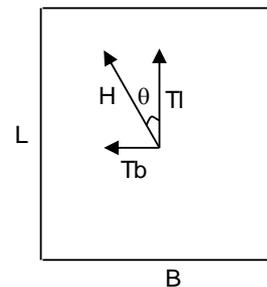
$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

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

$$i_\gamma = 1.00$$



RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	104 di 175

Relazione di calcolo

d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

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

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

$$d_q = 1.31$$

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

$$d_c = 1.34$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 893.78 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 244.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 388.6 \geq q = 244.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	105 di 175

Condizioni non drenate

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

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

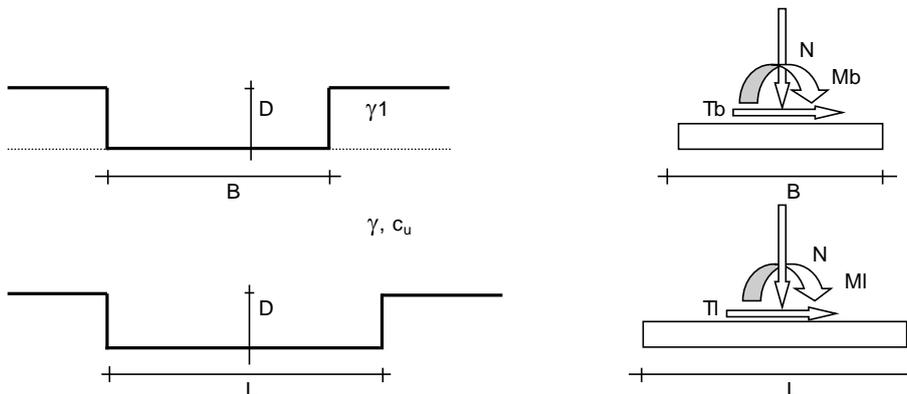
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

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

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

coefficienti parziali

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	resistenze		
		permanenti	temporanee variabili	c_u	q_{lim}	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.40	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.40	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



(Per fondazioni nastriformi $L=100$ m)

B = 9.20 (m)
L = 100.00 (m)
D = 1.50 (m)

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	106 di 175

Relazione di calcolo

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2244.91		2244.91
Mb [kNm]			0.00
MI [kNm]			0.00
Tb [kN]			0.00
TI [kN]			0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$$\begin{aligned}\gamma_1 &= 19.00 \quad (\text{kN/mc}) \\ \gamma &= 19.00 \quad (\text{kN/mc})\end{aligned}$$

Valore caratteristico di resistenza del terreno

$$c_u = 75.00 \quad (\text{kN/mq})$$

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

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

Valore di progetto

$$c_u = 75.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 9.20 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 28.50 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

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

N_c : coefficiente di capacità portante

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

s_c : fattori di forma

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.00$$

i_c : fattore di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

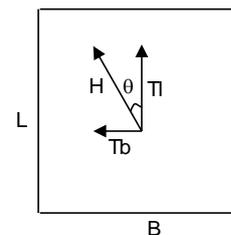
$$\theta = \arctg(T_b/TI) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

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

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u N_c))$$

$$i_c = 1.00$$



RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	107 di 175

Relazione di calcolo

d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.39$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 15.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 0.97$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 15.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 0.93$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 608.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 244.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 264.7 \geq q = 244.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

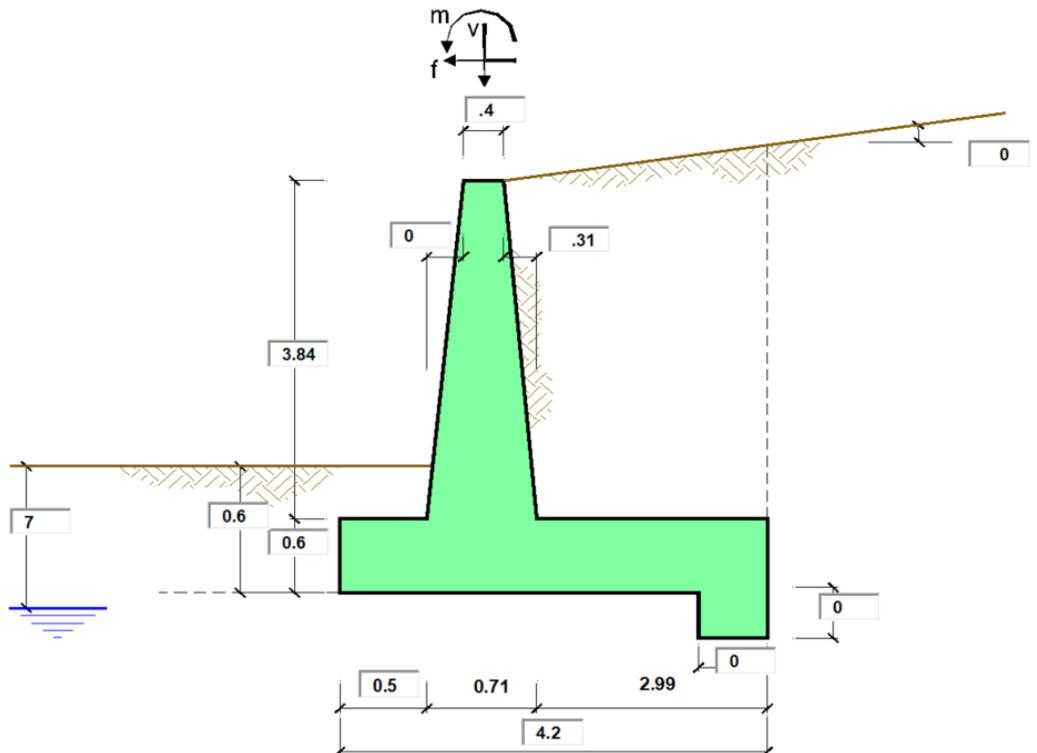
RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	108 di 175

Relazione di calcolo

12. PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO “TIPO 1”

12.1 DATI DI INPUT



Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	3.84	(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)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	109 di 175

Relazione di calcolo

Dati Geotecnici				valori caratteristici		valori di progetto	
				SLE		STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	38.00	38.00	38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ'	20.00	20.00	20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	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	75.00	75.00	75.00	75.00
	Angolo di attrito Terreno-Fondazione	(°)	$\phi 1'$	25.00	25.00	25.00	25.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma 1$	19.00	19.00	19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	20.00	20.00	20.00	20.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	8.40			
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	10000			

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.112	(-)		
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.5	(-)		
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)		
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.38	(-)		
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.06384	(-)		
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0319	(-)		
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no				

RIBALTAMENTO	
β_s	0.57
kh	0.09576
kv	0.04788

				STR/GEO		RIB	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.270	0.270	0.286	0.286	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.272	0.272	0.291	0.291	
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	1.000	1.000	1.000	1.000	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	1.000	1.000	1.000	1.000	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	1.000	1.000	1.000	1.000	

Carichi Agenti				valori caratteristici		valori di progetto	
				SLE - sisma		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	57.69	83.65	83.65	
	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 $\Psi 1$		1.00	condizione quasi permanente $\Psi 2$	0.00	0.00	
	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m ²)	qs	11.54			
	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			

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	110 di 175

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

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

fyk = 450 (MPa)
 γ_s = 1.15
fyd = fyk / γ_s / γ_E = 391.30 (MPa)
Es = 210000 (MPa)
 ϵ_{ys} = 0.19%

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 8.80 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 5.00 (cm)

Interferro tra I e II strato

i_{I-II} = 5.00 (cm)

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	111 di 175

Relazione di calcolo

12.2 CALCOLO DELLE AZIONI

12.2.1 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 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	38.40	38.40	38.40
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	14.88	14.88	14.88
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	116.28	116.28	116.28

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	229.63	229.63	229.63
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	0.00	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')$	11.90	11.90	11.90
Sovr =	$qp \cdot (B4+B5)$	54.83	71.28	71.28
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	296.37	312.82	312.82

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	190.384615	276.057692	
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B4+B5)$	38.0769231		

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

- Muro (Mm)

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 \cdot B2)$	0.00	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	26.88	26.88	26.88
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 \cdot B4)$	14.93	14.93	14.93
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	174.11	174.11	174.11

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

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	621.15	621.15	621.15
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	0.00	0.00	0.00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	13.17	13.17	13.17
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	139.82	181.76	181.76
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	774.15	816.09	816.09

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	485.480769	703.947115	
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	97.0961538		

RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	112 di 175

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)	7.42	11.13
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)	3.71	5.57

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

Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)	19.97	29.96
Ptsv =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)	9.99	14.98

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

MPs1 h=	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs2 h=	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	6.18	9.27
MPs3 h=	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	1.79	2.68
MPs4 h=	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	1.21	1.81
MPs5 h=	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs h=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	9.17	13.76

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

MPs1 v=	$kv \cdot Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs2 v=	$kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0.86	1.29
MPs3 v=	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	0.48	0.71
MPs4 v=	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	4.22	6.33
MPs5 v=	$kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs v=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	5.56	8.34

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

MPts1 h=	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	36.94	55.41
MPts2 h=	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPts3 h=	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	2.40	3.60
MPts h=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	39.34	59.02

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

MPts1 v=	$kv \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	19.83	29.74
MPts2 v=	$kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPts3 v=	$kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.52	0.78
MPts v=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	20.35	30.52

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	113 di 175

Relazione di calcolo

12.2.2 SPINTE IN CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

			SLE	STR/GEO	EQU/RIB
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	46.90	60.96	60.96
Sq perm =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m)	17.55	22.81	22.81
Sq acc =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m)	60.93	88.36	88.36

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	46.90	60.96	60.96
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	17.55	22.81	22.81
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	60.93	88.36	88.36

- 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 =	$\frac{1}{2} \cdot g1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2') \cdot Hd$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
------	--	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

			SLE	STR/GEO	EQU/RIB
MSt1 =	$Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd)$	(kNm/m)	69.41	90.23	90.23
MSt2 =	$Stv \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSq1 perm =	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m)	38.96	50.65	50.65
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m)	135.27	196.15	196.15
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 =	$\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2') \cdot Hd^2 / 2$	(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 =	$(fp + f) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mfext3 =	$(vp + v) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0.70	0.70	0.70

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	114 di 175

Relazione di calcolo

12.2.3 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)	46.90	46.90	46.90
Sst1 sism =	$0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	7.96	7.96	12.20
Ssq1 perm =	$qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	19.89	19.89	21.10
Ssq1 acc =	$qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	13.82	13.82	14.66

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat =	$Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	46.90	46.90	46.90
Sst1h sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	7.96	7.96	12.20
Ssq1h perm =	$Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	19.89	19.89	21.10
Ssq1h acc =	$Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	13.82	13.82	14.66

- 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)	69.41	69.41	69.41
MSst1 sism =	$Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	11.79	11.79	18.05
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)	74.84	74.84	79.38
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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

12.2.4 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO		SLE	STR/GEO	EQU/RIB	
- Spinta condizione sismica -					
Sst1 stat =	$0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	46.90	46.90	46.90
Sst1 sism =	$0,5 \cdot \gamma' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	4.99	4.99	7.79
Ssq1 perm=	$qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	20.06	20.06	21.49
Ssq1 acc =	$qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	13.93	13.93	14.93
- Componente orizzontale condizione sismica -					
Sst1h stat =	$Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	46.90	46.90	46.90
Sst1h sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	4.99	4.99	7.79
Ssq1h perm=	$Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	20.06	20.06	21.49
Ssq1h acc=	$Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	13.93	13.93	14.93
- 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		SLE	STR/GEO	EQU/RIB	
- Condizione sismica -					
MSst1 stat =	$Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	69.41	69.41	69.41
MSst1 sism=	$Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	7.39	7.39	11.52
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)	75.45	75.45	80.85
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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

12.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

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

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv \text{ perm}} + S_{qv \text{ acc}} \quad 430.10 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 172.13 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \varphi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$\mathbf{F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.17} \quad > \quad \mathbf{1.1}}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 990.90 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} \quad 337.02 \quad (\text{kNm/m})$$

$$\mathbf{F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad \mathbf{2.94} \quad > \quad \mathbf{1.15}}$$

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ \text{ Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{\min} \\ 430.10 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{\max} \\ 706.15 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p \quad \begin{matrix} 172.13 \\ 172.13 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad \begin{matrix} 653.88 \\ 1357.83 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad \begin{matrix} 249.32 \\ 125.10 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	15.00			(kPa)
φ'	angolo di attrito terreno di fondaz.	25.00			(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00			(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12.00			(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.58	0.18		(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.04	3.85		(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)	10.66			(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	20.72			(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	10.88			(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.45	0.63		(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.40	0.40		(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{m+1}$		0.31	0.33		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	277.88	306.82		(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	--	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	1.96	>	1.4
		N_{max}	1.67	>	

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 427.34 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 115.96 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \varphi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad 1.72 \quad > \quad 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 990.90 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 200.76 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad 4.94 \quad > \quad 1$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (\text{Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 427.34 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 465.42 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 115.96 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 770.32 \quad 867.41 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 127.10 \quad 109.97 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	15.00		(kN/mq)
φ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	25.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d * H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.30	0.24	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.61	3.73	(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)	10.66		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	20.72		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	10.88		(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg} \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.62	0.64	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.58	0.61	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg} \varphi'))^{m+1}$		0.49	0.49	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	440.45	459.16	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	3.72	>	1.2
		N_{max}	3.68	>	

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 399.95 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 113.27 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.65} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 990.90 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 273.40 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{3.62} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 399.95 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 438.03 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 113.27 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 722.29 \quad 819.39 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 117.60 \quad 100.47 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	15.00		(kN/mq)
φ'	angolo di attrito terreno di fondaz.	25.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.29	0.23	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.61	3.74	(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)	10.66		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	20.72		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	10.88		(-)

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)	0.61	0.64	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$		0.57	0.60	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B^*c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0.48	0.48	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	432.21	452.15	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	3.90	>	1.2
		N_{max}	3.86	>	

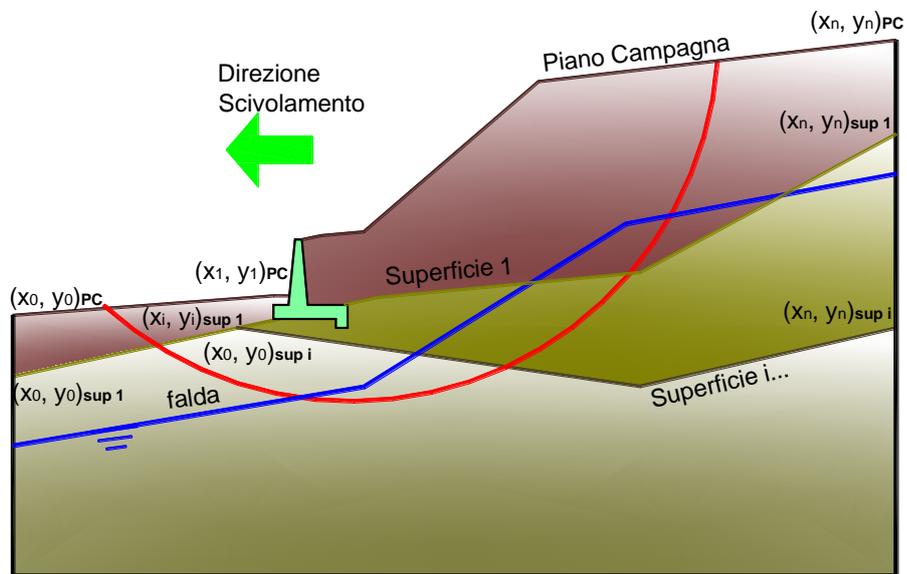
RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	122 di 175

Relazione di calcolo

12.3.3 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.

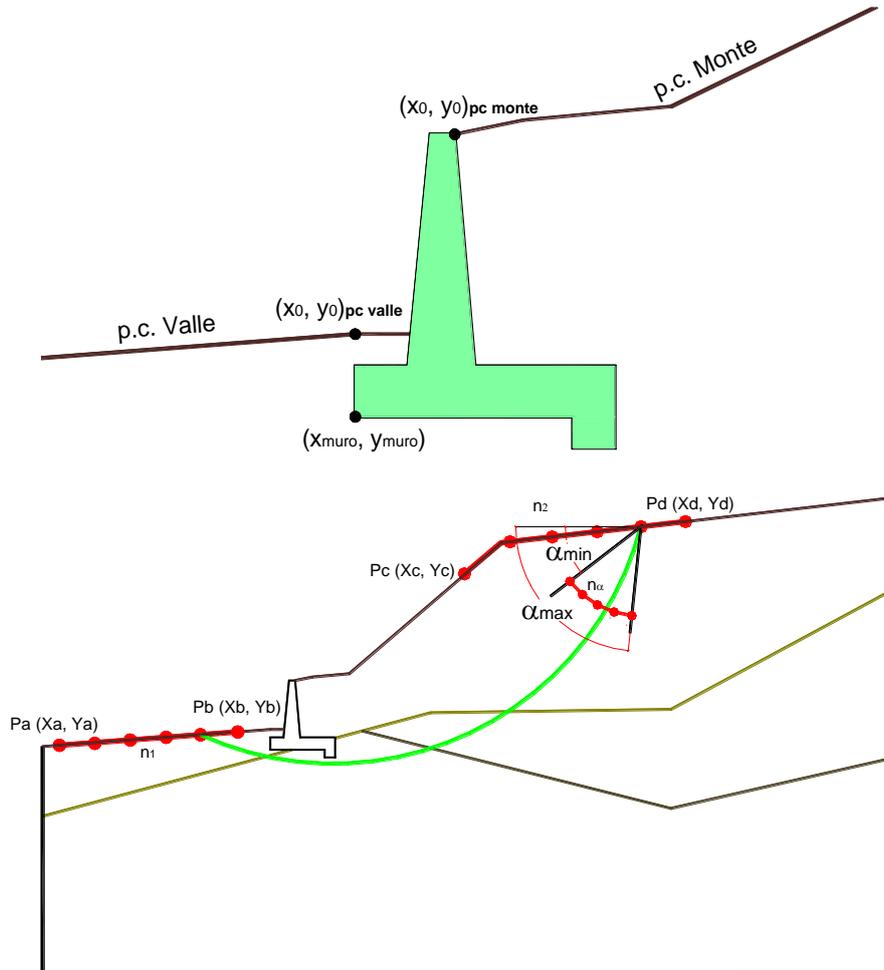


	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]	Descrizione
materiale 1	20.00	38	0	Rilevato - riporto
materiale 2	19.00	25	15	Unità geotecnica 1 - a2
materiale 3	21.00	20	22.5	Unità geotecnica 2 - TRV
materiale 4				

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	123 di 175



p.c. valle		p.c. monte		superficie 1		superficie 2		superficie 3		falda	
materiale 1				materiale 2		materiale 3		materiale 4			
	x	y		x	y		x	y		x	y
0	100.000	100.600	0	100.900	104.440	0	50.000	100.000	0		
1	50.000	100.600	1	150.000	104.440	1	150.000	100.000	1	150.000	93.600
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		

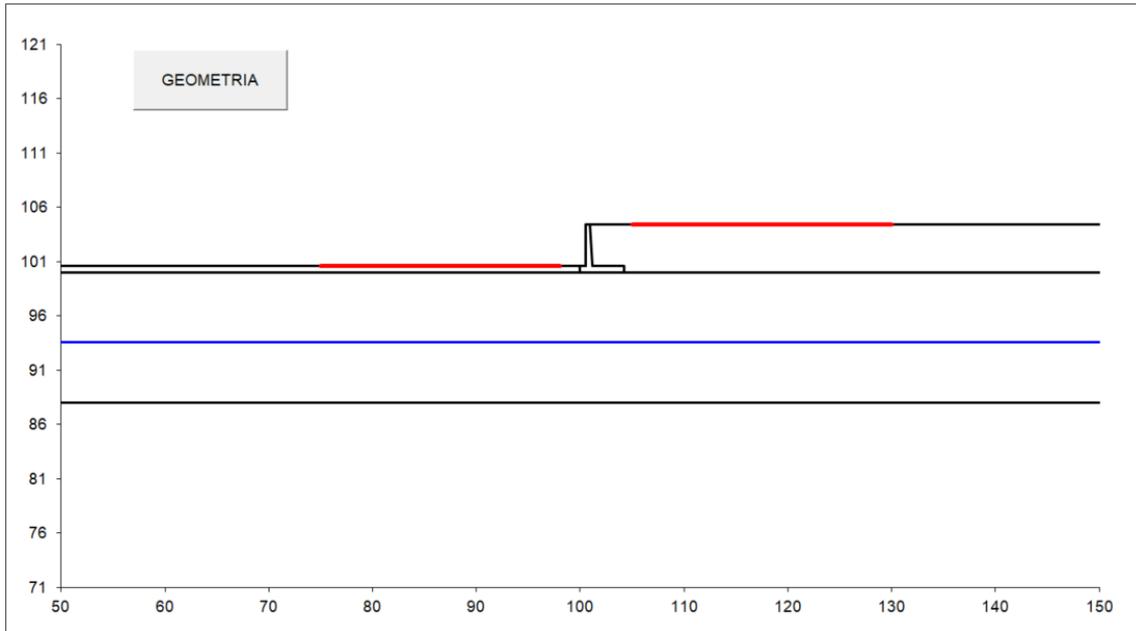
Sovraccarichi

	<input type="checkbox"/>	x_{in}	q_{in}	x_{fin}	q_{fin}	% sisma
sovraccarico 1	<input checked="" type="checkbox"/>	103.800	57.7	106.400	57.7	20%
sovraccarico 2	<input type="checkbox"/>					

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

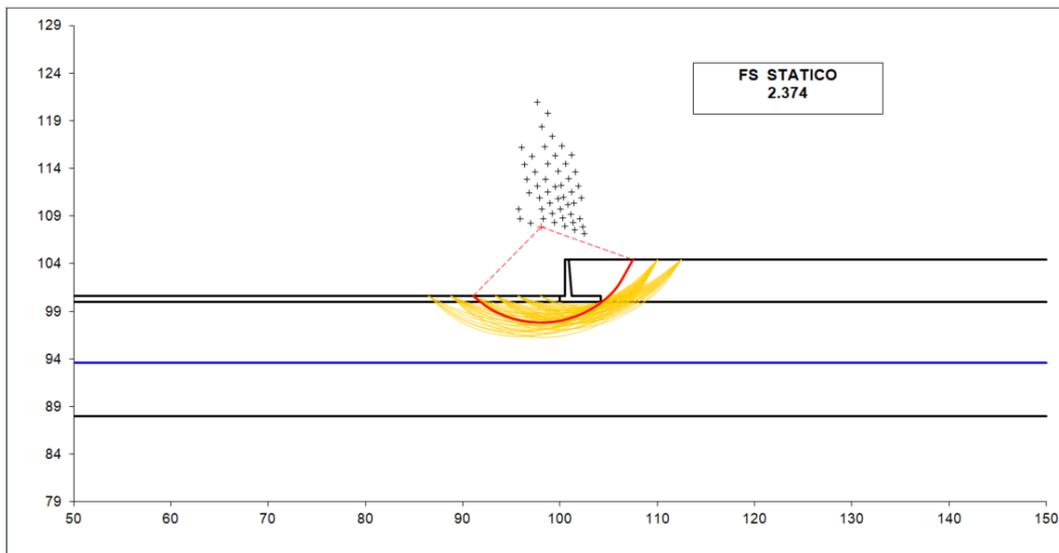
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	124 di 175



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
887	STATICO	2.374
	SISMICO	1.870

Condizioni statiche

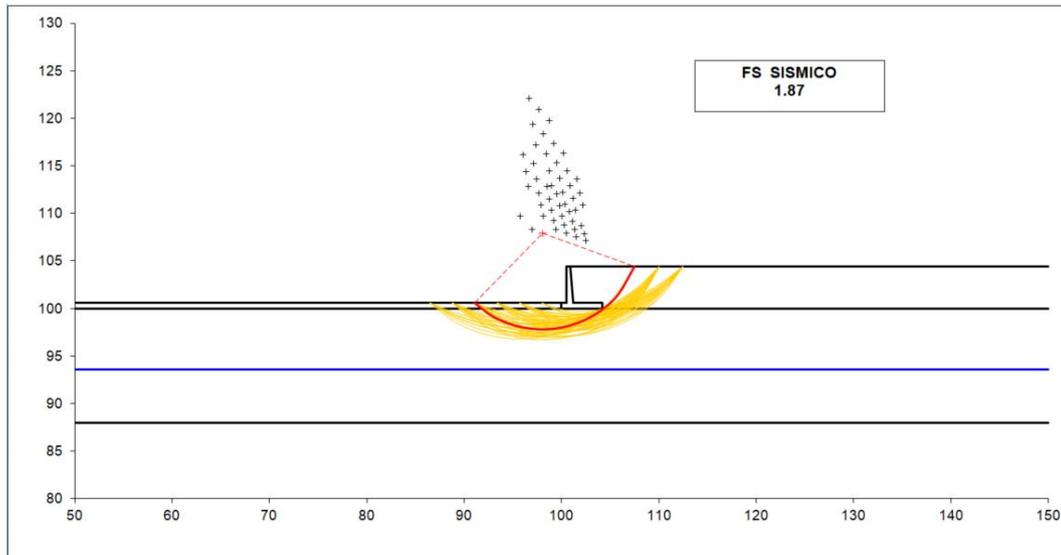


RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	125 di 175

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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv \text{ perm}} + S_{qv \text{ acc}} \quad 430.10 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 172.13 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \varphi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad 1.17 \quad > \quad 1.1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{\text{fext}3} \quad 990.90 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{\text{fext}1} + M_{\text{fext}2} + M_{Sp} \quad 337.02 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad 2.94 \quad > \quad 1.15$$

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ \text{ Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{\min} & N_{\max} \\ 430.10 & 706.15 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p \quad \begin{matrix} 172.13 & 172.13 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad \begin{matrix} 653.88 & 1357.83 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad \begin{matrix} 249.32 & 125.10 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	75.00			(kPa)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00			(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12.00			(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.58	0.18		(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.04	3.85		(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)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00		(-)
$i_c = (1 - m \cdot T / (B^* \cdot c_u \cdot N_c))$		0.71	0.77		(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{m+1}$		-	-		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	284.40	308.10		(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	--	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	2.01	>	1.4
		N_{max}	1.68	>	

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 427.34 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 115.96 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \varphi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.72} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 990.90 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 200.76 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{4.94} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (\text{Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 427.34 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 465.42 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 115.96 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 770.32 \quad 867.41 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 127.10 \quad 109.97 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	75.00		(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.30	0.24	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.61	3.73	(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)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg} \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m \cdot T / (B^* \cdot cu \cdot N_c))$		0.83	0.84	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg} \varphi'))^{m+1}$		--		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	333.29	335.40	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	Nmin	2.81	>	1.2
		Nmax	2.69	>	

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 399.95 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 113.27 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.65} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 990.90 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 273.40 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{3.62} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 399.95 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 438.03 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 113.27 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 722.29 \quad 819.39 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 117.60 \quad 100.47 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

Fondazione Nastriforme

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

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	75.00			(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00			(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	12.00			(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.29	0.23		(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.61	3.74		(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)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg} \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00		(-)
$i_c = (1 - m \cdot T / (B^* \cdot c_u \cdot N_c))$		0.84	0.84		(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg} \varphi'))^{m+1}$		--			(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	334.90	337.07		(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	--	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	3.02	>	1.2
		N_{max}	2.88	>	

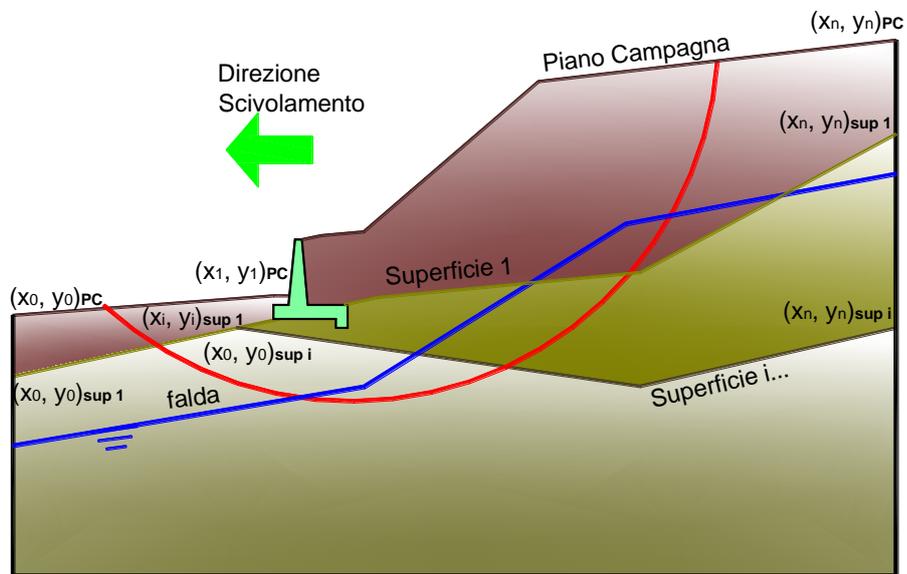
RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	132 di 175

Relazione di calcolo

12.3.6 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.

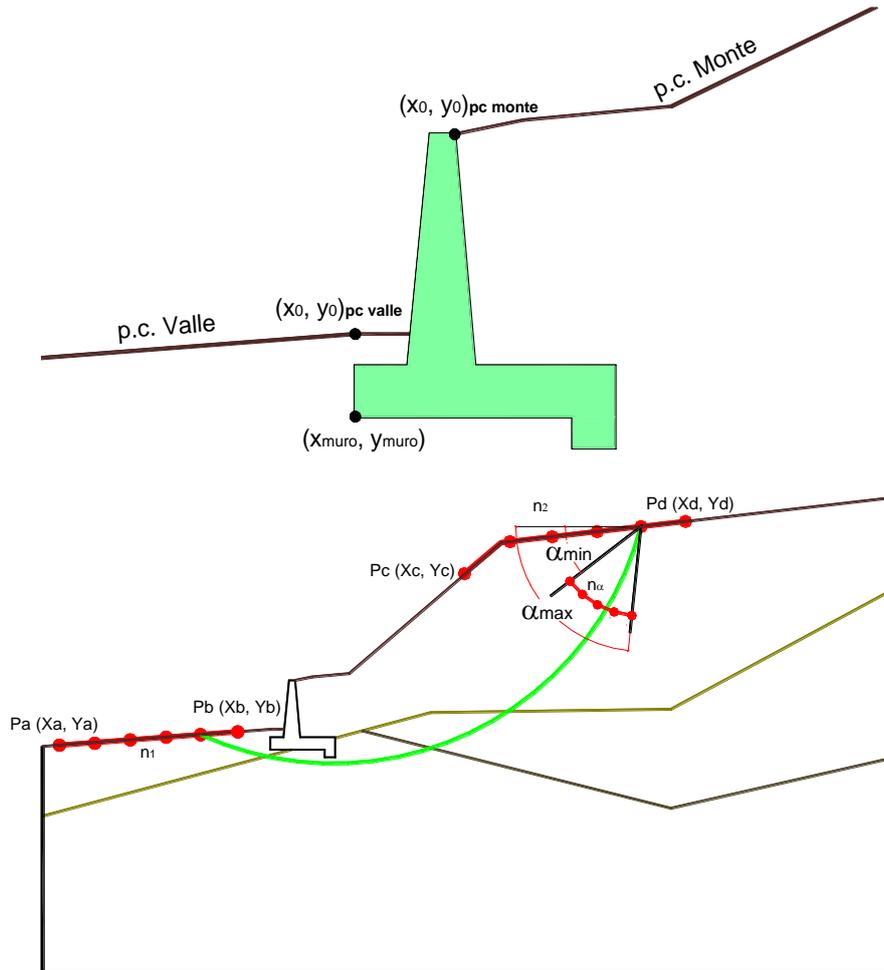


	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]	Descrizione
materiale 1	20.00	38	0	Rilevato - riporto
materiale 2	19.00	25	75	Unità geotecnica 1 - a2
materiale 3	21.00	20	200	Unità geotecnica 2 - TRV
materiale 4				

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	133 di 175



p.c. valle		p.c. monte		superficie 1		superficie 2		superficie 3		falsa				
materiale 1				materiale 2		materiale 3		materiale 4						
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y			
0	100.000	100.600	0	100.900	104.440	0	50.000	100.000	0	50.000	88.600	0	50.000	93.600
1	50.000	100.600	1	150.000	104.440	1	150.000	100.000	1	150.000	88.600	1	150.000	93.600
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		

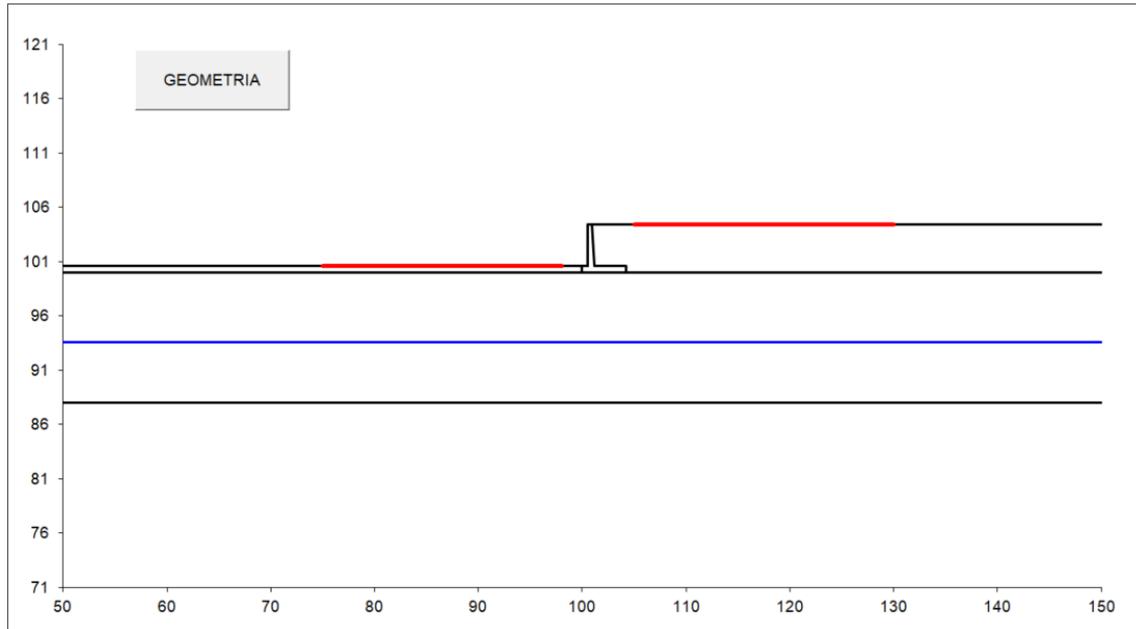
Sovraccarichi

	x_{in}	q_{in}	x_{fin}	q_{fin}	% sisma
sovraccarico 1 <input checked="" type="checkbox"/>	103.800	57.7	106.400	57.7	20%
sovraccarico 2 <input type="checkbox"/>					

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

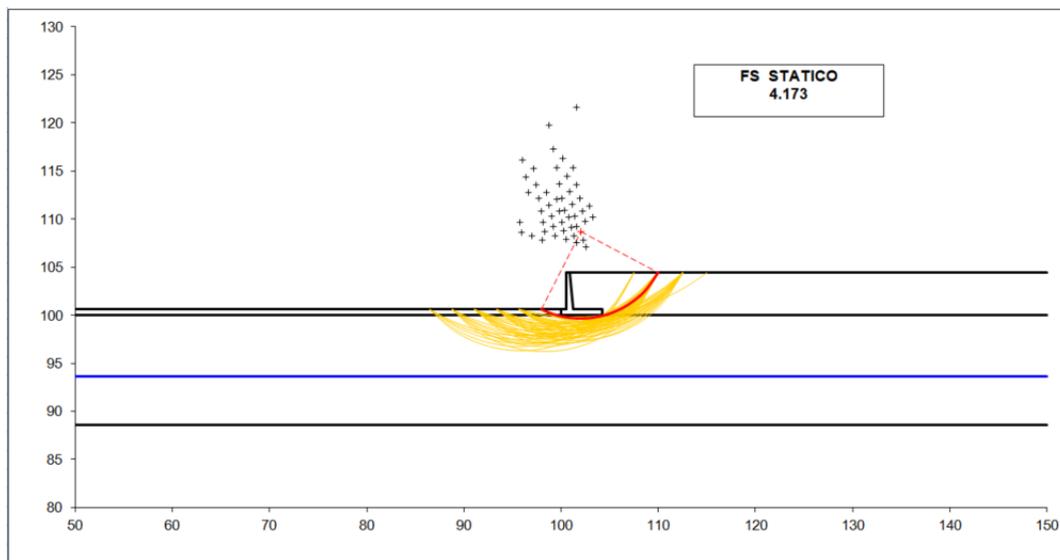
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	134 di 175



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
	STATICO	4.173
887	SISMICO	2.559

Condizioni statiche

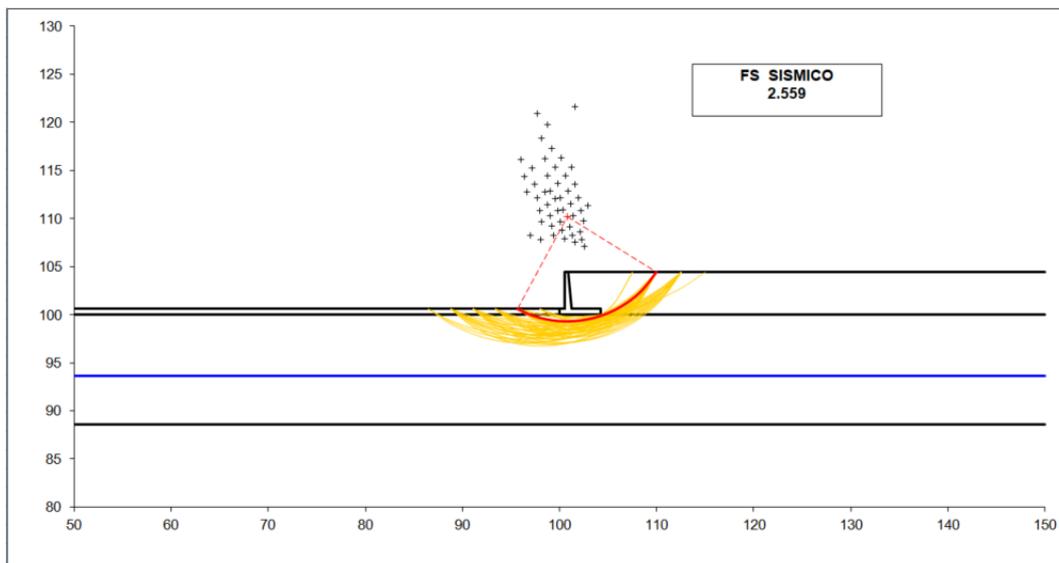


RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	135 di 175

Condizioni sismiche



RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	136 di 175

Relazione di calcolo

12.4 VERIFICHE STRUTTURALI

12.4.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Reazione del terreno

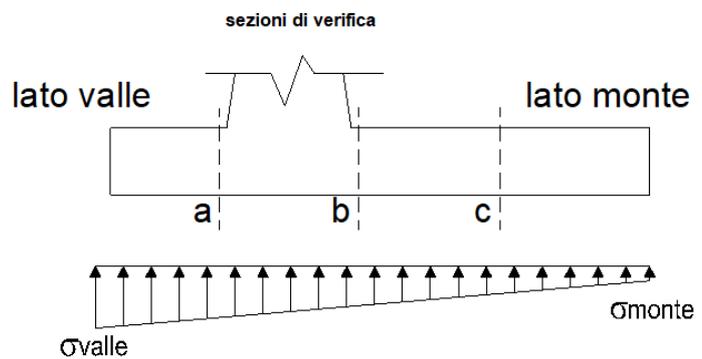
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

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

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

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	430.10	249.32	187.21	17.60
706.15	125.10	210.68	125.58	
sisma+	427.34	127.10	144.98	58.52
465.42	109.97	148.22	73.41	
sisma-	399.95	117.60	135.23	55.23
438.03	100.47	138.47	70.12	



Mensola Lato Valle

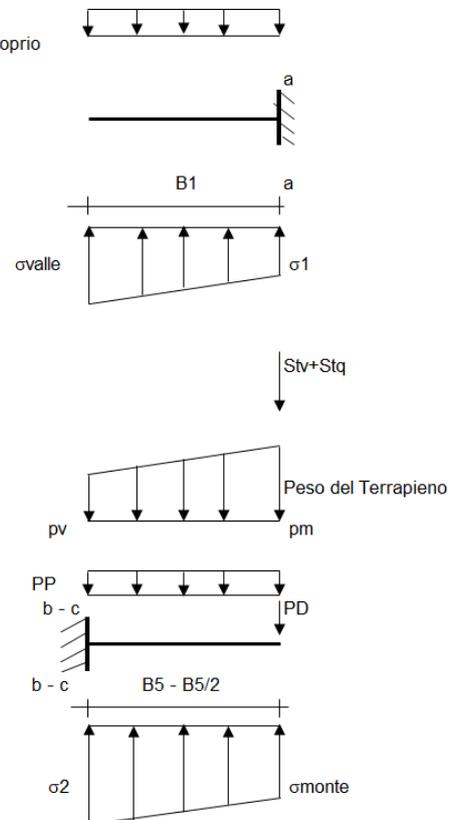
Peso Proprio. PP = 15.00 (kN/m)

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

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

caso	σ_{valle}	σ_1	M_a	V_a
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	187.21	167.02	20.68	81.06
210.68	200.55	24.04	95.31	
sisma+	144.98	134.69	15.76	64.75
148.22	139.31	16.28	66.37	
sisma-	135.23	125.70	14.69	59.87
138.47	130.33	15.09	61.49	

Peso Proprio



Mensola Lato Monte

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

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	98.40	182.05	109.94	(kN/m ²)
pvb	98.40	182.05	109.94	(kN/m ²)
pvc	98.40	182.05	109.94	(kN/m ²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B_5 / 2 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B_5 / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2) + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2) - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2) - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3T 30 D 78 CL MU 71 0 0 001 B 137 di 175

Relazione di calcolo

caso	o1a	o2b	Mb	Vb	o2c	Mc	Vc
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	17.60	138.34	-248.32	-105.93	77.97	-84.57	-98.09
	125.58	186.16	-229.21	-123.13	155.87	-68.59	-84.21
sisma+	58.52	120.07	-169.80	-82.90	89.29	-53.91	-64.46
	73.41	126.67	-168.81	-86.38	100.04	-52.12	-63.09
sisma-	55.23	112.18	-159.00	-77.97	83.70	-50.36	-60.27
	70.12	118.77	-154.72	-79.25	94.45	-47.74	-57.81

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + F^*h$$

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

$$N_{\text{ext}} = v$$

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

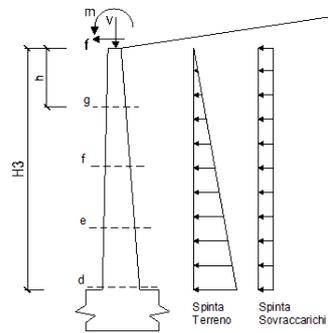
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

$$V_q = K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{\text{ext}} = f$$

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



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	3.84	58.37	184.60	0.00	242.97	1.00	53.28	54.28
e-e	2.88	24.62	103.84	0.00	128.46	1.00	37.17	38.17
f-f	1.92	7.30	46.15	0.00	53.45	1.00	22.92	23.92
g-g	0.96	0.91	11.54	0.00	12.45	1.00	10.53	11.53

sezione	h	Vt	Vq	V _{ext}	V _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	3.84	45.60	96.15	0.00	141.75
e-e	2.88	25.65	72.11	0.00	97.76
f-f	1.92	11.40	48.07	0.00	59.47
g-g	0.96	2.85	24.04	0.00	26.89

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	3.84	44.90	7.63	55.98	0.00	5.92	114.42	1.00	54.98	55.98
e-e	2.88	18.94	3.22	31.49	0.00	3.16	56.81	1.00	38.36	39.36
f-f	1.92	5.61	0.95	13.99	0.00	1.33	21.89	1.00	23.65	24.65
g-g	0.96	0.70	0.12	3.50	0.00	0.31	4.63	1.00	10.87	11.87

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	3.84	35.08	5.96	29.15	0.00	3.40	73.59
e-e	2.88	19.73	3.35	21.87	0.00	2.37	47.32
f-f	1.92	8.77	1.49	14.58	0.00	1.46	26.30
g-g	0.96	2.19	0.37	7.29	0.00	0.67	10.53

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	3.84	44.90	4.78	56.44	0.00	5.92	112.04	1.00	51.58	52.58
e-e	2.88	18.94	2.02	31.75	0.00	3.16	55.87	1.00	35.98	36.98
f-f	1.92	5.61	0.60	14.11	0.00	1.33	21.65	1.00	22.19	23.19
g-g	0.96	0.70	0.07	3.53	0.00	0.31	4.62	1.00	10.19	11.19

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	3.84	35.08	3.73	29.39	0.00	3.40	71.61
e-e	2.88	19.73	2.10	22.05	0.00	2.37	46.25
f-f	1.92	8.77	0.93	14.70	0.00	1.46	25.86
g-g	0.96	2.19	0.23	7.35	0.00	0.67	10.45

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3T

30 D 78

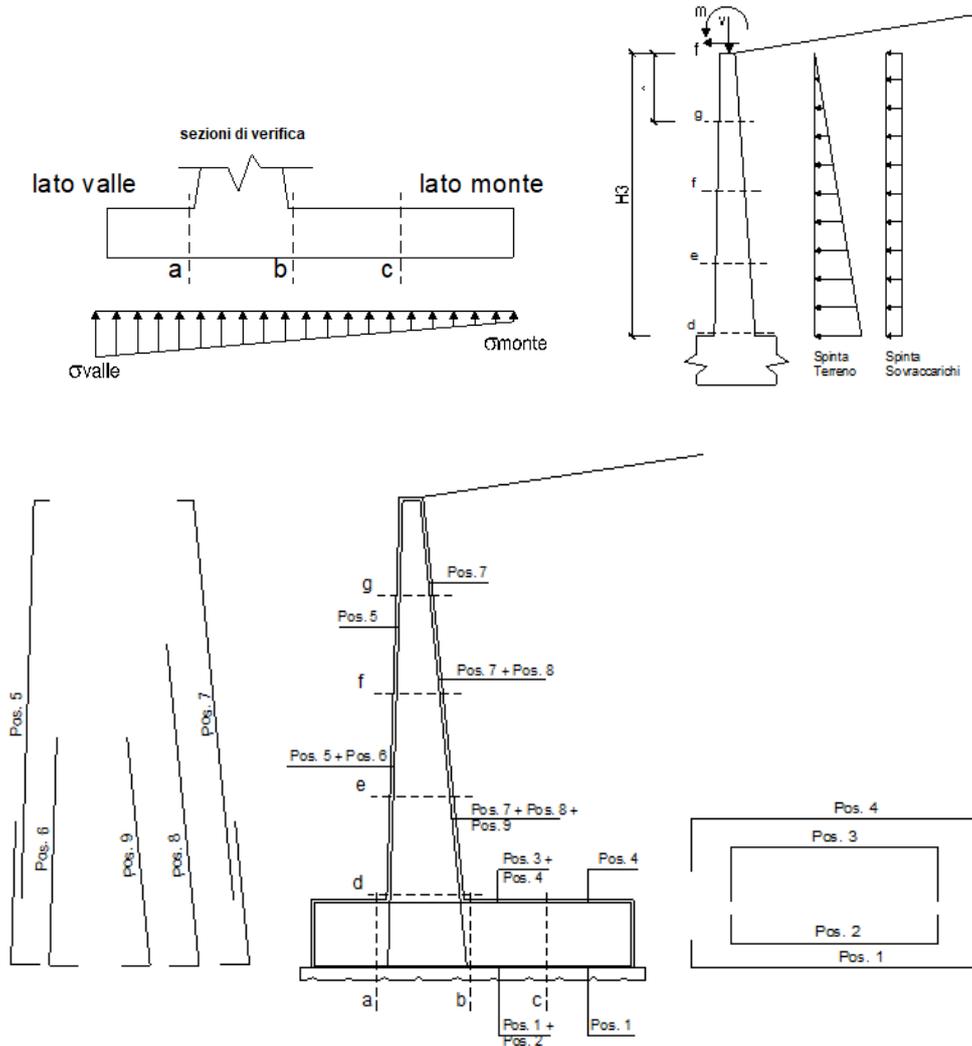
CL

MU 71 0 0 001

B

138 di 175

12.4.2 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;

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	139 di 175

- 20% dell'armatura principale.

Muro h = 3,84m su fondazione diretta

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	10.0	20		5	10.0	20	
2	0.0	0	<input type="checkbox"/>	6	0.0	0	<input type="checkbox"/>
3	0.0	0	<input type="checkbox"/>	7	10.0	20	
4	10.0	20		8	0.0	0	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	0	<input type="checkbox"/>

Pertanto l'armatura secondaria sarà pari a:

sez a – a: φ14/20cm (ripartitori in fondazione e in elevazione);

sez b – b: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez c – c: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez d – d: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez e – e: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez f – f: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez g – g: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)
a - a	24.04	0.00	0.60	31.42	31.42	578.24
b - b	-248.32	0.00	0.60	31.42	31.42	578.24
c - c	-84.57	0.00	0.60	31.42	31.42	578.24
d - d	242.97	54.28	0.71	31.42	31.42	728.17
e - e	128.46	38.17	0.63	31.42	31.42	627.06
f - f	53.45	23.92	0.56	31.42	31.42	527.55
g - g	12.45	11.53	0.48	31.42	31.42	429.44

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

Sez.	V _{Ed}	h	V _{rd}	σ staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	95.31	0.60	269.35	14	20	20	21.8	1734.81	Armatura a taglio non necessaria
b - b	123.13	0.60	269.35	14	20	20	21.8	1734.81	Armatura a taglio non necessaria
c - c	98.09	0.60	269.35	14	20	20	21.8	1734.81	Armatura a taglio non necessaria
d - d	141.75	0.71	302.86	14	20	20	21.8	2107.53	Armatura a taglio non necessaria
e - e	97.76	0.63	282.29	14	20	20	21.8	1844.93	Armatura a taglio non necessaria
f - f	59.47	0.56	260.93	14	20	20	21.8	1582.34	Armatura a taglio non necessaria
g - g	26.89	0.48	238.52	14	20	20	21.8	1319.75	Armatura a taglio non necessaria

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	140 di 175

Relazione di calcolo

12.4.3 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	19.14	0.00	0.60	31.42	31.42	0.42	13.51
b - b	-174.86	0.00	0.60	31.42	31.42	3.79	123.42
c - c	-58.45	0.00	0.60	31.42	31.42	1.27	41.25
d - d	175.22	54.28	0.71	31.42	31.42	2.79	92.06
e - e	92.25	38.17	0.63	31.42	31.42	1.84	55.06
f - f	38.19	23.92	0.56	31.42	31.42	0.99	26.06
g - g	8.85	11.53	0.48	31.42	31.42	0.31	6.59

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	16.22	0.00	0.60	31.42	31.42	0.35	11.45
b - b	-146.81	0.00	0.60	31.42	31.42	3.18	103.62
c - c	-48.17	0.00	0.60	31.42	31.42	1.04	34.00
d - d	114.42	52.58	0.71	31.42	31.42	1.83	57.54
e - e	56.81	36.98	0.63	31.42	31.42	1.14	31.86
f - f	21.89	23.19	0.56	31.42	31.42	0.57	13.49
g - g	4.63	11.19	0.48	31.42	31.42	0.17	2.69

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	141 di 175

12.4.4 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	19.14	0.00	0.60	31.42	31.42	0.42	13.51	0.016	0.200
b - b	-174.86	0.00	0.60	31.42	31.42	3.79	123.42	0.149	0.200
c - c	-58.45	0.00	0.60	31.42	31.42	1.27	41.25	0.050	0.200
d - d	175.22	54.28	0.71	31.42	31.42	2.79	92.06	0.119	0.200
e - e	92.25	38.17	0.63	31.42	31.42	1.84	55.06	0.067	0.200
f - f	38.19	23.92	0.56	31.42	31.42	0.99	26.06	0.030	0.200
g - g	8.85	11.53	0.48	31.42	31.42	0.31	6.59	0.007	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	11.53	0.00	0.60	31.42	31.42	0.25	8.14	0.010	0.200
b - b	-66.80	0.00	0.60	31.42	31.42	1.45	47.15	0.057	0.200
c - c	-19.23	0.00	0.60	31.42	31.42	0.42	13.57	0.016	0.200
d - d	74.04	54.28	0.71	31.42	31.42	1.20	34.23	0.043	0.200
e - e	35.33	38.17	0.63	31.42	31.42	0.72	17.58	0.021	0.200
f - f	12.90	23.92	0.56	31.42	31.42	0.34	6.46	0.007	0.200
g - g	2.52	11.53	0.48	31.42	31.42	0.09	0.77	0.001	0.200

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

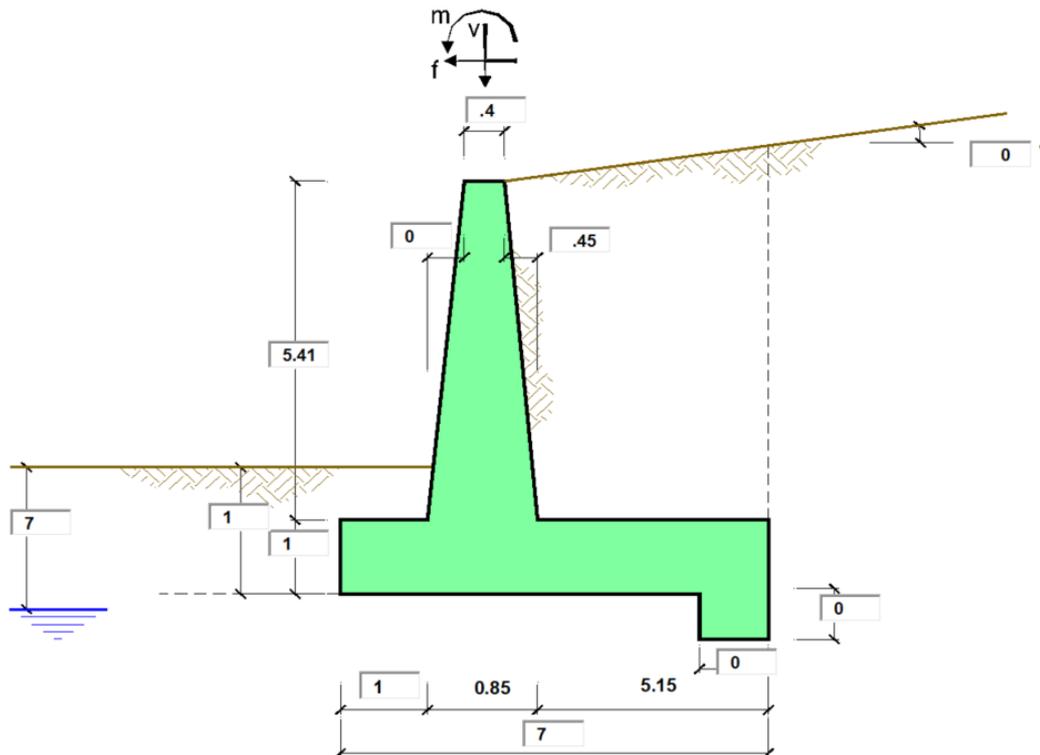
RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	142 di 175

Relazione di calcolo

13. PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO “TIPO 2”

13.1 DATI DI INPUT



Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	5.41	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.45	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	7.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	5.15	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	3.50	(m)

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3T 30 D 78 CL MU 71 0 0 001 B 143 di 175

Relazione di calcolo

Dati Geotecnici				valori caratteristici		valori di progetto	
				SLE		STR/GEO	EQU
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	38.00	38.00	38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ'	20.00	20.00	20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	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	75.00	75.00	75.00	75.00
	Angolo di attrito Terreno-Fondazione	(°)	$\phi 1'$	25.00	25.00	25.00	25.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma 1$	19.00	19.00	19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	20.00	20.00	20.00	20.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	14.00			
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	10000			

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.112	(-)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RIBALTAMENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β_s</td> <td>0.57</td> </tr> <tr> <td>kh</td> <td>0.09576</td> </tr> <tr> <td>kv</td> <td>0.04788</td> </tr> </tbody> </table>	RIBALTAMENTO		β_s	0.57	kh	0.09576	kv	0.04788
	RIBALTAMENTO												
	β_s	0.57											
	kh	0.09576											
	kv	0.04788											
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.5	(-)									
Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)										
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.38	(-)										
Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.06384	(-)										
Coefficiente sismico verticale	kv	0.0319	(-)										
Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no												

				STR/GEO		RIB	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.270	0.270	0.286	0.286	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.272	0.272	0.291	0.291	
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	1.000	1.000	1.000	1.000	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	1.000	1.000	1.000	1.000	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	1.000	1.000	1.000	1.000	

Carichi Agenti				valori caratteristici		valori di progetto	
				SLE - sisma		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	57.69	83.65	83.65	
	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 $\Psi 1$		1.00	condizione quasi permanente $\Psi 2$	0.00	0.00	
	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m ²)	qs	11.54			
	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			

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	144 di 175

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls

R_{ck} = 40 (MPa)
 f_{ck} = 32 (MPa)
 f_{cm} = 40 (MPa)
 E_c = 33346 (MPa)
 α_{cc} = 0.85
 γ_c = 1.50

f_{cd} = α_{cc} * f_{ck} / γ_c = 18.13 (MPa)
 f_{ctm} = 0.30 * 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 = 9.00 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 5.00 (cm)

Interfero tra I e II strato

i_{I-II} = 5.00 (cm)

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	145 di 175

Relazione di calcolo

13.2 CALCOLO DELLE AZIONI

13.2.1 FORZE VERTICALI E INERZIALI

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	0.00	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	54.10	54.10
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	30.43	30.43
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	175.00	175.00
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0.00	0.00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	(kN/m)	259.53	259.53

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	(kN/m)	557.23	557.23
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	(kN/m)	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')$	(kN/m)	24.35	24.35
Sovr =	$qp \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	93.05	120.96
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	(kN/m)	674.62	702.54

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	323.076923	468.461538
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	64.6153846	

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

- Muro (Mm)

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 \cdot B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	(kNm/m)	64.92	64.92
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	47.17	47.17
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	612.50	612.50
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	(kNm/m)	724.59	724.59

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

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	(kNm/m)	2465.74	2465.74
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	41.39	41.39
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	390.79	508.03
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	(kNm/m)	2897.92	3015.16

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	1356.92308	1967.53846
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	271.384615	

RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	146 di 175

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)	16.57	24.85
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)	8.28	12.43

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

Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)	44.85	67.27
Ptsv =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)	22.42	33.64

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

MPs1 h=	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs2 h=	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	12.80	19.19
MPs3 h=	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	5.45	8.17
MPs4 h=	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	5.59	8.38
MPs5 h=	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs h=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	23.83	35.74

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

MPs1 v=	$kv \cdot Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs2 v=	$kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	2.07	3.11
MPs3 v=	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	1.51	2.26
MPs4 v=	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	19.55	29.33
MPs5 v=	$kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs v=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	23.13	34.69

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

MPts1 h=	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	131.80	197.70
MPts2 h=	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPts3 h=	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	7.16	10.74
MPts h=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	138.96	208.44

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

MPts1 v=	$kv \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	78.71	118.06
MPts2 v=	$kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPts3 v=	$kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	1.61	2.42
MPts v=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	80.32	120.48

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	147 di 175

Relazione di calcolo

13.2.2 SPINTE IN CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

			SLE	STR/GEO	EQU/RIB
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$	(kN/m)	97.74	127.06	127.06
Sq perm =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$	(kN/m)	25.34	32.94	32.94
Sq acc =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$	(kN/m)	87.97	127.56	127.56

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	97.74	127.06	127.06
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	25.34	32.94	32.94
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	87.97	127.56	127.56

- 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 =	$Sth \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$	(kNm/m)	208.84	271.49	271.49
MSt2 =	$Stv \cdot B$	(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)	81.20	105.56	105.56
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	(kNm/m)	281.95	408.82	408.82
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)	1.20	1.20	1.20

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

13.2.3 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)	97.74	97.74	97.74
Sst1 sism =	$0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	16.60	16.60	25.42
Ssq1 perm =	$qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	28.72	28.72	30.47
Ssq1 acc =	$qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	19.95	19.95	21.16

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat =	$Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	97.74	97.74	97.74
Sst1h sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	16.60	16.60	25.42
Ssq1h perm =	$Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	28.72	28.72	30.47
Ssq1h acc =	$Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	19.95	19.95	21.16

- 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)	208.84	208.84	208.84
MSst1 sism =	$Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	35.47	35.47	54.32
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)	155.98	155.98	165.46
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)		1.20

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

13.2.4 SPINTE IN CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO		SLE	STR/GEO	EQU/RIB	
- Spinta condizione sismica -					
Sst1 stat =	$0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	97.74	97.74	97.74
Sst1 sism =	$0,5 \cdot \gamma' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	10.41	10.41	16.23
Ssq1 perm=	$qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	28.96	28.96	31.03
Ssq1 acc =	$qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	20.11	20.11	21.55
- Componente orizzontale condizione sismica -					
Sst1h stat =	$Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	97.74	97.74	97.74
Sst1h sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	10.41	10.41	16.23
Ssq1h perm=	$Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	28.96	28.96	31.03
Ssq1h acc=	$Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	20.11	20.11	21.55
- 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		SLE	STR/GEO	EQU/RIB	
- Condizione sismica -					
MSst1 stat =	$Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	208.84	208.84	208.84
MSst1 sism=	$Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	22.24	22.24	34.68
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)	157.26	157.26	168.50
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)		1.20

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

13.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

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

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv \text{ perm}} + S_{qv \text{ acc}} \quad 963.07 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 287.56 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \varphi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$\mathbf{F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.56} \quad > \quad \mathbf{1.1}}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 3740.95 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} \quad 785.88 \quad (\text{kNm/m})$$

$$\mathbf{F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad \mathbf{4.76} \quad > \quad \mathbf{1.15}}$$

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ \text{ Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{\min} \\ 963.07 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{\max} \\ 1431.53 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p \quad 287.56 \quad 287.56 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 2955.07 \quad 4922.61 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 415.66 \quad 87.74 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	15.00		(kPa)
φ'	angolo di attrito terreno di fondaz.	25.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	17.57		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	20.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.43	0.06	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.14	6.88	(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)	10.66		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	20.72		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	10.88		(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.57	0.68	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.52	0.52	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{m+1}$		0.43	0.43	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	532.13	561.96	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	3.39	>	1.4
		N_{max}	2.70	>	

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 965.86 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 224.43 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \varphi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{2.01} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 3740.95 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 517.63 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{7.23} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (\text{Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 965.86 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 1030.48 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 224.43 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 3164.08 \quad 3435.47 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 216.43 \quad 171.20 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	15.00		(kN/mq)
ϕ'	angolo di attrito terreno di fondaz.	25.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	17.57		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d * H_2'$	sovraccarico stabilizzante	20.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.22	0.17	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.55	6.67	(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)	10.66		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$	(2+ π in cond. nd)	20.72		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\phi')$	(0 in cond. nd)	10.88		(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\phi')))^m$	(1 in cond. nd)	0.65	0.67	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.62	0.64	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\phi')))^{m+1}$		0.53	0.53	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	663.91	680.02	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	4.50	>	1.2
		N_{max}	4.40	>	

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 904.44 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 218.63 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.93} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 3740.95 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 811.38 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{4.61} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 904.44 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 969.06 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 218.63 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 2969.14 \quad 3240.52 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 196.41 \quad 151.18 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	15.00		(kN/mq)
φ'	angolo di attrito terreno di fondaz.	25.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	17.57		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	20.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.22	0.16	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.57	6.69	(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)	10.66		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	20.72		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	10.88		(-)

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)	0.65	0.66	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$		0.61	0.63	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B^*c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0.52	0.52	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	653.51	670.65	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	4.74	>	1.2
		N_{max}	4.63	>	

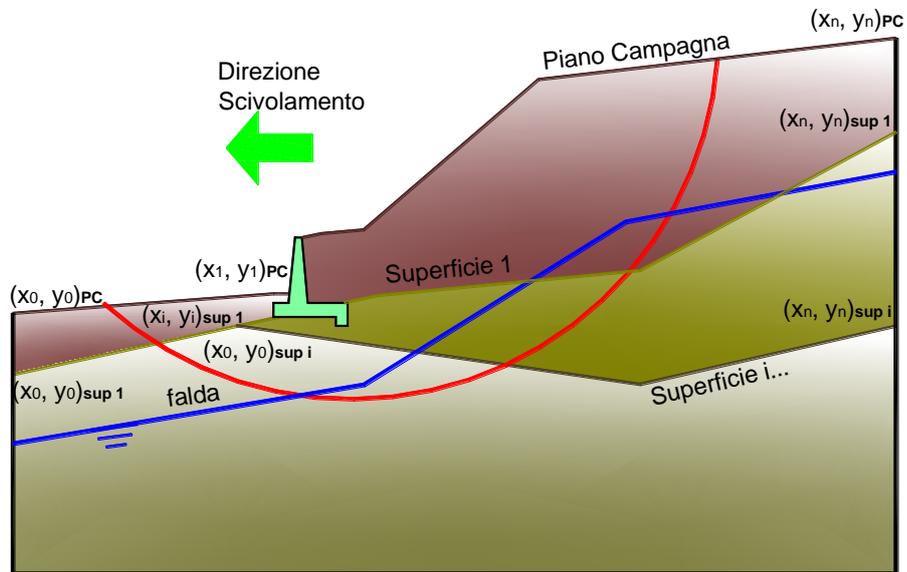
RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	156 di 175

13.3.3 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.

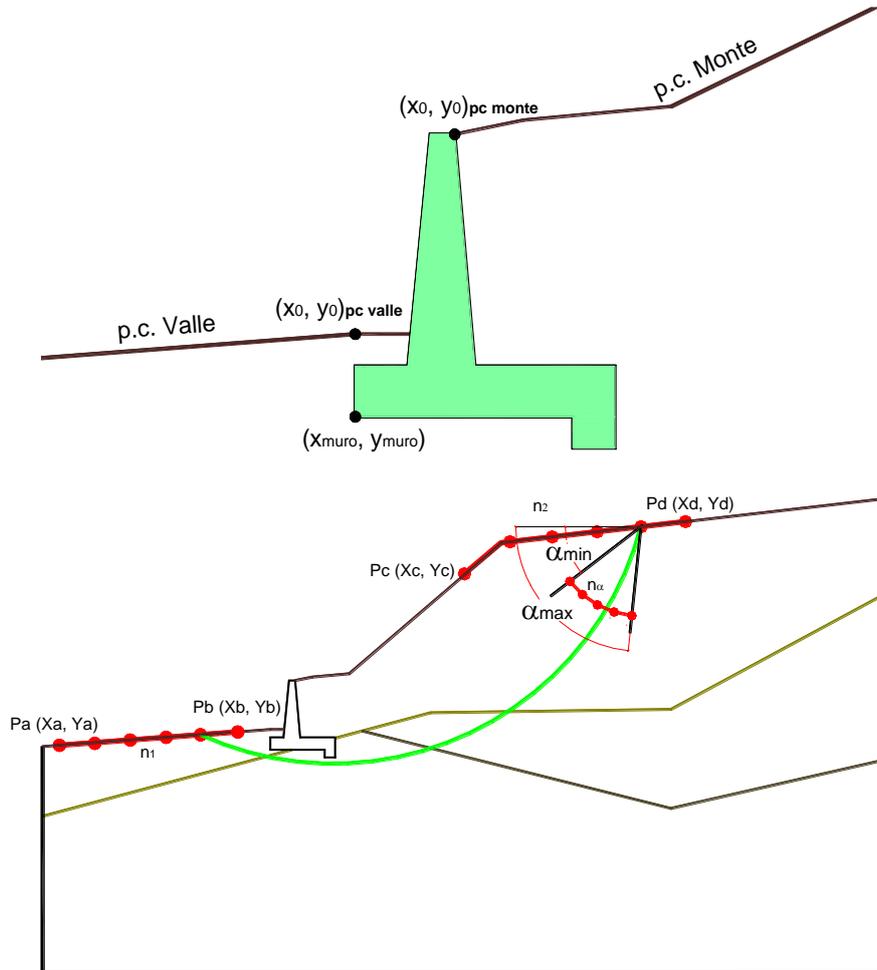


	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]	Descrizione
materiale 1	20.00	38	0	Rilevato - riporto
materiale 2	19.00	25	15	Unità geotecnica 1 - a2
materiale 3	21.00	20	22.5	Unità geotecnica 2 - TRV
materiale 4				

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	157 di 175



p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		f'da		
materiale 1						materiale 2		materiale 3		materiale 4				
	x	y		x	y		x	y		x	y		x	y
0	100.000	101.000	0	101.400	106.410	0	50.000	100.000	0	50.000	88.000	0	50.000	94.000
1	50.000	101.000	1	150.000	106.410	1	150.000	100.000	1	150.000	88.000	1	150.000	94.000
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		

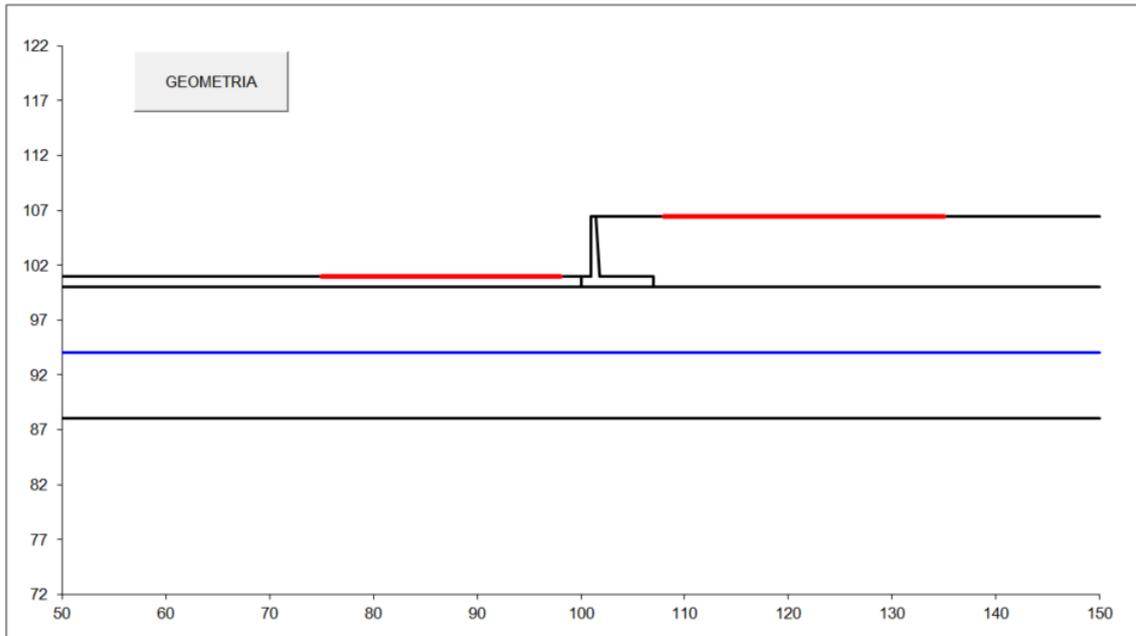
Sovraccarichi

	x_{in}	q_{in}	x_{fin}	q_{fin}	% sisma
sovraccarico 1 <input checked="" type="checkbox"/>	104.300	57.7	106.900	57.7	20%
sovraccarico 2 <input type="checkbox"/>					

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

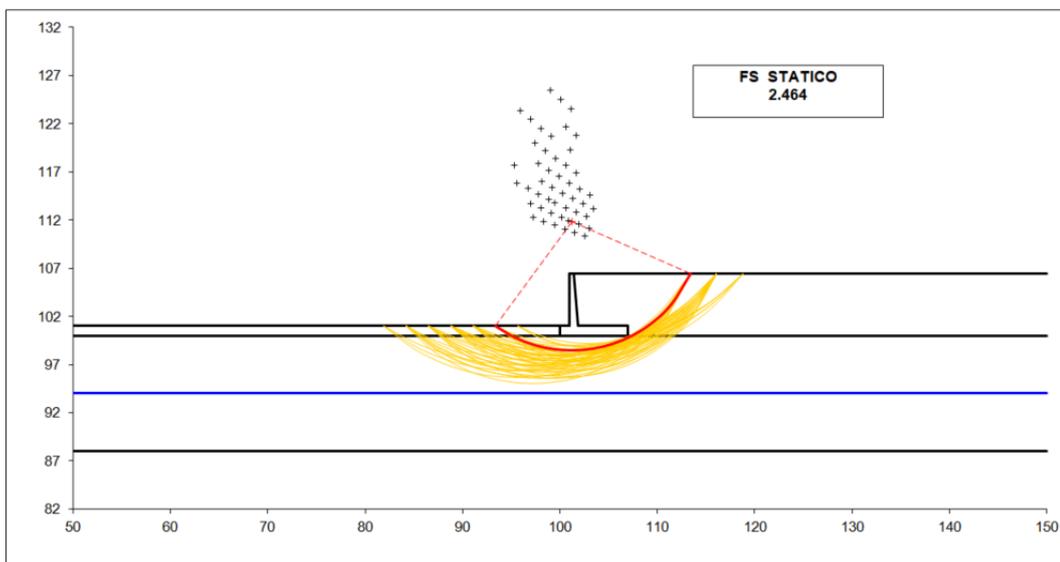
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	158 di 175



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
	STATICO	2.464
744	SISMICO	1.890

Condizioni statiche

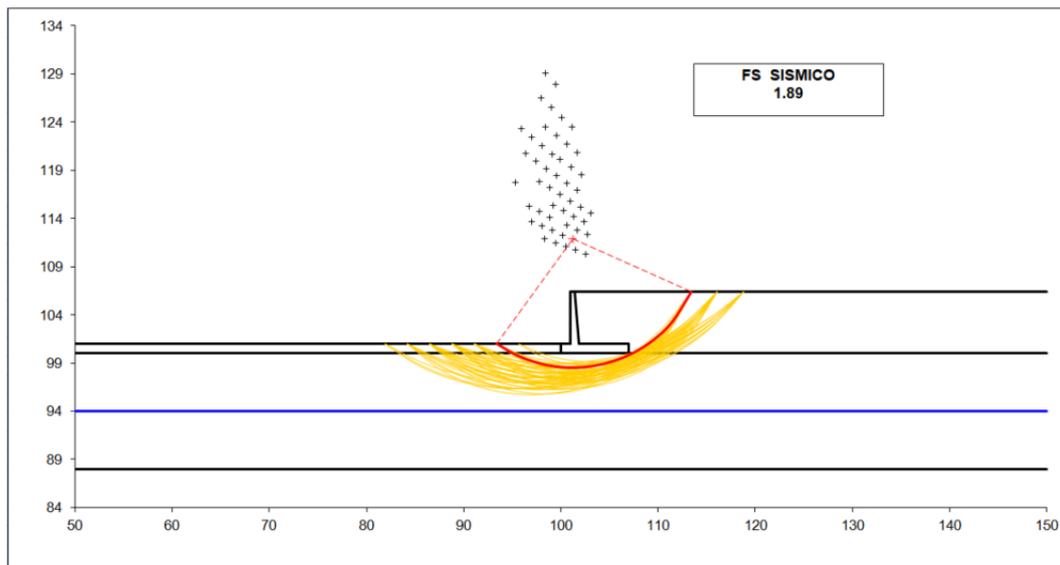


RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	159 di 175

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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv \text{ perm}} + S_{qv \text{ acc}}$	963.07	(kN/m)		
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{th} + S_{qh} + f$	287.56	(kN/m)		
Coefficiente di attrito alla base (f)				
$f = \text{tg}\phi_1'$	0.47	(-)		
Fs scorr.	(N*f + Sp) / T	1.56	>	1.1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)				
$M_s = M_m + M_t + M_{\text{fext}3}$	3740.95	(kNm/m)		
Momento ribaltante (Mr)				
$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{\text{fext}1} + M_{\text{fext}2} + M_{Sp}$	785.88	(kNm/m)		
Fs ribaltamento	Ms / Mr	4.76	>	1.15

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)				
$N = P_m + P_t + v + S_{tv} + S_{qv} (+ \text{Sovr acc})$	963.07	Nmin	1431.53	Nmax (kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$	287.56	287.56		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$	2955.07	4922.61		(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c * N - MM$	415.66	87.74		(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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	75.00			(kPa)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00			(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	20.00			(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.43	0.06		(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.14	6.88		(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)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00		(-)
$i_c = (1 - m \cdot T / (B^* \cdot c_u \cdot N_c))$		0.76	0.78		(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{m+1}$		-	-		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	311.90	322.00		(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	--	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	1.99	>	1.4
		N_{max}	1.55	>	

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

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

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 965.86 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 224.43 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \varphi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{2.01} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 3740.95 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 517.63 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{7.23} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (\text{Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 965.86 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 1030.48 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 224.43 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 3164.08 \quad 3435.47 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 216.43 \quad 171.20 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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.	75.00		(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	20.00		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.22	0.17	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.55	6.67	(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)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg} \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m \cdot T / (B^* \cdot c_u \cdot N_c))$		0.82	0.83	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg} \varphi'))^{m+1}$		- -		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	337.11	338.30	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	Nmin	2.29	>	1.2
		Nmax	2.19	>	

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 904.44 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 218.63 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' \quad 0.47 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.93} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 3740.95 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 811.38 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{4.61} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 904.44 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 969.06 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 218.63 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 2969.14 \quad 3240.52 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 196.41 \quad 151.18 \quad (\text{kNm/m})$$

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 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_u	res. al taglio nd terreno di fondaz.	75.00			(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00			(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	20.00			(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.22	0.16		(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.57	6.69		(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)

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi')))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00		(-)
$i_c = (1 - m \cdot T / (B^* \cdot c_u \cdot N_c))$		0.83	0.83		(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi')))^{m+1}$		--			(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	339.02	340.24		(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	--	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	2.46	>	1.2
		N_{max}	2.35	>	

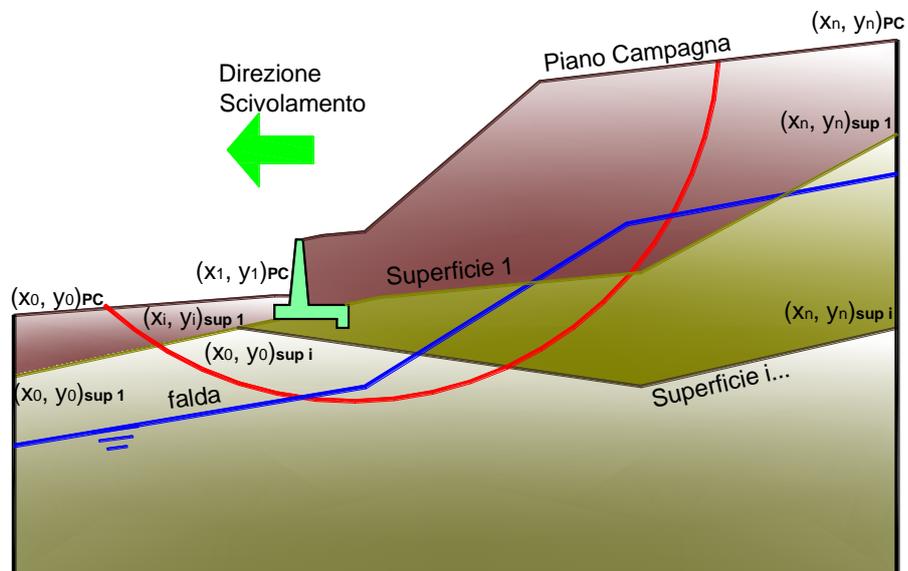
RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	166 di 175

Relazione di calcolo

13.3.6 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.

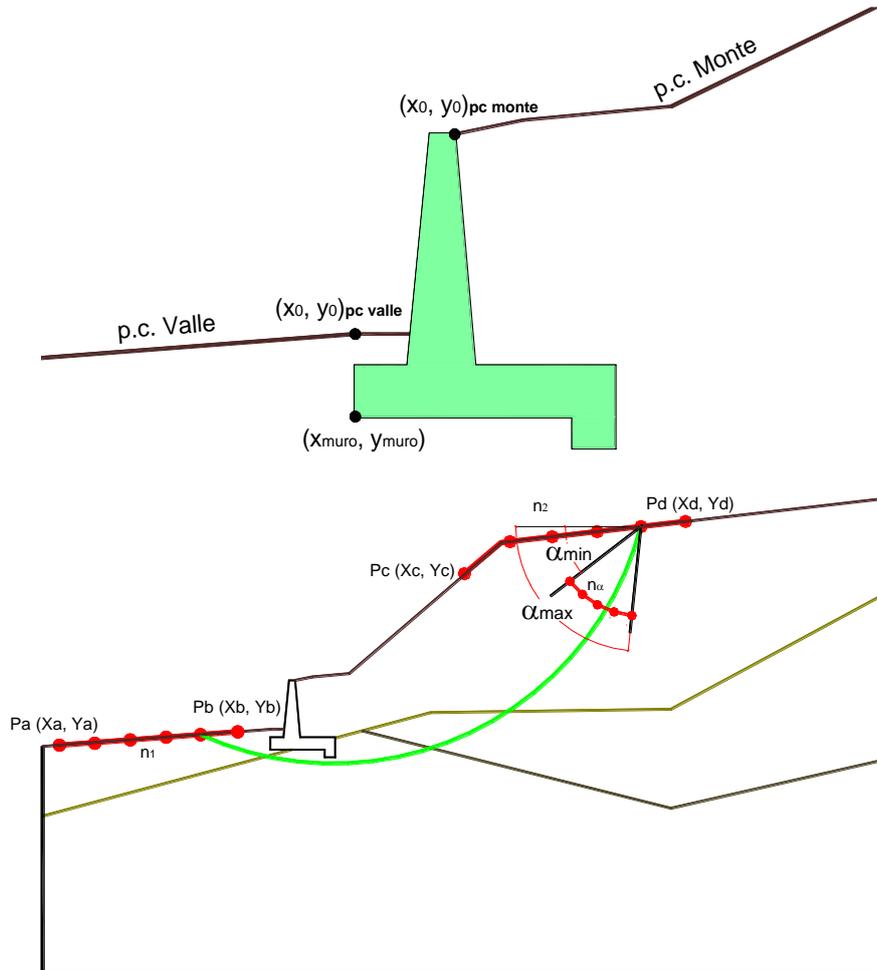


	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]	Descrizione
materiale 1	20.00	38	0	Rilevato - riporto
materiale 2	19.00	25	75	Unità geotecnica 1 - a2
materiale 3	21.00	20	200	Unità geotecnica 2 - TRV
materiale 4				

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	167 di 175



p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		f'da		
materiale 1						materiale 2		materiale 3		materiale 4				
	x	y		x	y		x	y		x	y		x	y
0	100.000	101.000	0	101.400	106.410	0	50.000	100.000	0	50.000	88.000	0	50.000	94.000
1	50.000	101.000	1	150.000	106.410	1	150.000	100.000	1	150.000	88.000	1	150.000	94.000
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		

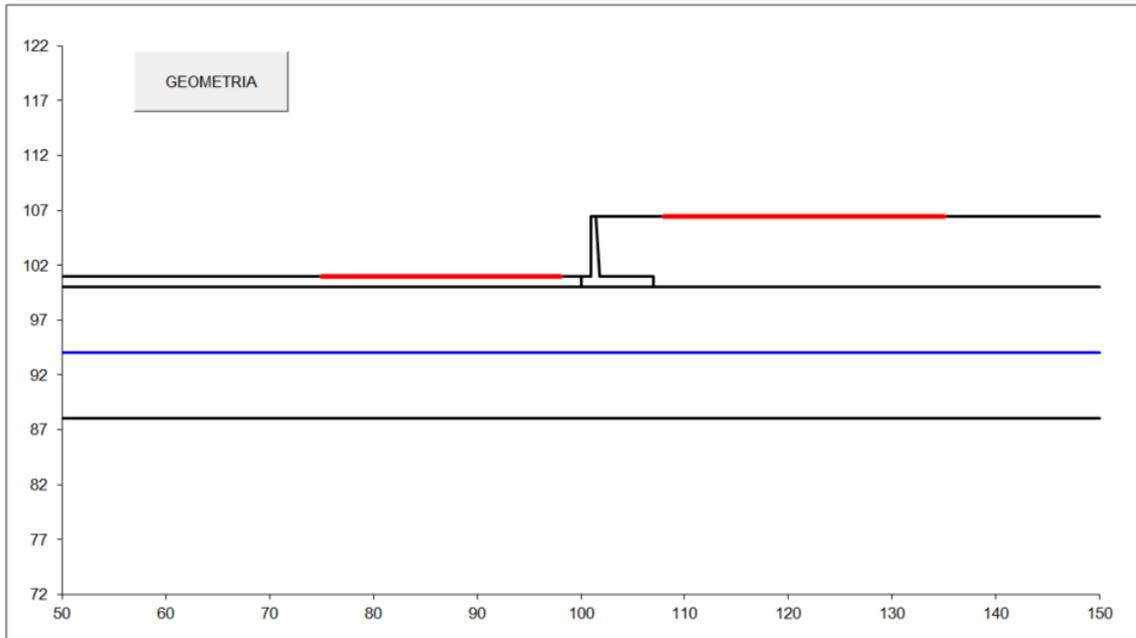
Sovraccarichi

	x_{in}	q_{in}	x_{fin}	q_{fin}	% sisma
sovraccarico 1 <input checked="" type="checkbox"/>	104.300	57.7	106.900	57.7	20%
sovraccarico 2 <input type="checkbox"/>					

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

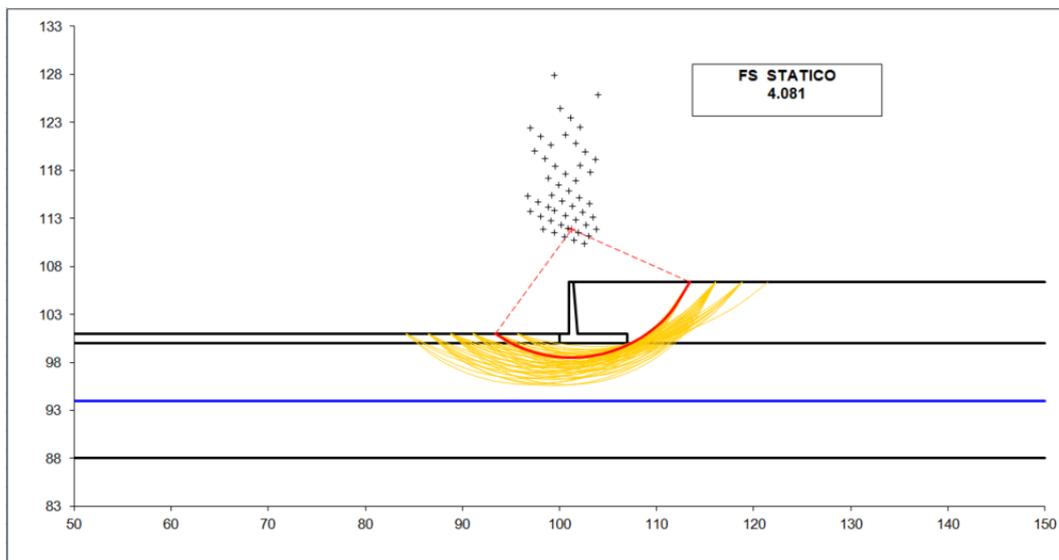
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	168 di 175



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
744	STATICO	4.081
	SISMICO	2.418

Condizioni statiche

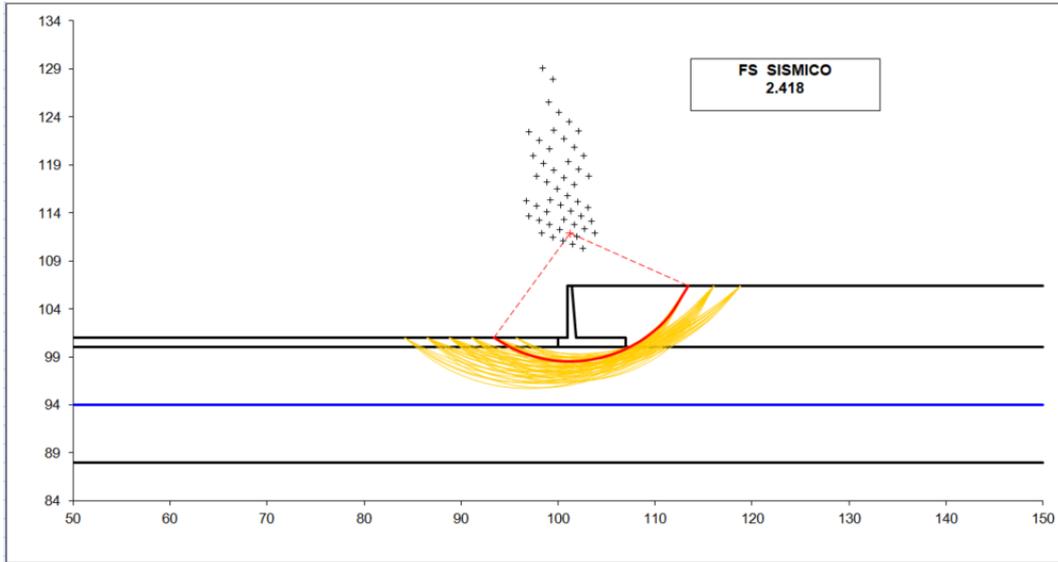


RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	169 di 175

Condizioni sismiche



RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	170 di 175

Relazione di calcolo

13.4 VERIFICHE STRUTTURALI

13.4.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Reazione del terreno

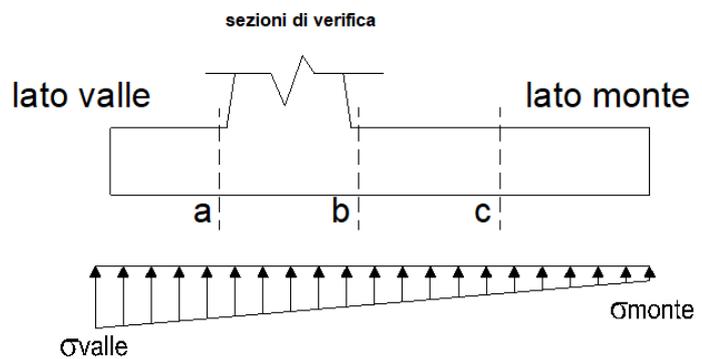
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 7.00 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 8.17 \quad (m^3)$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	963.07	415.66	188.48	86.68
	1431.53	87.74	215.25	193.76
sisma+	965.86	216.43	164.48	111.48
	1030.48	171.20	168.17	126.25
sisma-	904.44	196.41	153.26	105.16
	969.06	151.18	156.95	119.92



Mensola Lato Valle

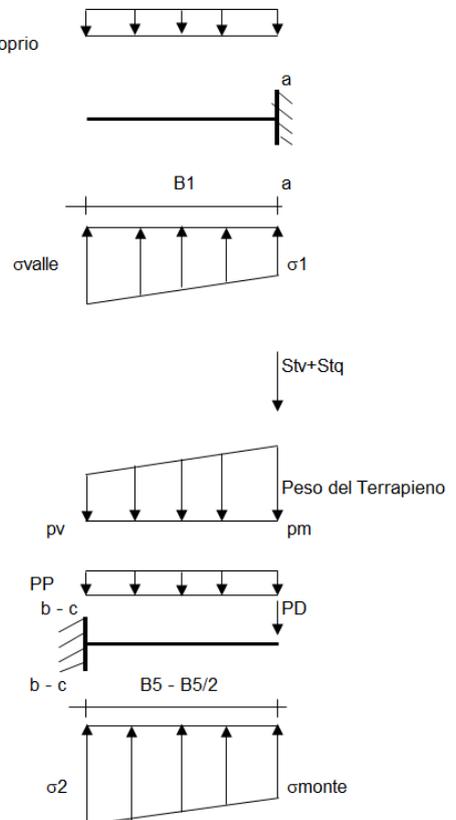
Peso Proprio. PP = 25.00 (kN/m)

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

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

caso	σ_{valle}	σ_1	M_a	V_a
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	188.48	173.94	79.32	156.21
	215.25	212.18	94.61	188.71
sisma+	164.48	156.91	68.08	134.90
	168.17	162.18	70.59	139.38
sisma-	153.26	146.39	63.38	124.02
	156.95	151.66	65.09	128.51

Peso Proprio



Mensola Lato Monte

PP = 25.00 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	129.80	213.45	141.34	(kN/m ²)
pvb	129.80	213.45	141.34	(kN/m ²)
pvc	129.80	213.45	141.34	(kN/m ²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp \cdot H2 / 2$$

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

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2) + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2) / 2 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2) / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3T 30 D 78 CL MU 71 0 0 001 B 171 di 175

Relazione di calcolo

caso	o1a	o2b	Mb	Vb	o2c	Mc	Vc
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	86.68	161.58	-572.25	-157.95	124.13	-184.45	-127.19
	193.76	209.57	-522.81	-189.46	201.66	-139.44	-104.91
sisma+	111.48	150.47	-467.65	-148.14	130.98	-138.46	-99.17
	126.25	157.09	-465.71	-154.38	141.67	-133.47	-97.05
sisma-	105.16	140.54	-436.39	-139.10	122.85	-128.65	-92.33
	119.92	147.16	-424.68	-141.55	133.54	-121.22	-88.31

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + F^*h$$

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

$$N_{\text{ext}} = v$$

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

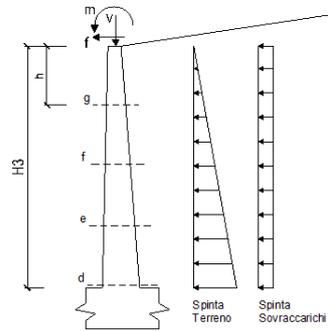
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

$$V_q = K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{\text{ext}} = f$$

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



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	5.41	163.22	366.41	0.00	529.63	1.00	84.53	85.53
e-e	4.06	68.86	206.11	0.00	274.96	1.00	57.69	58.69
f-f	2.71	20.40	91.60	0.00	112.00	1.00	34.66	35.66
g-g	1.35	2.55	22.90	0.00	25.45	1.00	15.43	16.43

sezione	h	Vt	Vq	V _{ext}	V _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.41	90.51	135.46	0.00	225.97
e-e	4.06	50.91	101.59	0.00	152.50
f-f	2.71	22.63	67.73	0.00	90.36
g-g	1.35	5.66	33.86	0.00	39.52

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	5.41	125.56	21.32	111.11	0.00	12.85	270.83	1.00	87.23	88.23
e-e	4.06	52.97	9.00	62.50	0.00	6.73	131.20	1.00	59.53	60.53
f-f	2.71	15.69	2.67	27.78	0.00	2.77	48.91	1.00	35.76	36.76
g-g	1.35	1.96	0.33	6.94	0.00	0.64	9.88	1.00	15.92	16.92

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	5.41	69.62	11.82	41.07	0.00	5.40	127.92
e-e	4.06	39.16	6.65	30.81	0.00	3.68	80.30
f-f	2.71	17.41	2.96	20.54	0.00	2.21	43.11
g-g	1.35	4.35	0.74	10.27	0.00	0.98	16.34

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	5.41	125.56	13.37	112.02	0.00	12.85	263.79	1.00	81.83	82.83
e-e	4.06	52.97	5.64	63.01	0.00	6.73	128.35	1.00	55.85	56.85
f-f	2.71	15.69	1.67	28.01	0.00	2.77	48.14	1.00	33.55	34.55
g-g	1.35	1.96	0.21	7.00	0.00	0.64	9.81	1.00	14.93	15.93

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	5.41	69.62	7.41	41.41	0.00	5.40	123.85
e-e	4.06	39.16	4.17	31.06	0.00	3.68	78.08
f-f	2.71	17.41	1.85	20.71	0.00	2.21	42.18
g-g	1.35	4.35	0.46	10.35	0.00	0.98	16.15

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3T

30 D 78

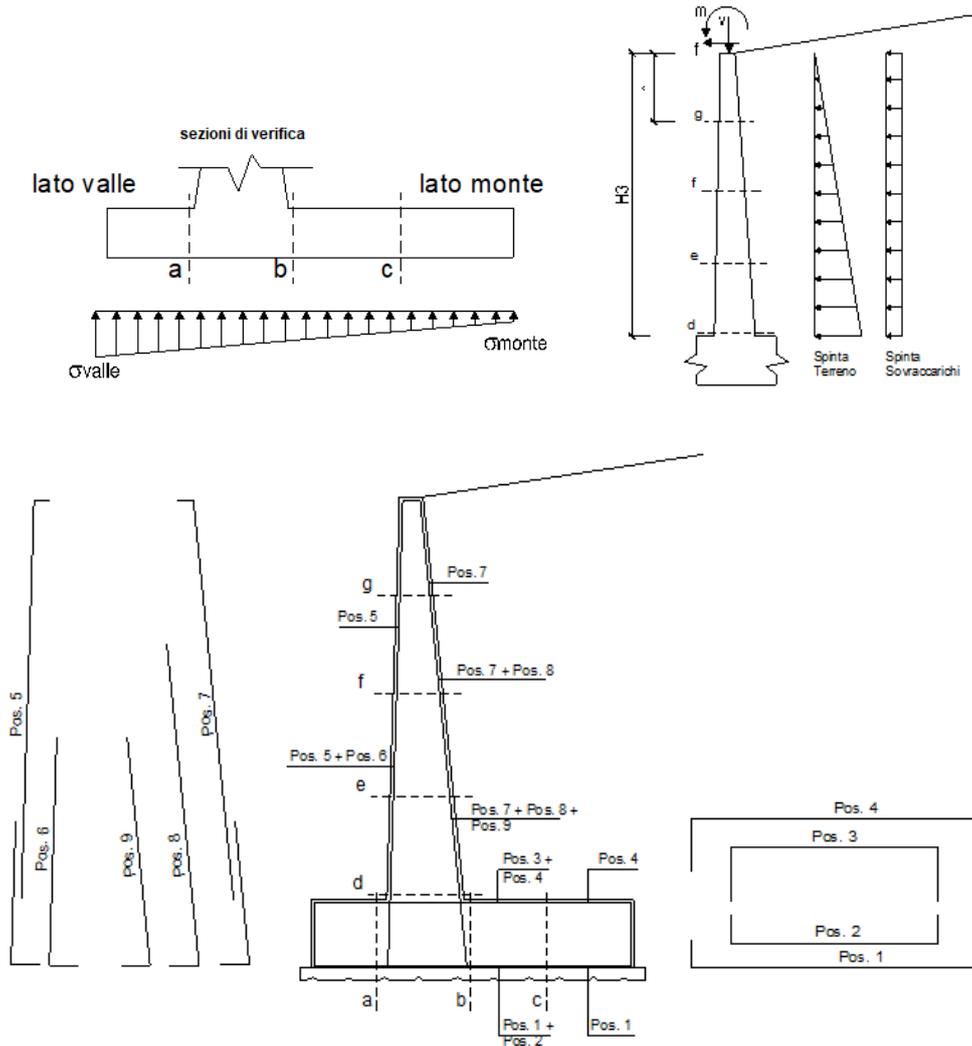
CL

MU 71 0 0 001

B

172 di 175

13.4.2 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;

 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					
	RI08 – Muro di sostegno MU71 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 71 0 0 001	REV. B

- 20% dell'armatura principale.

Muro h = 5,41m su fondazione diretta

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	10.0	20		5	10.0	20	
2	0.0	0	<input type="checkbox"/>	6	0.0	0	<input type="checkbox"/>
3	0.0	0	<input type="checkbox"/>	7	10.0	24	
4	10.0	24		8	0.0	0	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	0	<input type="checkbox"/>

Pertanto l'armatura secondaria sarà pari a:

sez a – a: φ14/20cm (ripartitori in fondazione e in elevazione);

sez b – b: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez c – c: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez d – d: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez e – e: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez f – f: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

sez g – g: φ14/20cm (ripartitori in fondazione);

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)
a - a	94.61	0.00	1.00	31.42	45.24	1067.46
b - b	-572.25	0.00	1.00	45.24	31.42	1512.32
c - c	-184.45	0.00	1.00	45.24	31.42	1512.32
d - d	529.63	85.53	0.85	45.24	31.42	1275.36
e - e	274.96	58.69	0.74	45.24	31.42	1063.95
f - f	112.00	35.66	0.63	45.24	31.42	856.40
g - g	25.45	16.43	0.51	45.24	31.42	652.06

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

Sez.	V _{Ed}	h	V _{rd}	σ staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	188.71	1.00	357.22	14	20	20	21.8	3083.36	Armatura a taglio non necessaria
b - b	189.46	1.00	403.39	14	20	20	21.8	3083.36	Armatura a taglio non necessaria
c - c	127.19	1.00	403.39	14	20	20	21.8	3083.36	Armatura a taglio non necessaria
d - d	225.97	0.85	379.98	14	20	20	21.8	2575.12	Armatura a taglio non necessaria
e - e	152.50	0.74	348.27	14	20	20	21.8	2193.93	Armatura a taglio non necessaria
f - f	90.36	0.63	315.16	14	20	20	21.8	1812.75	Armatura a taglio non necessaria
g - g	39.52	0.51	280.00	14	20	20	21.8	1431.56	Armatura a taglio non necessaria

RI08 – Muro di sostegno MU71

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	174 di 175

Relazione di calcolo

13.4.3 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	77.11	0.00	1.00	31.42	45.24	0.62	29.48
b - b	-398.23	0.00	1.00	45.24	31.42	2.95	107.21
c - c	-121.59	0.00	1.00	45.24	31.42	0.90	32.74
d - d	384.23	85.53	0.85	45.24	31.42	3.89	116.43
e - e	198.48	58.69	0.74	45.24	31.42	2.62	70.65
f - f	80.36	35.66	0.63	45.24	31.42	1.46	34.42
g - g	18.13	16.43	0.51	45.24	31.42	0.50	9.38

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	70.19	0.00	1.00	31.42	45.24	0.57	26.83
b - b	-399.44	0.00	1.00	45.24	31.42	2.96	107.54
c - c	-121.41	0.00	1.00	45.24	31.42	0.90	32.69
d - d	270.83	82.83	0.85	45.24	31.42	2.76	79.79
e - e	131.20	56.85	0.74	45.24	31.42	1.75	44.87
f - f	48.91	34.55	0.63	45.24	31.42	0.90	19.63
g - g	9.88	15.93	0.51	45.24	31.42	0.28	4.40

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

RI08 – Muro di sostegno MU71

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU 71 0 0 001	B	175 di 175

13.4.4 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	77.11	0.00	1.00	31.42	45.24	0.62	29.48	0.043	0.200
b - b	-398.23	0.00	1.00	45.24	31.42	2.95	107.21	0.143	0.200
c - c	-121.59	0.00	1.00	45.24	31.42	0.90	32.74	0.044	0.200
d - d	384.23	85.53	0.85	45.24	31.42	3.89	116.43	0.148	0.200
e - e	198.48	58.69	0.74	45.24	31.42	2.62	70.65	0.084	0.200
f - f	80.36	35.66	0.63	45.24	31.42	1.46	34.42	0.038	0.200
g - g	18.13	16.43	0.51	45.24	31.42	0.50	9.38	0.010	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	50.94	0.00	1.00	31.42	45.24	0.41	19.47	0.029	0.200
b - b	-164.96	0.00	1.00	45.24	31.42	1.22	44.41	0.059	0.200
c - c	-35.20	0.00	1.00	45.24	31.42	0.26	9.48	0.013	0.200
d - d	183.40	85.53	0.85	45.24	31.42	1.89	51.10	0.064	0.200
e - e	85.50	58.69	0.74	45.24	31.42	1.16	27.08	0.032	0.200
f - f	30.15	35.66	0.63	45.24	31.42	0.57	10.67	0.012	0.200
g - g	5.58	16.43	0.51	45.24	31.42	0.16	1.78	0.002	0.200

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