

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

SOTTOVIA

SL31 - Sottovia NV02

Relazione di calcolo scatolare

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 26 CL SL3100 001 B

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

ITM/FERR - SA INFRASTRUTTURE NORD
Via...
Caltanissetta

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	1 di 223

1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
4.	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA	10
5.	MATERIALI	12
5.1	CALCESTRUZZO SCATOLARE	12
5.2	CALCESTRUZZO MURI	12
5.3	ACCIAIO D'ARMATURA	14
5.4	VERIFICA S.L.E.	16
5.4.1	<i>Verifica tensioni</i>	16
5.4.2	<i>Verifica a fessurazione</i>	17
6.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	18
7.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	19
7.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	19
7.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	19
8.	PROGETTO E VERIFICA DELLA STRUTTURA SCATOLARE SL31.....	22
8.1	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	22
8.1.1	<i>Codice di calcolo</i>	24
8.1.2	<i>Tipo di analisi svolta (paragrafo 10.2 del DM 17-01-18)</i>	25
8.1.3	<i>Affidabilità dei codici di calcolo</i>	25
8.1.4	<i>Giudizio motivato di accettabilità dei risultati</i>	26
8.2	ANALISI DEI CARICHI	27
8.2.1	<i>Peso proprio della struttura</i>	27
8.2.2	<i>Carichi permanenti portati</i>	27
8.2.3	<i>Spinta del terreno e dell'acqua</i>	28
8.2.4	<i>Sovraccarico ferroviario</i>	30
8.2.5	<i>Incremento spinta sovracc. accidentale</i>	32

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	2 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

8.2.6	<i>Azioni termiche</i>	36
8.2.7	<i>Ritiro</i>	36
8.2.8	<i>Azione sismica</i>	36
8.3	COMBINAZIONI DI CALCOLO	39
8.4	RISULTATI E VERIFICHE	43
8.4.1	<i>Verifica soletta superiore</i>	46
8.4.2	<i>Verifica piedritti</i>	55
8.4.3	<i>Verifica soletta inferiore</i>	63
8.5	VERIFICHE GEOTECNICHE	70
8.5.1	<i>Tensioni efficaci</i>	72
8.5.2	<i>Tensioni totali</i>	80
8.6	VERIFICA A SOLLEVAMENTO	86
9.	PROGETTO E VERIFICA DEI MURI D'ALA	88
9.1	CRITERI DI VERIFICA	90
9.1.1	<i>VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE</i>	90
9.1.2	<i>VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE</i>	94
9.1.3	<i>VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE)</i>	96
9.1.4	<i>VERIFICHE STRUTTURALI SLU</i>	97
9.1.5	<i>VERIFICHE STRUTTURALI (SLE)</i>	100
9.2	ANALISI DEI CARICHI	102
9.2.1	<i>PESI PROPRI</i>	102
9.2.2	<i>Carichi permanenti</i>	105
9.2.3	<i>Carichi variabili</i>	107
9.2.4	<i>Valutazione dell'azione sismica</i>	111
9.2.5	<i>Combinazioni di carico</i>	112
9.3	PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO "TIPO 3"	115
9.3.1	<i>DATI DI INPUT</i>	115

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	3 di 223

9.3.2	CALCOLO DELLE AZIONI.....	119
9.3.3	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	124
9.3.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	145
9.4	PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOTTOSCARPA “TIPO 2”.....	152
9.4.1	DATI DI INPUT	152
9.4.2	Calcolo delle azioni	156
9.4.3	Verifiche geotecniche.....	161
9.4.4	Verifiche strutturali	181
9.5	PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOTTOSCARPA “TIPO 1”.....	188
9.5.1	DATI DI INPUT	188
9.5.2	Calcolo delle azioni	192
9.5.3	Verifiche geotecniche.....	197
9.5.4	Verifiche strutturali	217

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	4 di 223

1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento dello scatolare in corrispondenza della nuova viabilità NV02, denominato SL31, inquadrato all'interno dei lavori di costruzione del nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania, specificamente del Lotto 3 di tale progetto dalla progr. 2+870.00 km alla progr. 2+881.00 km circa. Lo scatolare è inserito nella WBS: RI04, che si estende dalla progr. 2+571.00 km alla progr. 3+674.00 km.

Di seguito si riporta l'inquadramento dell'opera nel progetto:

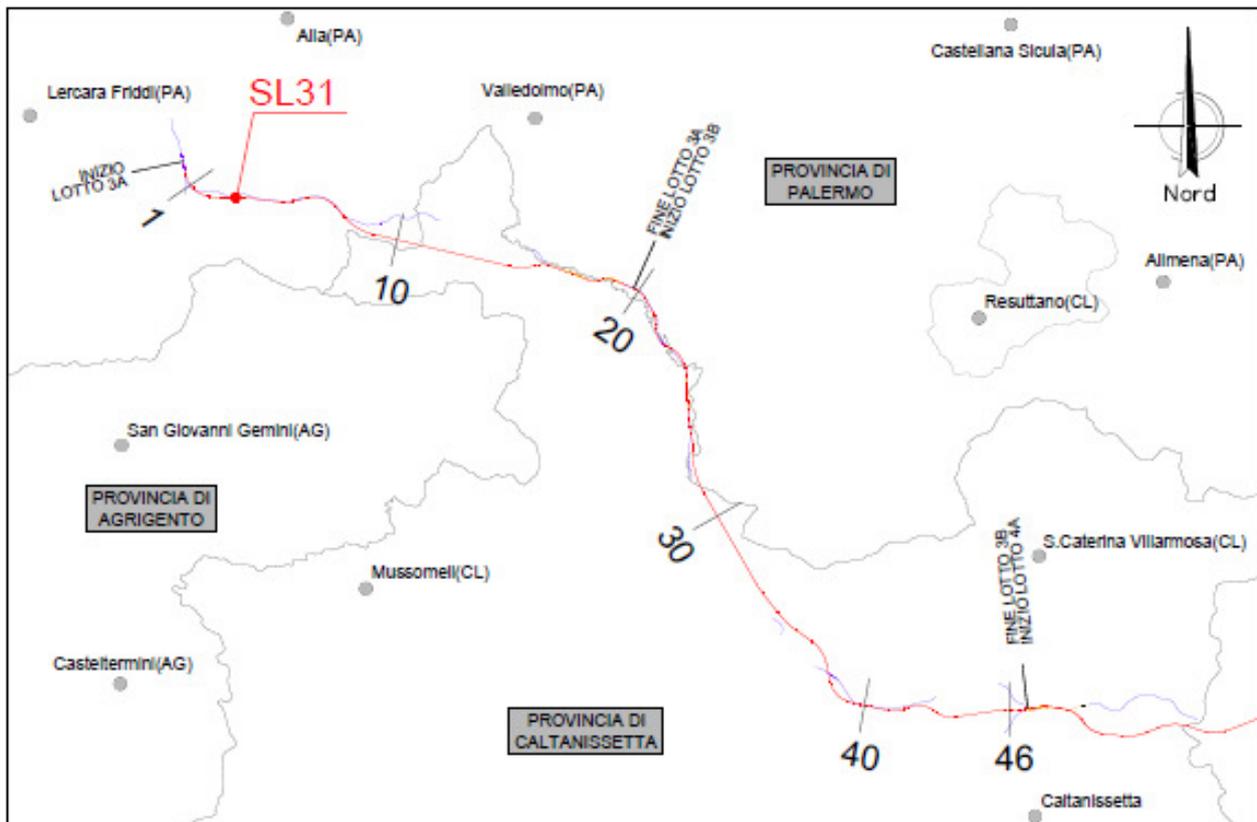


Figura 1 – Inquadramento SL31.

Il sottovia è caratterizzato da una struttura scatolare in cemento armato avente l'asse ferroviario ortogonale alla viabilità, lo sviluppo dell'opera è di 13.70 m e sono presenti muri andatori.

La struttura scatolare ha dimensioni interne di 9.0x6.50m, la soletta superiore è spessa 1.10 m, quella inferiore 1.50 ed i piedritti 1.30 m.

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>5 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	5 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	5 di 223								

Di seguito la sezione trasversale, longitudinale e la pianta.

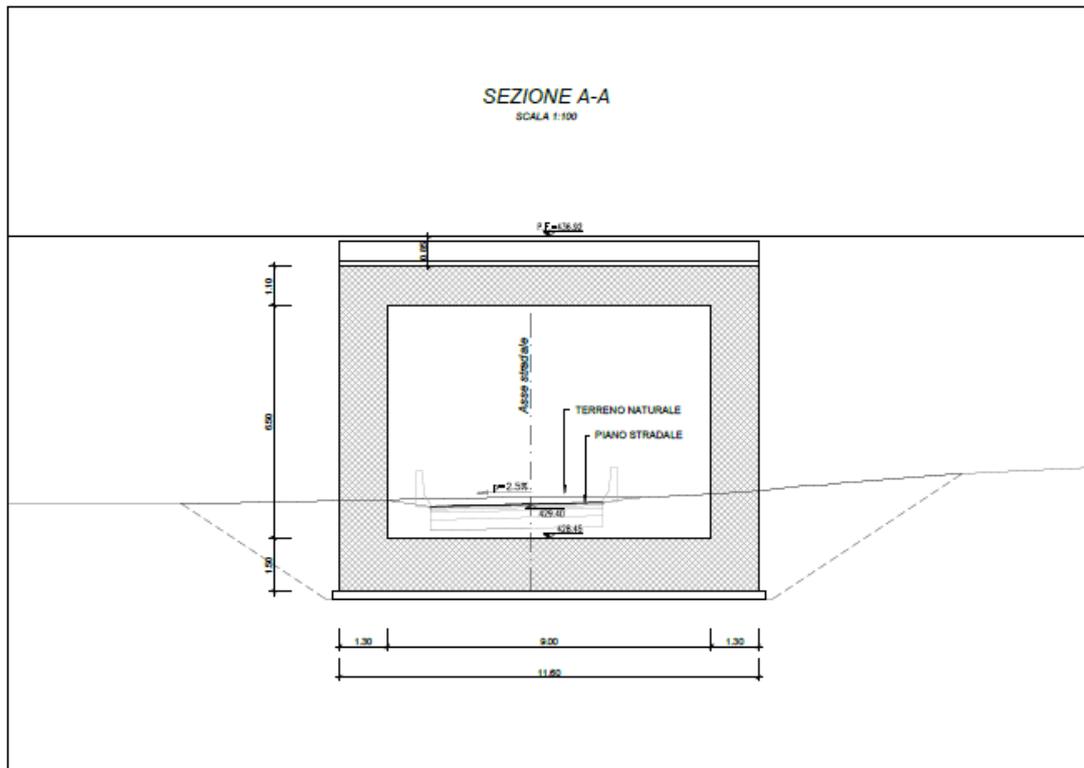


Figura 2 – Sezione trasversale.

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	6 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

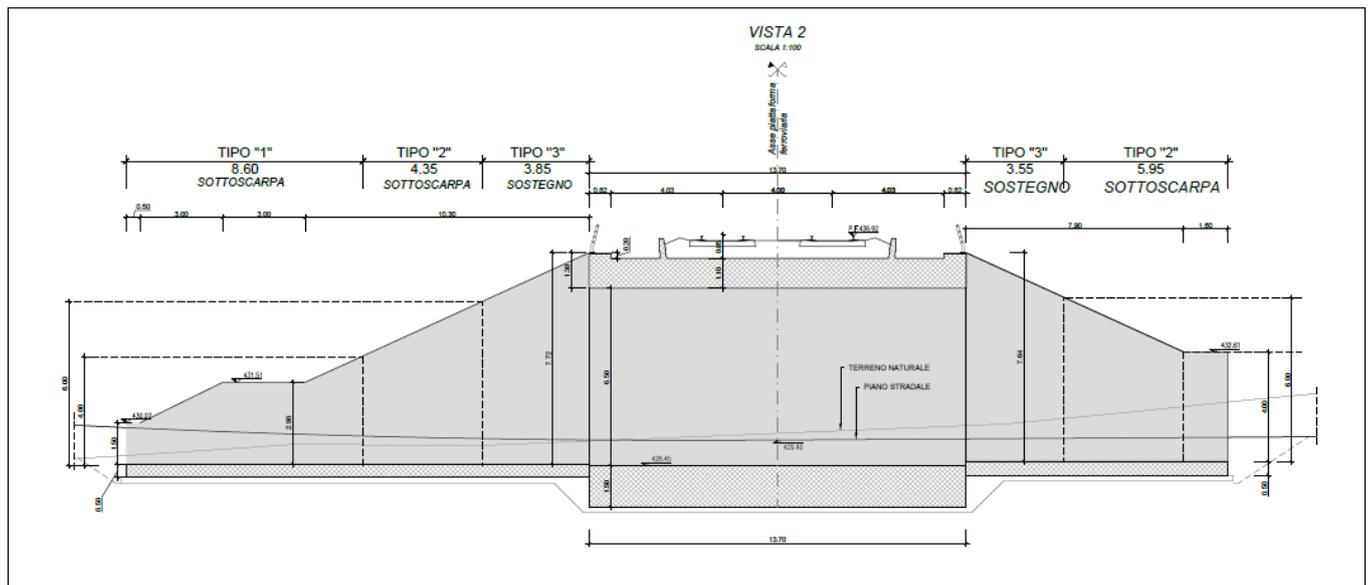
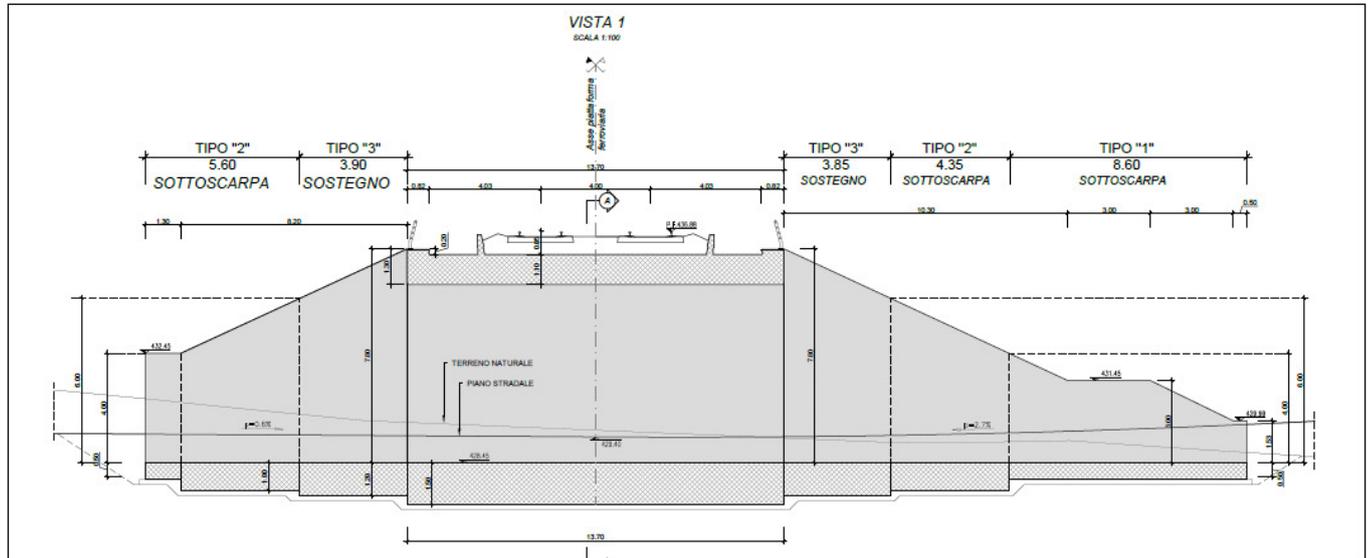


Figura 3 – Sezioni longitudinali.

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	7 di 223

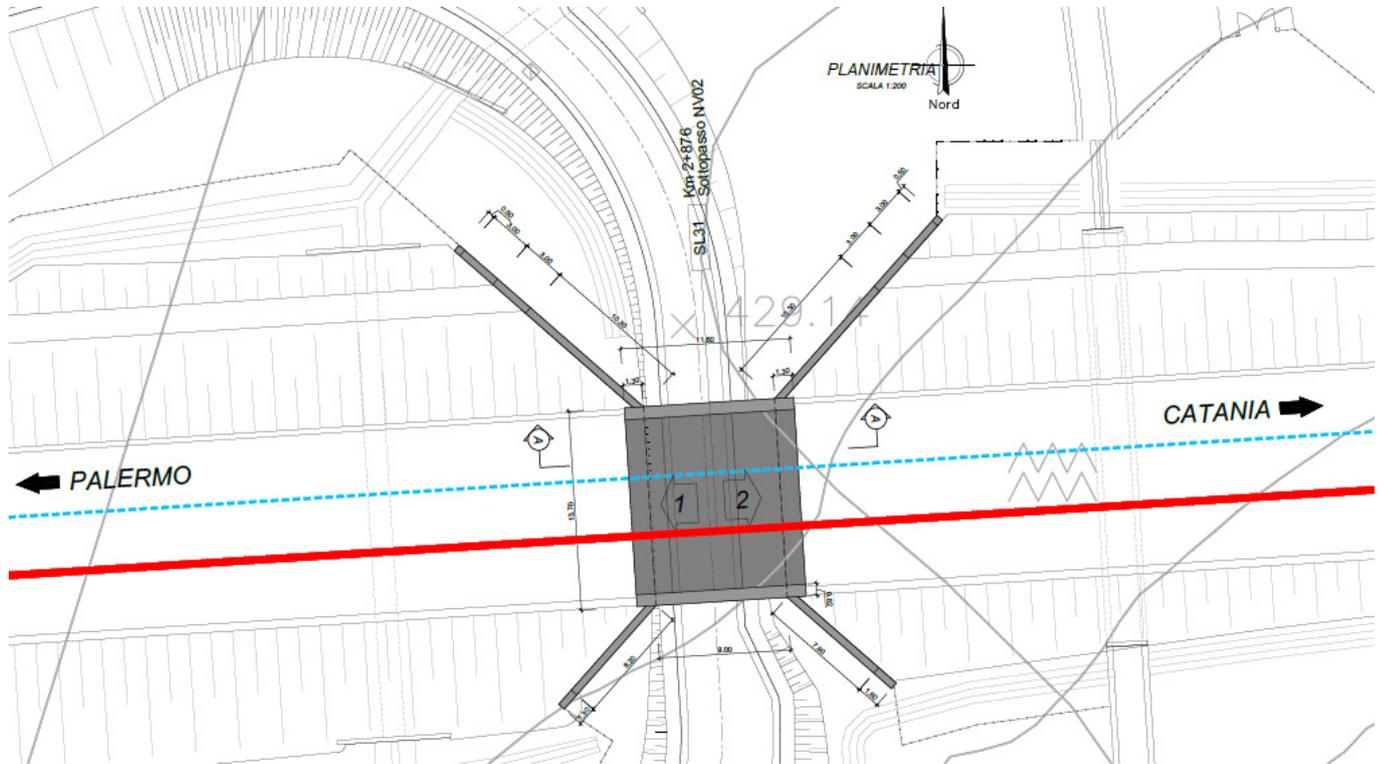


Figura 4 – Pianta.

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>8 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	8 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	8 di 223								

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

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;

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;

RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21-12-18 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA												
SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	<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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>9 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	9 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	9 di 223								

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

RS3T.3.0.D.26.P9.SL.31.0.0.001.A:

“TRATTA LERCARA Dir. - VALLELUNGA (LOTTO 3a) - TRATTA VALLELUNGA-CALTANISSETTA XIRBI (Lotto 3b) – Opere civili – Sottovia – SL31 – Sottovia NV02 – Pianta, prospetto e sezioni”

RS3T.3.0.D.26.BB.SL.31.0.0.001.A:

“TRATTA LERCARA Dir. - VALLELUNGA (LOTTO 3a) - TRATTA VALLELUNGA-CALTANISSETTA XIRBI (Lotto 3b) – Opere civili – Sottovia – SL31 – Sottovia NV02 – Carpenterie”

RS3T.3.0.D.26.GE.GE.00.0.0.001.B:

“TRATTA LERCARA Dir. - VALLELUNGA (LOTTO 3a) - TRATTA VALLELUNGA-CALTANISSETTA XIRBI (Lotto 3b) - Geotecnica - Elaborati generali – Relazione geotecnica generale – opere all’aperto – Lotto 3a”

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>10 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	10 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	10 di 223								

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)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
SOTTOVIA

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	11 di 223

τ (tau) tensione tangenziale (N / mm²)

ϵ (epsilon) deformazione (m/m) -

ϕ (fi) angolo di resistenza (° sessagesimali)

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>12 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	12 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	12 di 223								

5. MATERIALI

5.1 Calcestruzzo scatolare

Classe di resistenza	C32/40 $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione ambientale	XC4
Copriferro nominale minimo	50 mm

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

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	33.2 N/mm^2
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2 N/mm^2
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	22.1 N/mm^2

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3.09 N/mm^2
$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$	2.17 N/mm^2
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.44 N/mm^2
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$	3.71 N/mm^2
$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$	2.59 N/mm^2
$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$	336429 N/mm^2

5.2 Calcestruzzo muri

Classe di resistenza	C30/37 $R_{ck} \geq 37 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione ambientale	XC4
Copriferro nominale minimo	40 mm

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

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	30.71 N/mm^2
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	38.71 N/mm^2
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	17.4 N/mm^2

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	2.94 N/mm ²
$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$	2.06 N/mm ²
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.37 N/mm ²
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$	3.53 N/mm ²
$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$	2.47 N/mm ²
$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$	33019.43 N/mm ²

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:	10	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C30/37	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Tolleranza di posa:	10	[mm]

Copriferro staffe:

Copriferro minimo c_{min} :	30	[mm]
Copriferro nominale Netto Staffe:	40	[mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	60	[mm]
Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale:	70	[mm]

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

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	24	[mm]
Diametro staffe:	12	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C30/37	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Tolleranza di posa:	10	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Copriferro staffe:

Copriferro minimo c_{min} : 40 [mm]

Copriferro nominale Netto Staffe: 50 [mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 62 [mm]

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 74 [mm]

Elemento strutturale: fondazione ed elevazione muro di sostegno – muro tipo 3

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali: 22 [mm]

Diametro staffe: 12 [mm]

Classe Calcestruzzo: C30/37

Condizioni ambientali: Aggressive

Vita nominale costruzione: 75 [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: 62 [mm]

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 73 [mm]

5.3 Acciaio d'armatura

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

$f_{y, nom}$ 450 N/mm²

$f_{t, nom}$ 540 N/mm²

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
SOTTOVIA

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	15 di 223

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$$

391.3 N/mm²

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

0.186%

 <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) SOTTOVIA</p>					
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL 31 00 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 16 di 223</p>

5.4 Verifica S.L.E.

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.

5.4.1 Verifica 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 RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18"

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 $0.75 f_{yk}$

Nel caso in esame pertanto si ha:

CALCESTRUZZO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

$$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} \qquad 18.26 \text{ N/mm}^2$$

Massima tensione allo SLE per combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} \qquad 13.28 \text{ N/mm}^2$$

ACCIAIO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

$$\sigma_s = 0.75 f_{yk} \qquad 337.5 \text{ N/mm}^2$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

5.4.2 Verifica a fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente [NTC – Tabella 4.1.IV]:

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

Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

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

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 aggiungono in tal caso quelle fornite dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2018, 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) $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica, alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento, nel tratto in esame la stratigrafia è costituita da:

- coltre detritico – colluviale e/o eluvio – colluviale: argille limose e sabbiose (c);
- depositi alluvionali: limi e limi argillosi con subordinate sabbie limose (a2);
- formazione Terravecchia: sabbie e arenarie con intercalazioni di conglomerati (TRVa);
- formazione di Terravecchia: argille limose e argille marnose (TRV).

L'opera si fonda rispetto al piano campagna ad una profondità massima di circa 3.5 m pertanto si assume come riferimento il terreno di fondazione tipo a2.

Per cui si considerano seguenti parametri meccanici:

profondità	U.G.	γ	c'	c_u	ϕ'	E
	[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]
da p.c. a – 1.1 m	c	19	0	0	20	75
da -1.1 a – 5.5 m	a2	19.0	10	75	26	70
Falda a –1.5 m da p.c.						

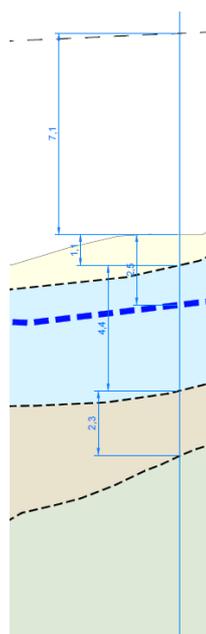


Figura 5 – Profilo geotecnico in asse al sottovia

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A	FOGLIO 19 di 223

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

7.1 Vita nominale e classe d'uso

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

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

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

7.2 Parametri di pericolosità sismica

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

Categoria sottosuolo E

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottengono per il sito in esame i valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T_C^*):

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

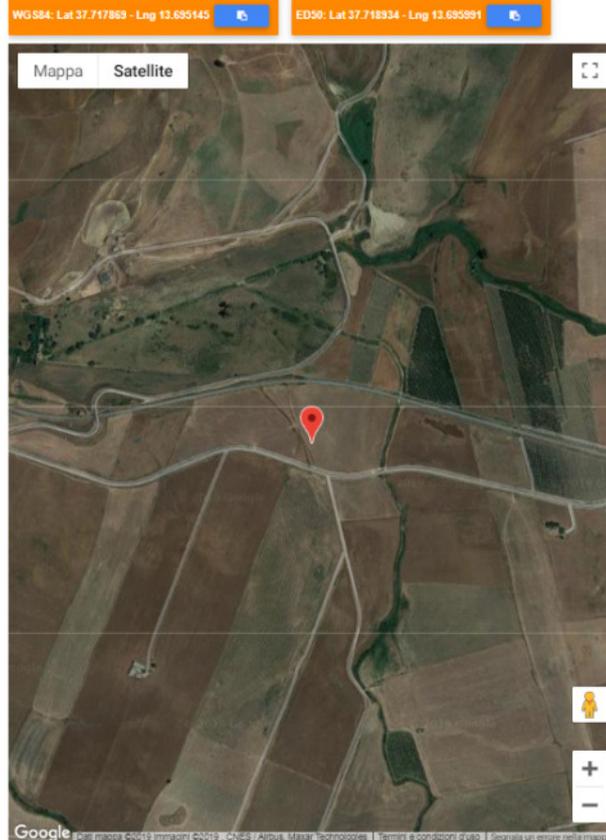
F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	20 di 223



Stati limite



Classe Edificio

III. Affollamento significativo...



Vita Nominale

75



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	68	0.045	2.442	0.276
Danno (SLD)	113	0.054	2.473	0.299
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.108	2.648	0.383
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.130	2.706	0.407
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	112.5			

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	21 di 223

Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 1  0.1

 Cat. Sottosuolo E

 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,60
CC Coeff. funz categoria	1,92	1,86	1,69	1,65
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	0.014	0.017	0.042	0.050
kv	0.007	0.009	0.021	0.025
Amax [m/s ²]	0.707	0.854	1.698	2.040
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8. PROGETTO E VERIFICA DELLA STRUTTURA SCATOLARE SL31

8.1 Modellazione adottata

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

La costante di Winkler si calcola tramite la formula:

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

con:

$E = 70 \text{ Mpa}$ modulo elastico del terreno

$\nu = 0.5$ Coefficiente di Poisson del terreno

$$E' = \frac{1 - \nu^2}{E} = 0.0107$$

$$I_s = I_1 + \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} I_2 = 0.203 \quad \text{Coefficiente di Steinbrenner}$$

$IF = 0.50$ Coefficiente di forma (vedi Figura 6)

$$I_1 = \frac{1}{\pi} \left[M \ln \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{M^2 + N^2}}{M (1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \ln \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right] = 0.20$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \tan^{-1} \frac{M}{N \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} = 0.073$$

$B = 11.6 \text{ m}$ Larghezza della soletta di fondo

$B' = B/2 = 5.80 \text{ m}$ per I_i relativi al centro

$N = H/B' = 2.00 \text{ m}$ per I_i relativi al centro

$M = L'/B' = 1.181 \text{ m}$ per I_i relativi al centro

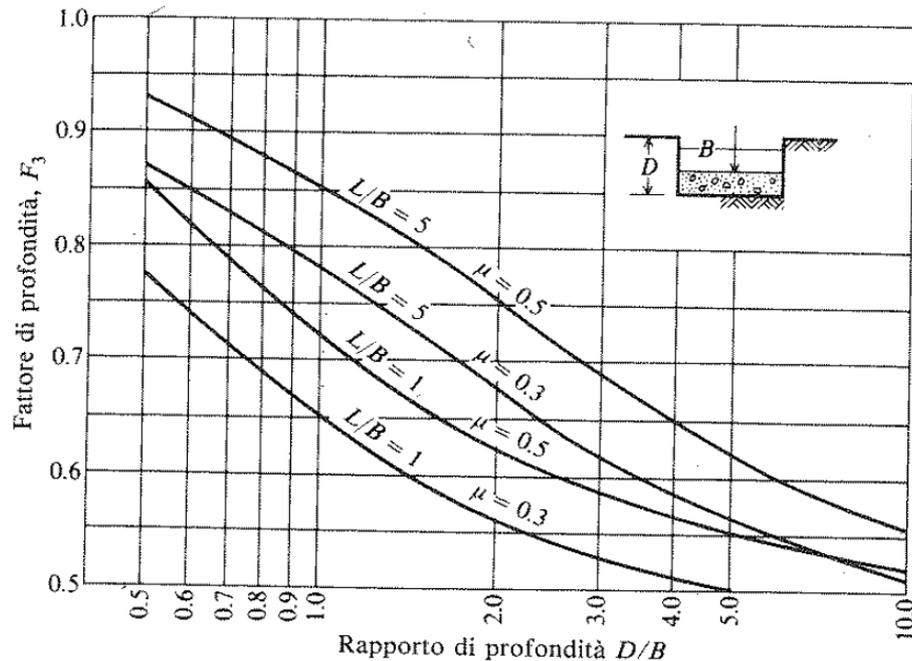


Figura 6 – Coefficiente di influenza I_f per una fondazione collocata a profondità D

Sostituendo i valori nella formula precedente si ricava $k = 39621$ kN/mc arrotondato a 40000 kN/mc. La costante elastica viene applicata ai nodi dell'elemento frame con cui viene modellata la soletta di fondo differenziando la rigidità delle molle dei nodi centrali da quelli laterali e da quelli di spigolo.

PER I SOLI SCATOLARI E' POSSIBILE DIFFERENZIARE IL VALORE DELLA RIGIDEZZA DELLE MOLLE IN FUNZIONE DELLA DISTANZA DAI PIEDRITTI			
n	10	numero di elementi di divisione della soletta inf.	
ks	40000 kN/m ³		
Lint	9 m	larghezza interna dello scatolare	
Sp	1 m	spessore dei piedritti	
RIGIDEZZA MOLLE CENTRALI		(Ad esempio se n=10 si considerano le 5 molle centrali)	
K _{centrali}	40000 kN/m		
RIGIDEZZA MOLLE DI SPIGOLO			
K _{spigolo}	80000 kN/m		
RIGIDEZZA MOLLE INTERMEDIE			
K _{intermedie}	60000 kN/m		

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

Lo schema statico impiegato è quello di telaio costituito da elementi frame; in corrispondenza della intersezione tra tali elementi il programma genera in automatico dei nodi per garantire la continuità strutturale. Ad ogni elemento è assegnata la corrispondente sezione rettangolare in calcestruzzo, la cui 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.

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>24 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	24 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	24 di 223								

Al fine di considerare le condizioni maggiormente sfavorevoli per l'opera in esame, si definisce un modello di calcoli in cui la struttura è costituita da uno scatolare la cui dimensione interna è di 9.00 m e l'altezza interna è 6.50 m, con soletta superiore di spessore 1.10 m, piedritti di spessore 1.30 m e soletta inferiore di spessore 1.50 m.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

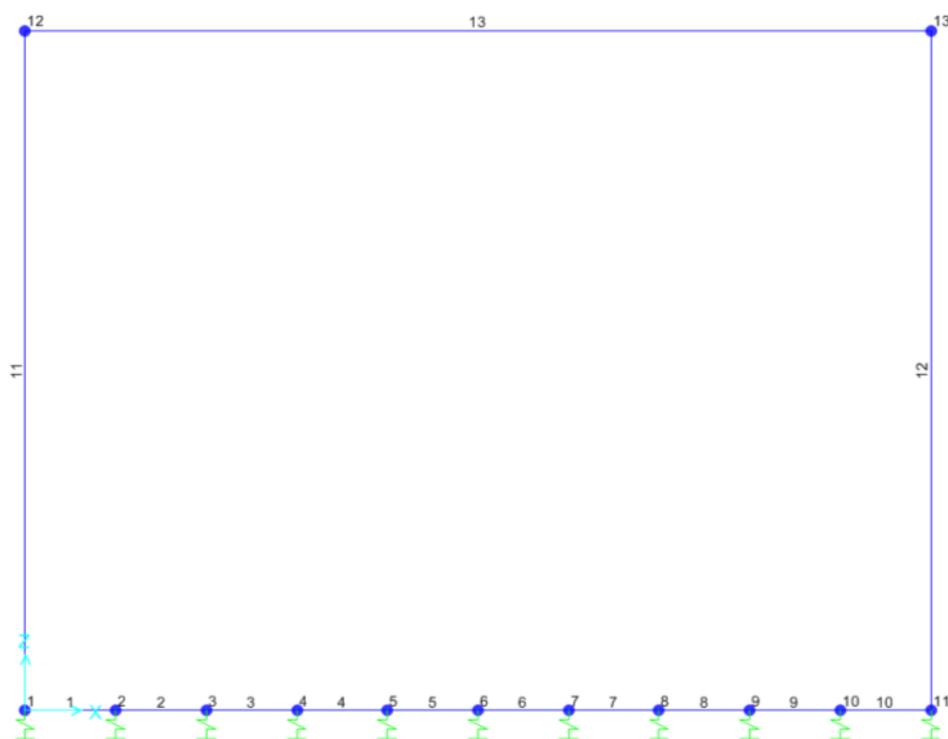


Figura 7 – Modello di calcolo.

La geometria dell'opera, l'ubicazione e le condizioni di carico applicate successivamente, determinano le condizioni più sfavorevoli per le successive verifiche strutturali e geotecniche.

8.1.1 Codice di calcolo

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti:

Titolo SAP2000

Versione 21.0.2 advanced

Distributore CSI Italia

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A	FOGLIO 25 di 223

8.1.2 Tipo di analisi svolta (paragrafo 10.2 del DM 17-01-18)

L'analisi strutturale è condotta con l'ausilio di un codice di calcolo automatico SAP 2000 v21.0.2.

Gli elementi costituenti la struttura dell'impalcato sono stati modellati utilizzando elementi *frame* e sono stati definiti avvalendo l'ipotesi di materiale elastico lineare isotropo in un campo di piccoli spostamenti e deformazioni.

Il calcolo statico della struttura e la verifica delle strutture è stato eseguito secondo *i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni*.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi dinamica lineare con spettro secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Il codice di calcolo SAP è fornito dalla C.S.I. Italia e correttamente licenziato nella versione 21.0.2.

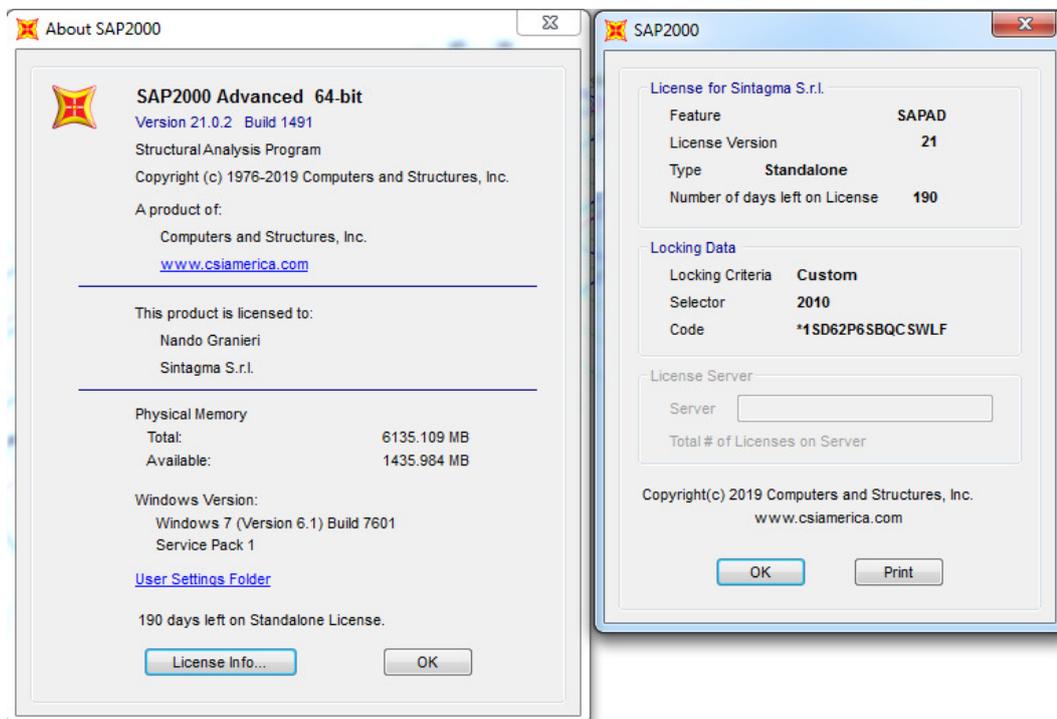
8.1.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

Come detto, per la risoluzione del modello di calcolo si è fatto uso del programma di calcolo SAP2000 NL

Di seguito si riporta una schermata con tutte le informazioni del programma, del produttore e della licenza d'uso:

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>26 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	26 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	26 di 223								



Il produttore fornisce idonea documentazione utile al corretto uso del programma. Sul sito del produttore e' inoltre possibile scaricare la necessaria documentazione utile alla validazione del programma.

8.1.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.2 Analisi dei carichi

8.2.1 *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.

8.2.2 *Carichi permanenti portati*

I carichi permanenti sono costituiti dal peso del ballast che insiste sulla soletta superiore.

γ_1	18 kN/m ³	
S_1	0.85 m	ballast
W_1	15.30 kN/m ²	

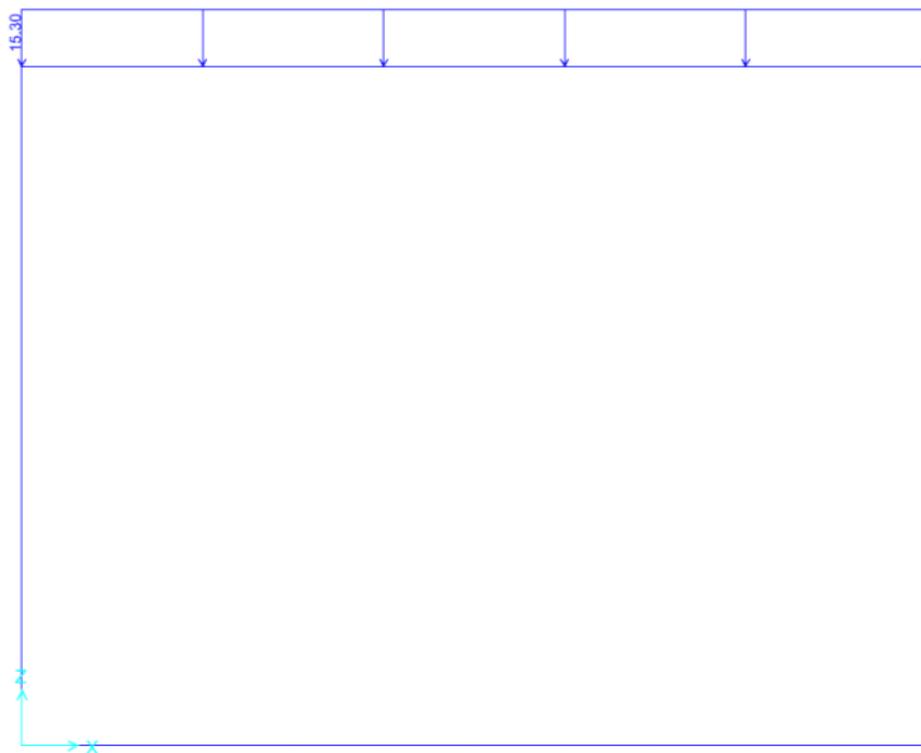


Figura 8 – Carichi permanenti sulla soletta superiore.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.2.3 Spinta del terreno e dell'acqua

Per la valutazione della spinta esercitata dal terreno quest'ultimo è stato considerato in condizioni di riposo pertanto il coefficiente di spinta è dato dalla relazione $k_0 = 1 - \text{sen}\phi'$.

Si assume che il terreno agisca per tutta l'altezza del paramento, fino alla quota del piano del ferro. Essendo la quota della falda approssimativamente coincidente con l'asse della soletta di fondo si trascura la spinta dell'acqua agente sulla soletta di fondo.

Di seguito il calcolo delle spinte del terreno.

spinta a riposo		
γ_t	22 kN/m ³	peso specifico terreno
ϕ'_k	25 °	angolo attrito caratteristico
ϕ'_d	25.0 °	angolo attrito di progetto
k_0	0.58 -	
h_{sup}	1.40 m	quota metà spessore sol. sup. rispetto p.c.
h_2	7.80 m	distanza assi soletta superiore-inferiore

	$\sigma'_{h,tot}$	
Soletta sup	26.62 kN/m ²	
Soletta in	125.7 kN/m ²	

$F_{t,sup}$	12.72 kN/m	spinta su metà spessore soletta superiore
$F_{t,inf}$	97.84 kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	29 di 223



Figura 9 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro e destro.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.2.4 Sovraccarico ferroviario

Per la valutazione dei carichi verticali sono stati considerati il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale, e il treno di carico SW/2 rappresentativo del traffico pesante.

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

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

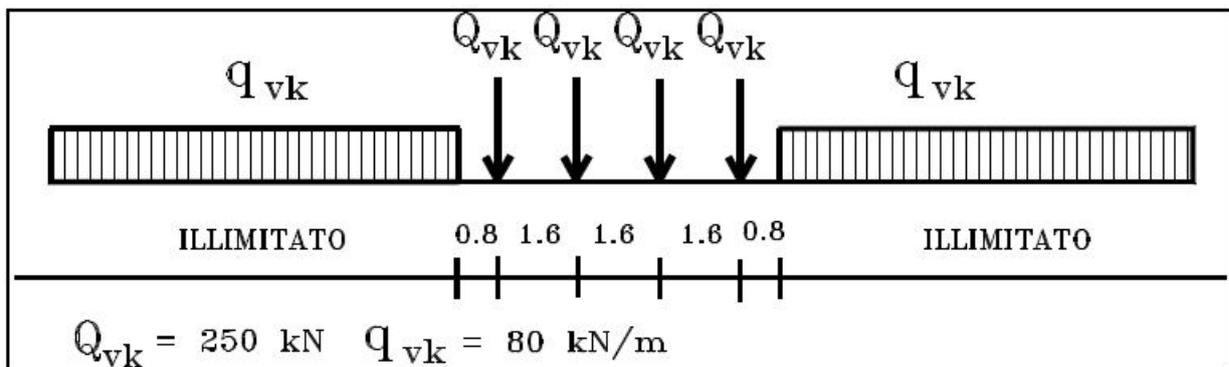
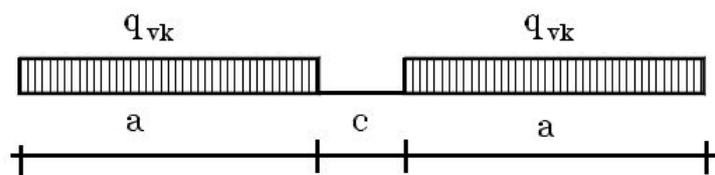


Figura 10 – Treno di carico LM71

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



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

Figura 11 – Treno di carico SW/2.

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

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

Figura 12 – Coefficiente di adattamento α

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Larghezza di ripartizione

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

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.8/4 + 1.10/2) \cdot 2 = 3.93 \text{ m}$$

Esseno i due binari ad una distanza di 4.0 m non si considera la sovrapposizione degli effetti tra i due treni nella sezione di scatolare di larghezza unitaria.

Effetti dinamici

L'applicazione statica dei treni di carico sono incrementate per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli tramite il fattore:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 \quad 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00$$

Si assume:

$$L_\phi = k \cdot \frac{1}{n} (L1 + L2 + L3 + \dots) = 1.3 \cdot \frac{1}{3} \cdot (6.5 + 9.0 + 6.5) = 9.53 \text{ m}$$

$$L_\phi = 9.53 \text{ m} \Rightarrow \phi_3 = 1.40$$

I carichi utilizzati sono riepilogati nella Tabella seguente:

Carico variabile verticale agente alla quota del piano medio della soletta agente su L_d	
LM71 assi	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d \cdot 1.40 = 61.45 \text{ kN/m}$
LM71 distribuito	$q_{v2} = 80 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d \cdot 1.40 = 31.46 \text{ kN/m}$
SW/2	$q_v = 150 \cdot 1.0 / L_d \cdot 1.40 = 53.63 \text{ kN/m}$

Nel modello di calcolo i carichi associati ai treni vengono applicati nelle posizioni più gravose.

Azione laterale (serpeggio)

L'azione del serpeggio è un carico concentrato, pari a 100 kN agente orizzontalmente e applicato alla sommità della rotaia più alta; il suddetto carico è un'azione ortogonale alla sezione trasversale oggetto di modellazione pertanto non viene preso in considerazione ai fini delle analisi.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Azioni longitudinali di avviamento e frenatura

Le azioni di frenatura e di avviamento sono applicate alla sommità del binario. I valori presi in considerazione, considerando la lunghezza della soletta di copertura $L = 44.00$ m sono i seguenti:

avviamento (tutti):	$Q_{la}=33 \cdot L = 340$ kN < 1000 kN
frenatura LM71, SW/0	$Q_{lf}=20 \cdot L = 206$ kN
frenatura SW/2	$Q_{lf}=35 \cdot L = 361$ kN

Essendo il carico di avviamento inferiore del limite prescritto dal manuale 0 viene assunto pari al valore calcolato.

frenatura / avviamento		
L	10.3 m	luce scatolare
d_Pf-asse	1.4 m	quota di applicazione del carico
AVV/FR_LM71	340 kN	carico distribuito longitudinale
AVV/FR_SW2	361 kN	carico distribuito longitudinale
AVV/FR_LM71	8.41 11.77	carico distribuito longitudinale (Fx, My)
AVV/FR_SW2	8.92 12.48	carico distribuito longitudinale (Fx, My)

8.2.5 Incremento spinta sovracc. accidentale

L'incremento di spinta del terreno sul piedritto di sinistra associato al passaggio dei convogli è valutato differentemente a seconda del convoglio considerato ed è applicato solo nelle configurazioni compatibili.

q_{vk}	31.46 kN/m ²	carico distribuito esterno LM71
σ_h	18.16 kN/m ²	
F_{sup}	9.99 kN/m	spinta su metà spessore soletta superiore
F_{inf}	13.62 kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
q_{vk}	53.63 kN/m ²	carico distribuito esterno SW/2
σ_h	30.96 kN/m ²	
F_{sup}	17.03 kN/m	spinta su metà spessore soletta superiore
F_{inf}	23.22 kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	33 di 223

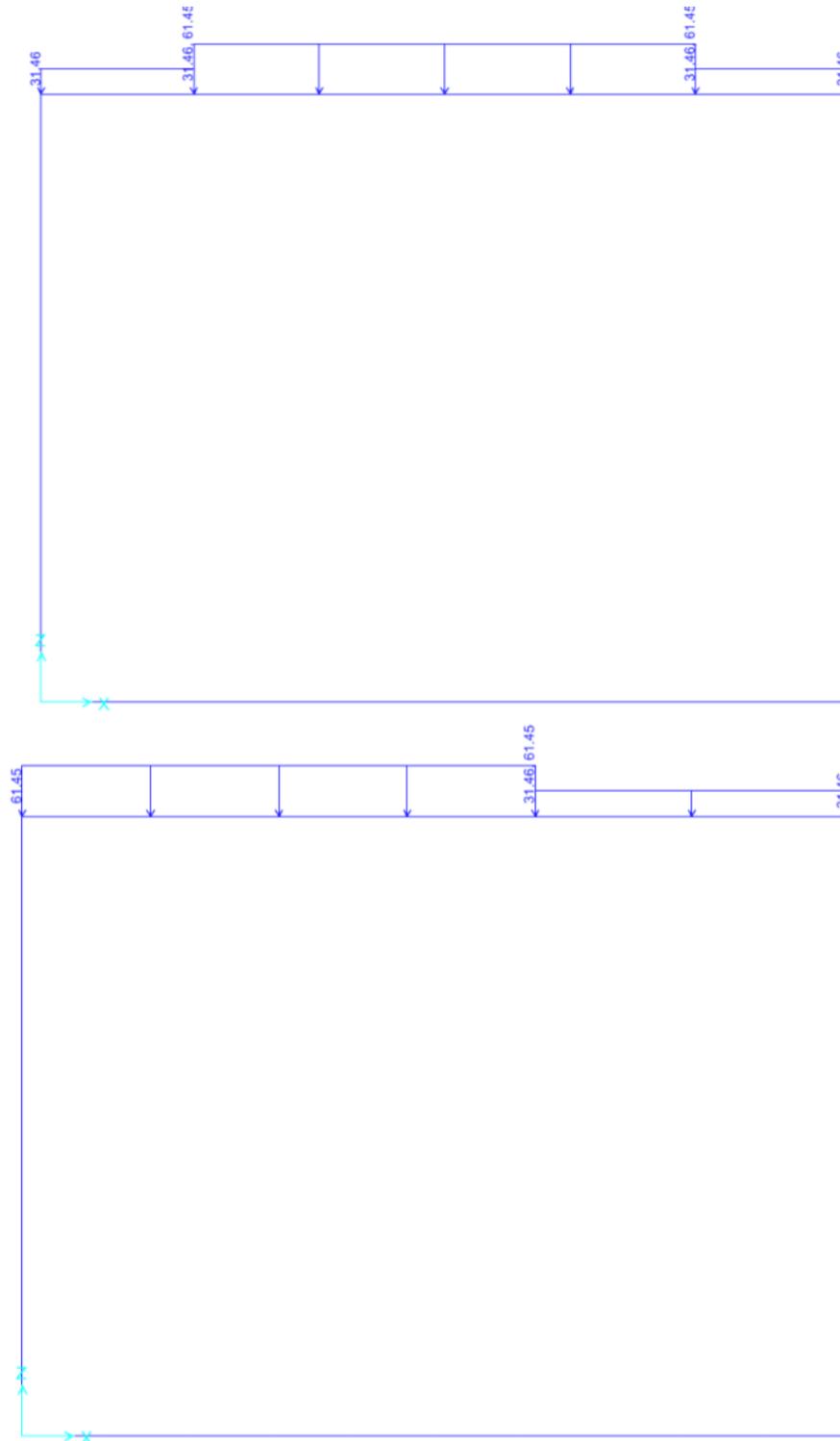


Figura 13 – Sovraccarico accidentale sulla soletta superiore in posizione centrata e in posizione decentrata.

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	34 di 223

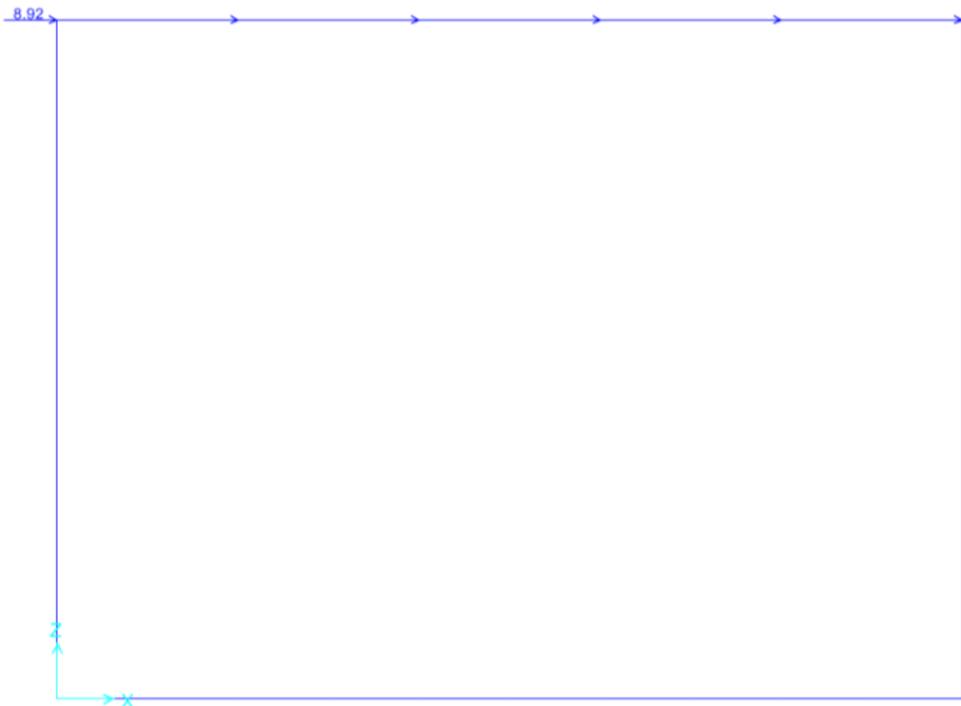
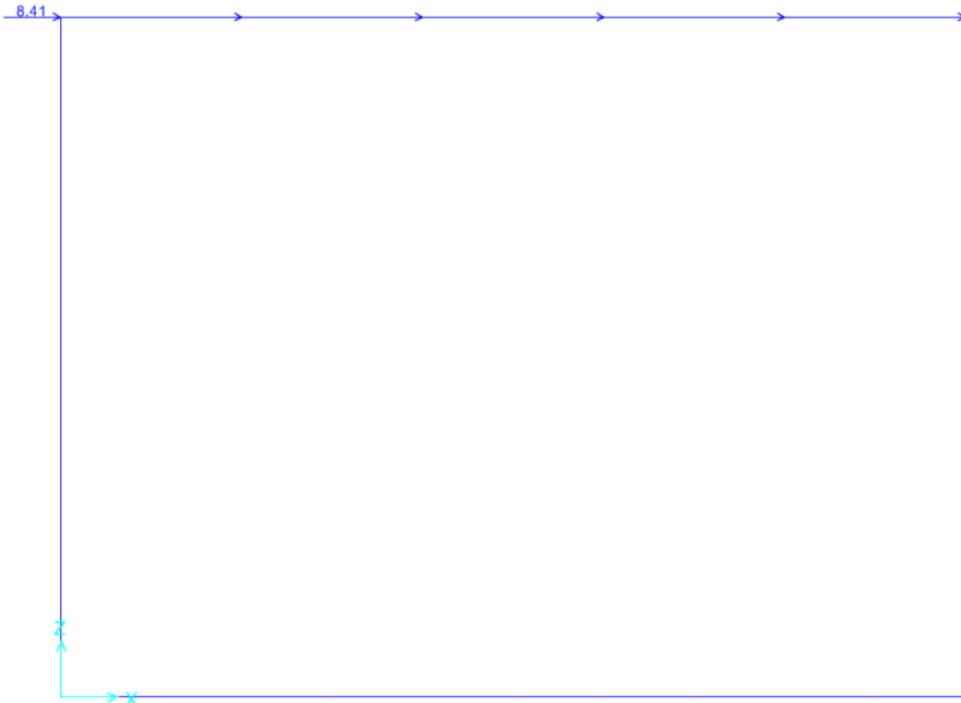


Figura 14 – Forza di frenamento o accelerazione sulla soletta superiore.

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	35 di 223

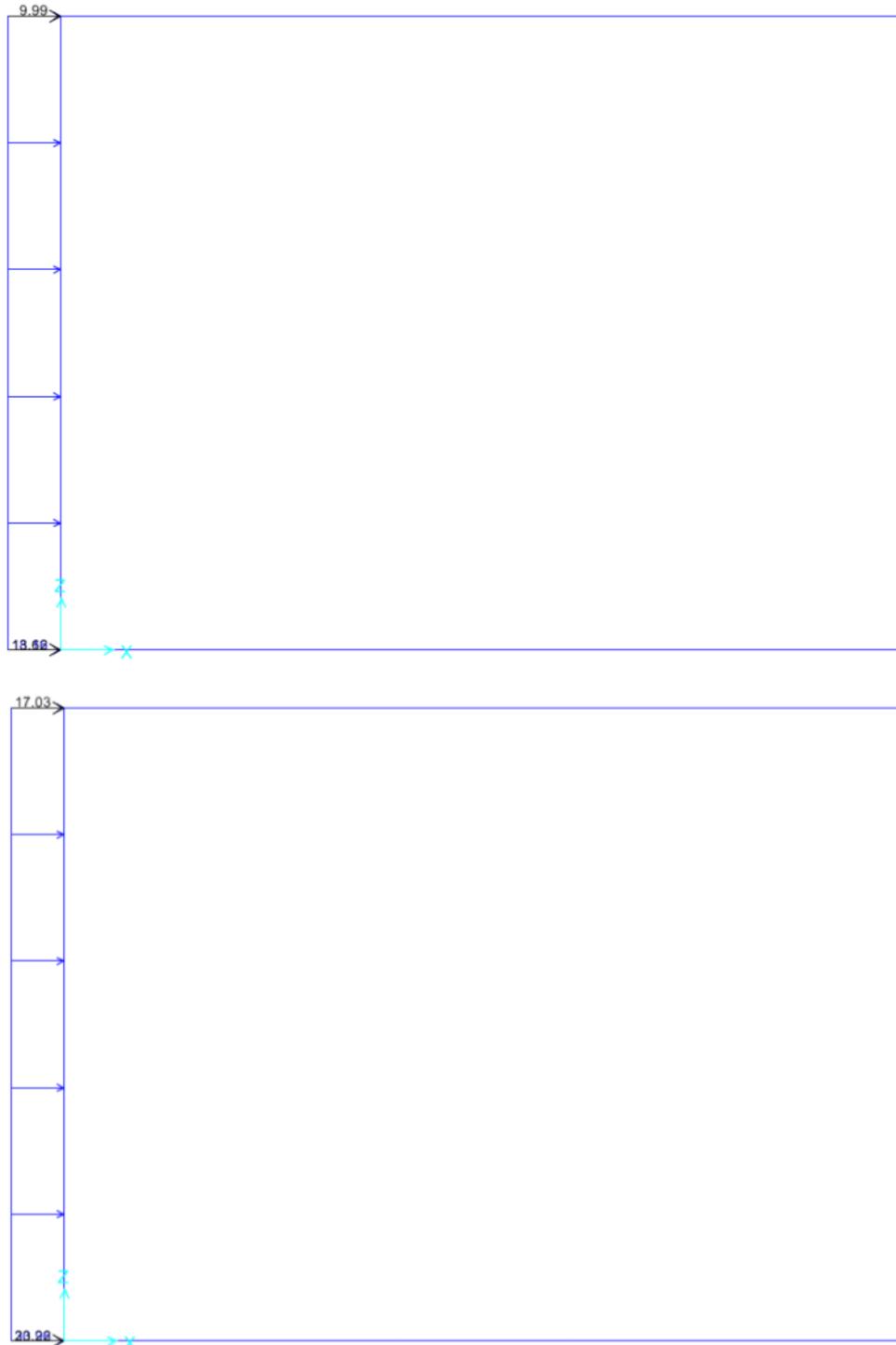


Figura 15 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sovraccarico accidentale.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.2.6 Azioni termiche

Alla soletta superiore è stata applicata una variazione termica uniforme $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$.

8.2.7 Ritiro

Si considera cautelativamente una variazione uniforme di temperatura della soletta di copertura di -12°C .

8.2.8 Azione sismica

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

Nelle espressioni precedenti a_{\max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito mentre 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 delle strutture scatolari, pertanto, 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 $\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H_{\text{tot}} \cdot H_s$ (H_{tot} = distanza p.f. – intradosso soletta inferiore).

a_g	0.108	g
S_S	1.6	
S_T	1	
a_{\max}	0.173	g
β_m	1	

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	37 di 223

k_h	0.173	
k_v	0.086	

Sisma H

soletta sup

$k_h \cdot W_s$	4.75 kN/m ²	peso proprio
$k_h \cdot (W_1 + W_2)$	2.64 kN/m ²	perm portati
	7.40 kN/m ²	totale peso proprio, perm portati

piedritti

$k_h \cdot W_p$	5.62	peso proprio
-----------------	------	--------------

sovrasp. sismica (Wood)

h_{scat}	9.1 m	
h_{tot}	9.1 m	altezza scatolare + ricoprimento
Δp_d	34.59 kN/m ²	
F_{pd}	19.03 kN/m	forza concentrata agente su metà spessore soletta sup

Sisma V

soletta sup

$k_v \cdot W_s$	2.38 kN/m ²	peso proprio
$k_v \cdot (W_1 + W_2)$	1.32 kN/m ²	perm portati
$k_v \cdot (\text{treno sis})$	0.54 kN/m ²	treno sismico 20%
	4.24 kN/m ²	totale peso proprio, perm portati

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	38 di 223

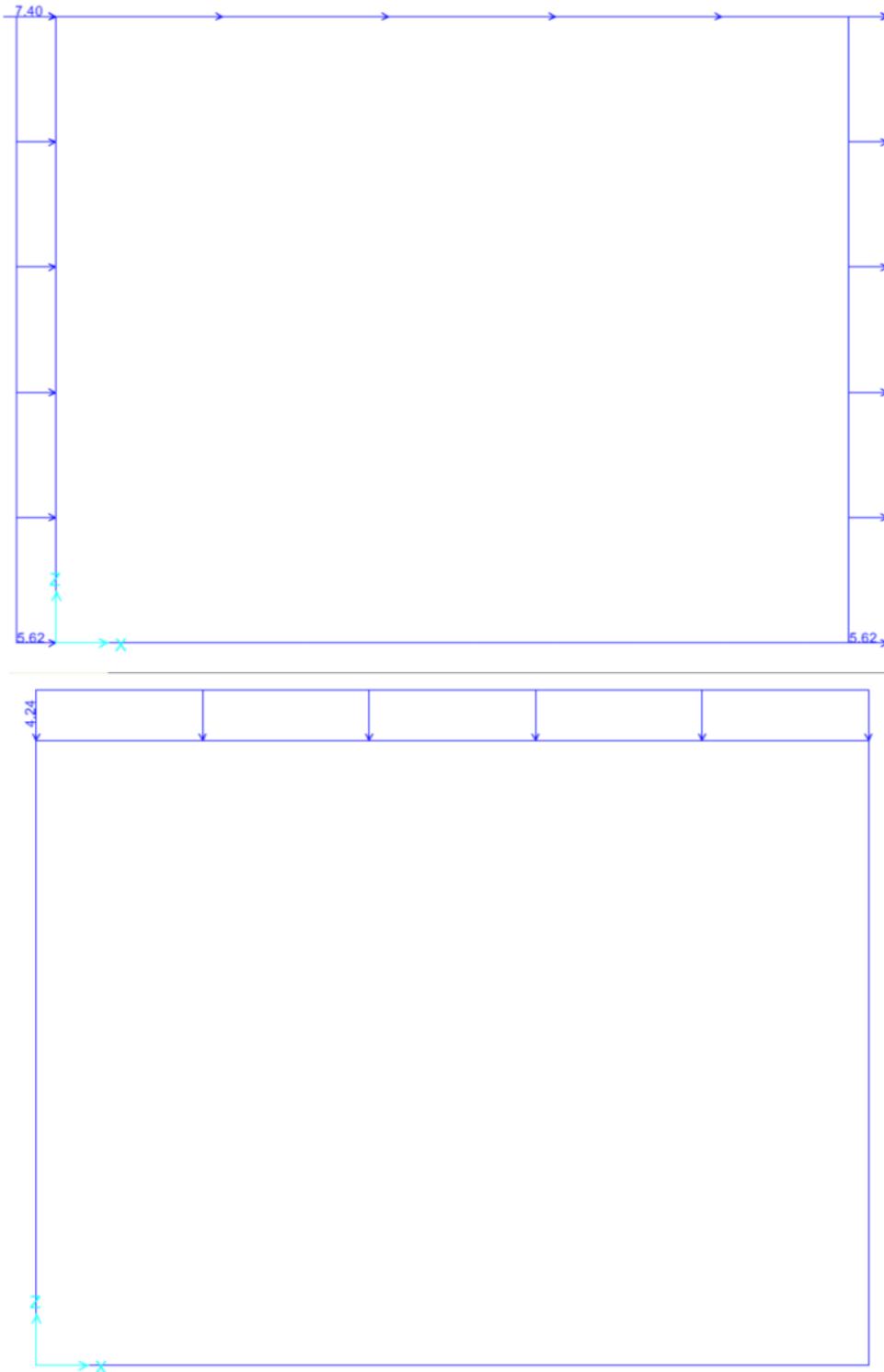


Figura 16 – Sisma orizzontale e verticale.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A



Figura 17 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

8.3 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:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

dove:

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

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

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

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
ballast	ballast
spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro	spinta_terr
treno LM71 nelle due configurazioni peggiori	LM71_1 LM71_2
treno SW/2 nella configurazione peggiore	SW/2
incremento di spinta dovuta al carico LM71 sul piedritto sinistro	spinta_LM71
incremento di spinta dovuta al carico SW/2 sul piedritto sinistro	spinta_SW/2
azione orizzontale di frenatura/avviamento sulla soletta superiore LM71	AVV/FR_LM71
azione orizzontale di frenatura/avviamento sulla soletta superiore SW/2	AVV/FR_SW/2
variazione termica uniforme	termica_uniforme
ritiro della soletta superiore	Ritiro
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_H
incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma	sovraspinta_sismica
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_V

Tabella 2 – Riepilogo carichi.

I carichi ferroviari sono stati raggruppati secondo quanto riportato nella tabella 5.2.IV del Manuale di Progettazione RFI DTC SI MA IFS 001 C. Ciascun gruppo considera come carico verticale associato al traffico del convoglio l'involuppo dei risultati delle diverse configurazioni.

TABLE: Tables Automatically Saved After Analysis				
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseName	ScaleFactor
env_LM71	Envelope	No	LM71_1	1
env_LM71			LM71_2	1
env_SW2	Envelope	No	SW/2	1

TABLE: Tables Automatically Saved After Analysis				
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseName	ScaleFactor
gr1_LM71	Linear Add	No	env_LM71	1
gr1_LM71			AVV/FR_LM71	0.5
gr1_LM71			spinta_LM71	1
gr1_SW2	Linear Add	No	env_SW2	1
gr1_SW2			AVV/FR_SW2	0.5
gr1_SW2			spinta_SW2	1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

termica_uniforme	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ritiro	1.5	1.5	1.5	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9
sisma_H	0	0	0	0	0	0	0	0
sovraspinta_sismica	0	0	0	0	0	0	0	0
sisma_V	0	0	0	0	0	0	0	0

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

	SIS_1	SIS_2	SIS_4	SIS_5	SIS_7	SIS_8	SIS_10	SIS_11
dead	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_terr	1	1	1	1	1	1	1	1
gr1_LM71	0.2				0.2			
gr1_SW2		0.2				0.2		
gr3_LM71			0.2				0.2	
gr3_SW2				0.2				0.2
gr4_LM71								
gr4_SW2								
termica_uniforme	0	0	0	0	0	0	0	0
ritiro	0	0	0	0	0	0	0	0
sisma_H	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33	0.33
sovraspinta_sismica	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33	0.33
sisma_V	0.33	0.33	0.33	0.33	1	1	1	1

Tabella 5 – Combinazioni di carico agli SLV.

	RAR_1	RAR_2	RAR_4	RAR_5	RAR_7	RAR_8
dead	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1
spinta_terr	1	1	1	1	1	1
gr1_LM71						
gr1_SW2						
gr3_LM71						
gr3_SW2						
gr4_LM71	1		0.8		0.8	
gr4_SW2		1		0.8		0.8
termica_uniforme	0.9	0.9	1.5	1.5	0.9	0.9
ritiro	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	1.5
sisma_H	0	0	0	0	0	0
sovraspinta_sismica	0	0	0	0	0	0
sisma_V	0	0	0	0	0	0

Tabella 6 – Combinazioni di carico agli SLE RARA

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>43 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	43 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	43 di 223								

8.4 Risultati e verifiche

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

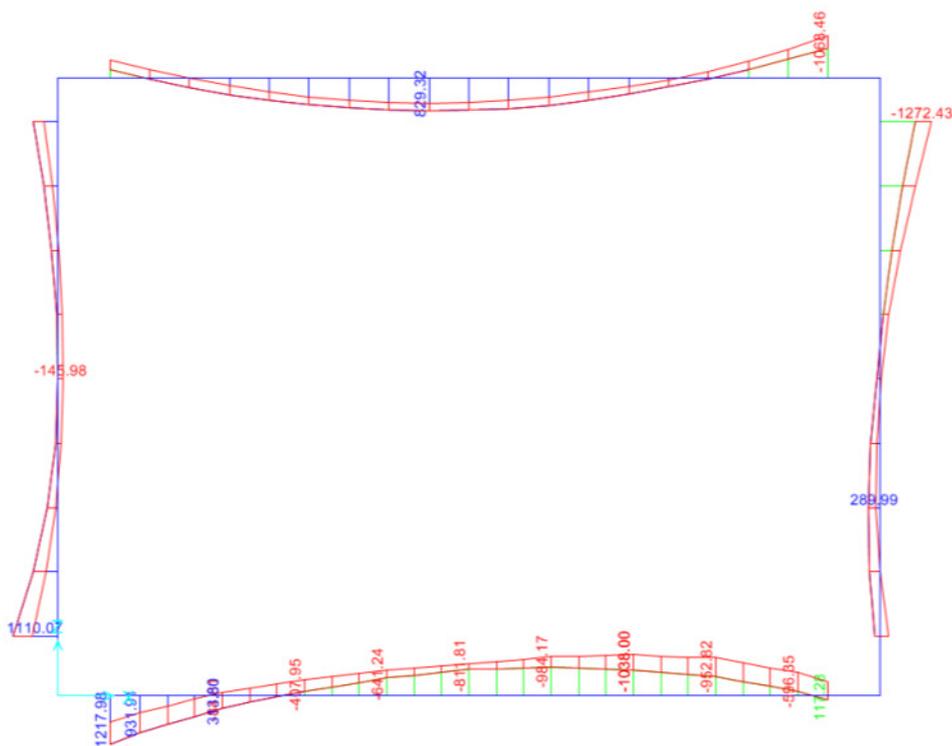


Figura 18 – Momento flettente enve-SLU.

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	44 di 223

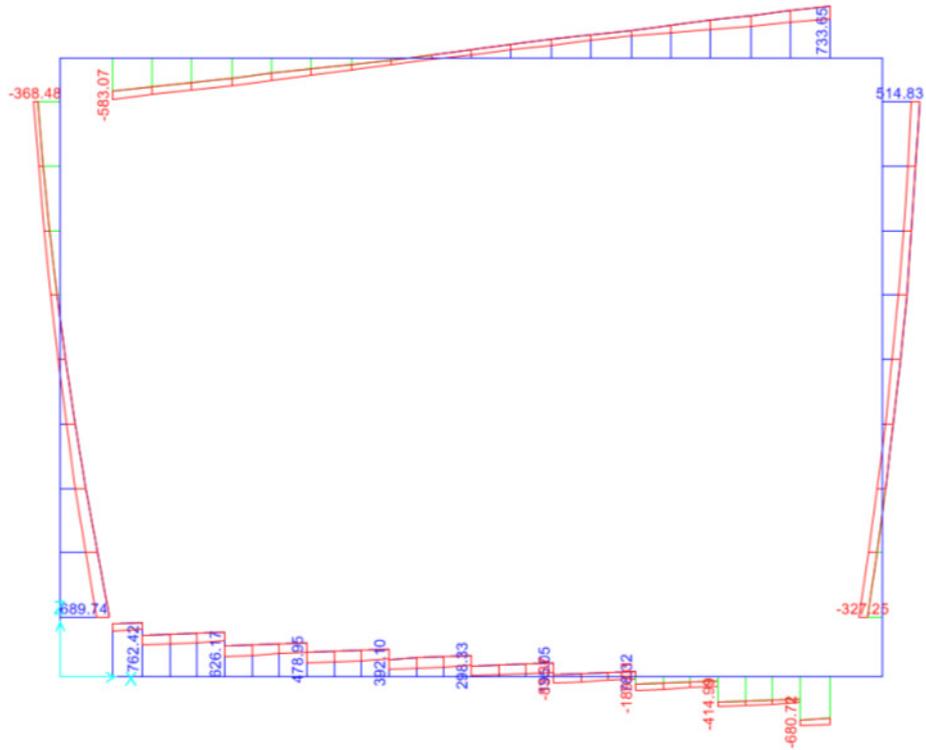


Figura 19 – Taglio enve-SLU.

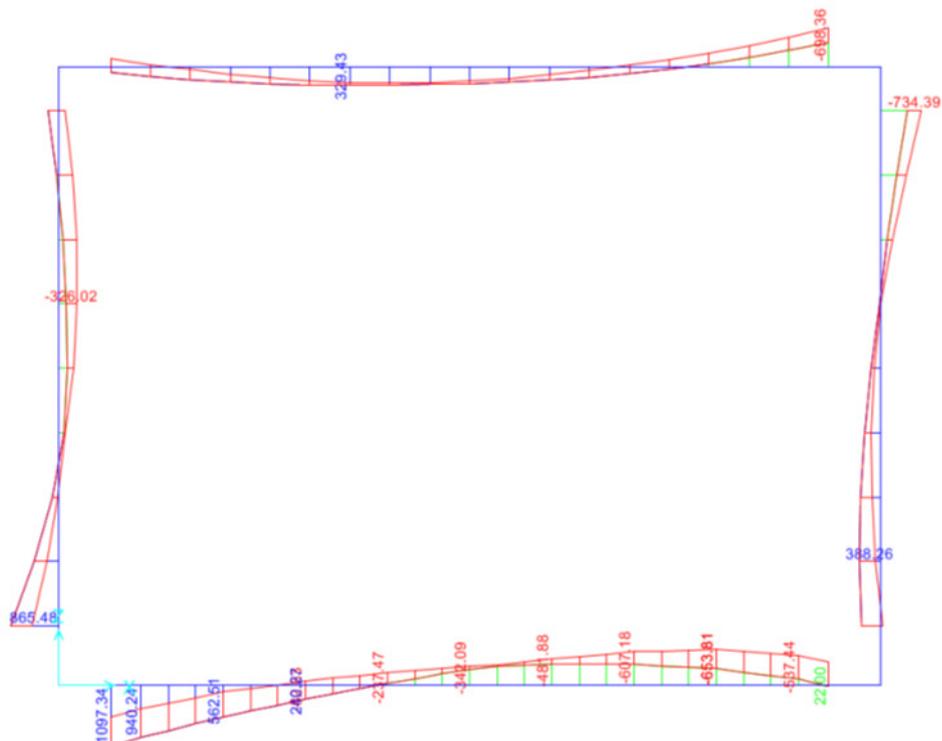


Figura 20 – Momento flettente enve-SLV.

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	45 di 223

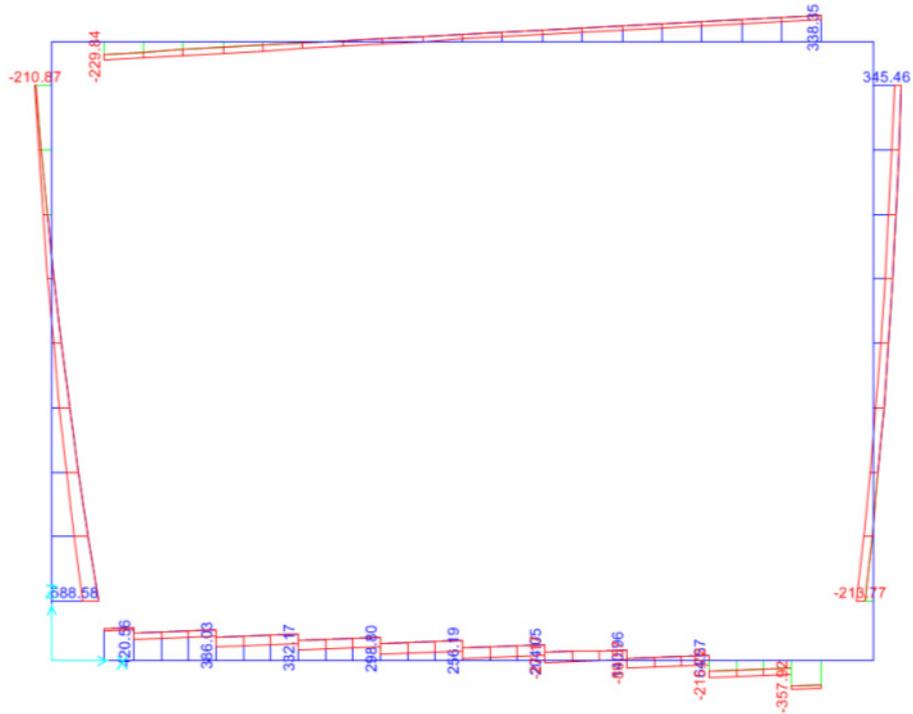


Figura 21 – Taglio enve-SLV.

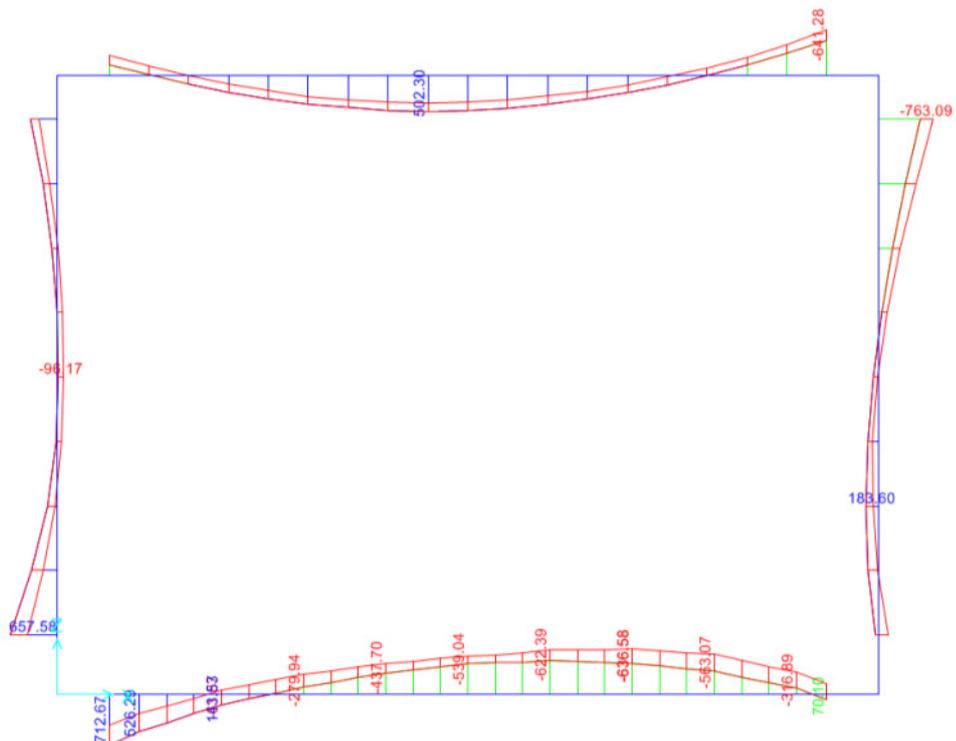


Figura 22 – Momento flettente enve-SLE.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.4.1 Verifica soletta superiore

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	-305.33	7.06	329.43	13	3.65	SIS_4
M3	min	-365.68	338.36	-698.36	13	9.65	SIS_5
V2	max	-365.68	338.36	-698.36	13	9.65	SIS_5
V2	min	-258.40	-229.84	-153.07	13	0.65	SIS_7
P	max	-253.74	-221.99	-133.27	13	0.65	SIS_10
P	min	-365.68	338.36	-698.36	13	9.65	SIS_5

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-446.90	42.83	829.32	13	4.65	STR_4
M3	min	-550.35	733.65	-1068.46	13	9.65	STR_5
V2	max	-550.35	733.65	-1068.46	13	9.65	STR_5
V2	min	-431.91	-583.07	-432.80	13	0.65	STR_1
P	max	-377.74	-474.93	-269.58	13	0.65	STR_16
P	min	-550.35	733.65	-1068.46	13	9.65	STR_5

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-288.32	18.80	502.30	13	4.65	RAR_1
M3	min	-345.40	448.21	-641.28	13	9.65	RAR_2
V2	max	-345.40	448.21	-641.28	13	9.65	RAR_2
V2	min	-264.86	-349.01	-239.03	13	0.65	RAR_1
P	max	-245.08	-305.47	-186.45	13	0.65	RAR_7
P	min	-345.40	448.21	-641.28	13	9.65	RAR_2

La soletta superiore è verificata considerando una striscia di elemento strutturale profonda un metro, pertanto le dimensioni della sezione saranno:

$$h = 110 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

La sezione è armata con barre $\Phi 26/10$ sia superiormente che inferiormente, a taglio sono previste staffe $\Phi 12/20$ a 3 braccia. Le armature di ripartizione considerate sono $\Phi 20/20$.

Il copriferro è pari a 83 mm.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Per le verifiche strutturali della soletta di copertura, il contributo fornito dallo sforzo di compressione viene trascurato.

8.4.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_sup

(Percorso File: \\oceanolC0J\Progetto_DEFINITIVO\MODELLI_CALCULO\NV02\rc_seclsol_sup.sez)

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.33	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.67	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:	333458	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.24	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

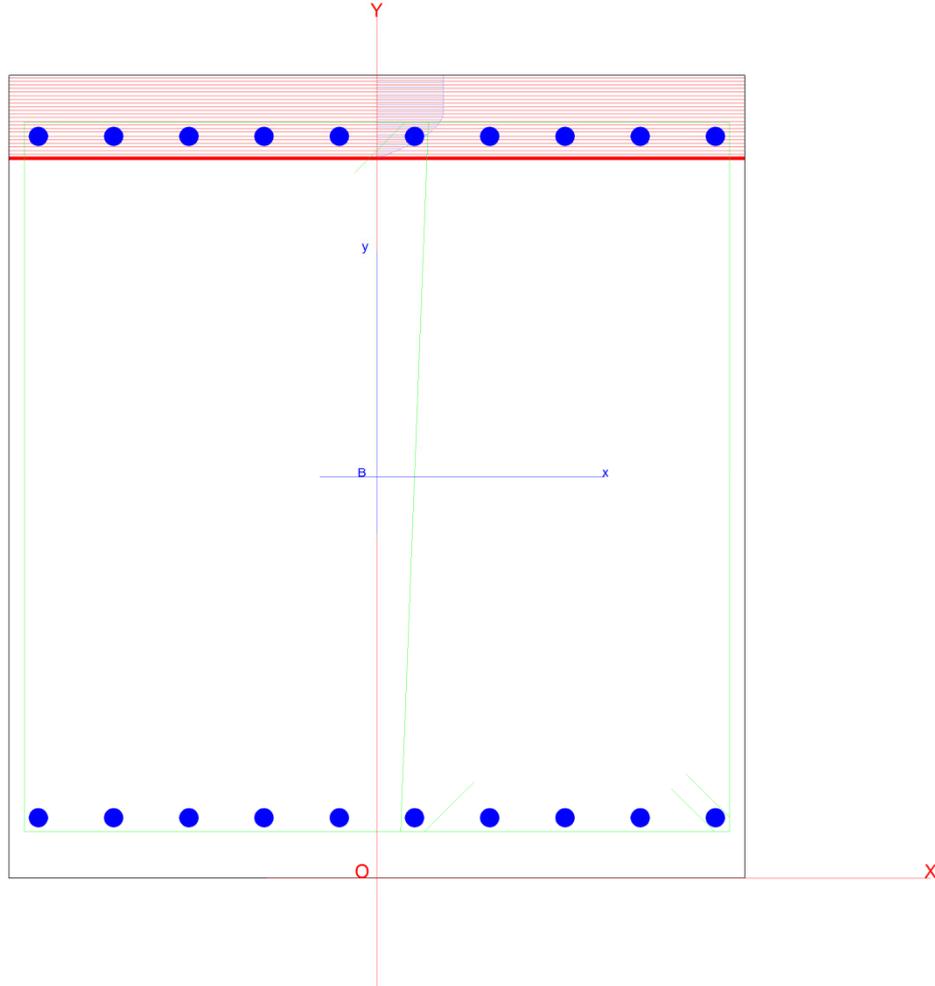
Base:	100.0	cm
Altezza:	110.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	48 di 223

Nome sezione: sol_sup Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre Tong.: 2.7 cm Coprif. netto staffe: 1.5 cm



CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	82932	4283	0
2	0	-106846	73365	0
3	0	-106846	73365	0
4	0	-43280	-58307	0
5	0	-26958	-47493	0
6	0	-106846	73365	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

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	49 di 223

N°Comb.	N	Mx
1	28832	50230
2	0	-64128
3	0	-64128
4	0	-23903
5	0	-18645
6	0	-64128

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	1.5	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	0	82932	-9	213089	2.569	99.7	0.10	0.70	53.1 (17.8)
2	S	0	-106846	-9	-213089	1.994	10.3	0.10	0.70	53.1 (17.8)
3	S	0	-106846	-9	-213089	1.994	10.3	0.10	0.70	53.1 (17.8)
4	S	0	-43280	-9	-213089	4.923	10.3	0.10	0.70	53.1 (17.8)
5	S	0	-26958	-9	-213089	7.904	10.3	0.10	0.70	53.1 (17.8)
6	S	0	-106846	-9	-213089	1.994	10.3	0.10	0.70	53.1 (17.8)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	110.0	0.00067	101.7	-0.03118	8.3
2	0.00350	0.0	0.00067	8.3	-0.03118	101.7
3	0.00350	0.0	0.00067	8.3	-0.03118	101.7
4	0.00350	0.0	0.00067	8.3	-0.03118	101.7
5	0.00350	0.0	0.00067	8.3	-0.03118	101.7
6	0.00350	0.0	0.00067	8.3	-0.03118	101.7

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

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	50 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 22.6 cm]
 N.Bracci staffe: 3
 Area staffe/m : 17.0 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
 Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
 bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	4283	45033	286158	151900	100.0 101.7	2.500	1.000	0.5
2	S	73365	45033	286158	151900	100.0 101.7	2.500	1.000	8.2
3	S	73365	45033	286158	151900	100.0 101.7	2.500	1.000	8.2
4	S	-58307	45033	286158	151900	100.0 101.7	2.500	1.000	6.5
5	S	-47493	45033	286158	151900	100.0 101.7	2.500	1.000	5.3
6	S	73365	45033	286158	151900	100.0 101.7	2.500	1.000	8.2

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+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	28.9	110.0	0.0	73.7	-782	101.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	34.5	0.0	0.0	28.9	-1306	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	34.5	0.0	0.0	28.9	-1306	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	13.0	0.0	0.0	29.1	-487	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	10.1	0.0	0.0	29.1	-380	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	34.5	0.0	0.0	28.9	-1306	8.3	20.8	2075	53.1	9.3

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

Ver Esito verifica
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 e3 Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
 K2 = (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
--------	-----	----	----	----	----	----	------	-----	----	---------



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
 SOTTOVIA

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	51 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

1	S	-0.00044	0.00022	-0.00032	0.86	0.60	0.000235 (0.000235)	535	0.125 (990.00)	91077
2	S	-0.00073	0.00026	-0.00054	0.87	0.60	0.000392 (0.000392)	539	0.211 (990.00)	-80083
3	S	-0.00073	0.00026	-0.00054	0.87	0.60	0.000392 (0.000392)	539	0.211 (990.00)	-80083
4	S	-0.00027	0.00010	-0.00020	0.87	0.60	0.000146 (0.000146)	539	0.079 (990.00)	-80083
5	S	-0.00021	0.00008	-0.00016	0.87	0.60	0.000114 (0.000114)	539	0.061 (990.00)	-80083
6	S	-0.00073	0.00026	-0.00054	0.87	0.60	0.000392 (0.000392)	539	0.211 (990.00)	-80083

8.4.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_sup_sisma

(Percorso File: C:\Commesse\C0J\L3a_SL31\rc_seclsol_sup_sisma.sez)

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.33	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.67	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:	333458	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.24	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	100.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	52 di 223

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	52771	10	0
2	0	-50526	10	0
3	0	45084	10	0
4	0	19899	10	0
5	0	19485	10	0
6	0	25483	10	0
7	0	99515	10	0
8	0	-115267	10	0
9	0	70399	10	0
10	0	74977	10	0
11	0	44900	10	0
12	0	52291	10	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	68207	68987
2	38254	-78085
3	30339	47928
4	38881	52739
5	16381	26630
6	94753	33485

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 1.9 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	52771	-24	189611	3.593	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)
2	S	0	-50526	-24	-189611	3.753	10.2	0.11	0.70	53.1 (16.0)
3	S	0	45084	-24	189611	4.206	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	53 di 223

4	S	0	19899	-24	189611	9.529	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)
5	S	0	19485	-24	189611	9.731	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)
6	S	0	25483	-24	189611	7.441	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)
7	S	0	99515	-24	189611	1.905	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)
8	S	0	-115267	-24	-189611	1.645	10.2	0.11	0.70	53.1 (16.0)
9	S	0	70399	-24	189611	2.693	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)
10	S	0	74977	-24	189611	2.529	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)
11	S	0	44900	-24	189611	4.223	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)
12	S	0	52291	-24	189611	3.626	89.8	0.11	0.70	53.1 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
2	0.00350	0.0	0.00066	8.3	-0.02788	91.7
3	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
4	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
5	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
6	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
7	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
8	0.00350	0.0	0.00066	8.3	-0.02788	91.7
9	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
10	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
11	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3
12	0.00350	100.0	0.00066	91.7	-0.02788	8.3

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

Diametro staffe:	8	mm	
Passo staffe:	6.6	cm	[Passo massimo di normativa = 6.7 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.2	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	10	42716	258021	122975	100.0 91.7	2.500	1.000	0.0
2	S	10	42716	258021	122975	100.0 91.7	2.500	1.000	0.0
3	S	10	42716	258021	122975	100.0 91.7	2.500	1.000	0.0
4	S	10	42716	258021	122975	100.0 91.7	2.500	1.000	0.0

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	54 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

5	S	10	42716	258021	122975	100.0	91.7	2.500	1.000	0.0
6	S	10	42716	258021	122975	100.0	91.7	2.500	1.000	0.0
7	S	10	42716	258021	122975	100.0	91.7	2.500	1.000	0.0
8	S	10	42716	258021	122975	100.0	91.7	2.500	1.000	0.0
9	S	10	42716	258021	122975	100.0	91.7	2.500	1.000	0.0
10	S	10	42716	258021	122975	100.0	91.7	2.500	1.000	0.0
11	S	10	42716	258021	122975	100.0	91.7	2.500	1.000	0.0
12	S	10	42716	258021	122975	100.0	91.7	2.500	1.000	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	48.0	100.0	0.0	61.8	-1008	91.7	20.6	2059	53.1	9.3
2	S	52.3	0.0	0.0	32.2	-1450	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	32.5	100.0	0.0	66.1	-834	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	36.1	100.0	0.0	64.9	-873	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	18.1	100.0	0.0	66.2	-467	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	25.0	100.0	0.0	32.5	-135	91.7	10.8	1084	53.1	9.3

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

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	= (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00058	0.00036	-0.00039	0.83	0.60	0.000302 (0.000302)	524	0.158 (990.00)	82840
2	S	-0.00083	0.00039	-0.00057	0.85	0.60	0.000435 (0.000435)	531	0.231 (990.00)	-74105
3	S	-0.00048	0.00024	-0.00033	0.84	0.60	0.000250 (0.000250)	529	0.132 (990.00)	76417
4	S	-0.00050	0.00027	-0.00034	0.84	0.60	0.000262 (0.000262)	528	0.138 (990.00)	78193
5	S	-0.00027	0.00014	-0.00018	0.84	0.60	0.000140 (0.000140)	529	0.074 (990.00)	76120
6	S	-0.00009	0.00019	-0.00006	0.83	0.60	0.000040 (0.000040)	388	0.016 (990.00)	146629

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.4.2 Verifica piedritti

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	-420.65	588.58	865.48	11	0.75	SIS_5
M3	min	-391.92	345.46	-734.39	12	7.25	SIS_5
V2	max	-420.65	588.58	865.48	11	0.75	SIS_5
V2	min	-556.00	-213.77	-43.08	12	0.75	SIS_7
P	max	-209.24	-197.76	-87.80	11	7.25	SIS_4
P	min	-603.11	-104.80	338.47	12	0.75	SIS_5

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-905.62	689.74	1110.07	11	0.75	STR_5
M3	min	-847.36	514.84	-1272.43	12	7.25	STR_5
V2	max	-905.62	689.74	1110.07	11	0.75	STR_5
V2	min	-587.90	-368.48	486.68	11	7.25	STR_8
P	max	-561.82	-329.81	523.90	11	7.25	STR_10
P	min	-1132.46	-215.34	136.99	12	0.75	STR_5

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-607.81	427.77	657.58	11	0.75	RAR_2
M3	min	-521.78	320.75	-763.09	12	7.25	RAR_2
V2	max	-607.81	427.77	657.58	11	0.75	RAR_2
V2	min	-364.95	-231.61	301.75	11	7.25	RAR_5
P	max	-364.24	-225.02	364.21	11	7.25	RAR_4
P	min	-732.97	-166.03	30.46	12	0.75	RAR_2

I piedritti sono verificati considerando una striscia di elemento strutturale profonda un metro, pertanto le dimensioni della sezione saranno:

$$h = 130 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

I piedritti sono armati con barre $\Phi 24/10$ sia internamente che esternamente, a taglio sono previste staffe $\Phi 12/20$ a 3 braccia. Le armature di ripartizione considerate sono $\Phi 20/20$.

Il copriferro è pari a 83 mm.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.4.2.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied

(Percorso File: \\ceano\CO\J\Progetto_DEFINITIVO\MODELLI_CALCULO\NV02\rc_sec\pied.sez)

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.33	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.67	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:	333458	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.24	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

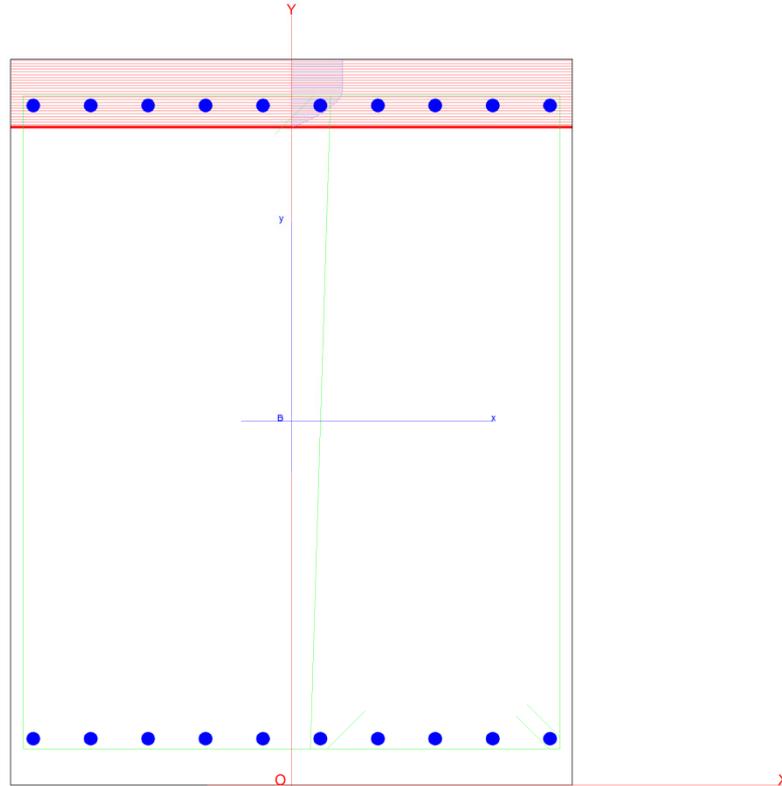
Base:	100.0	cm
Altezza:	130.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	57 di 223

Nome sezione: pied Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 2.8 cm Coprif. netto staffe: 1.6 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	90562	111007	68974	0
2	84736	-127243	51484	0
3	90562	111007	68974	0
4	58790	48668	-36848	0
5	56182	52390	-32981	0
6	113246	13699	-21534	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	60781	65758
2	52178	-76309
3	60781	65758
4	36495	30175

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

5	36424	36421
6	73297	3046

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	1.6	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 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	90562	111007	90555	271431	2.445	117.8	0.10	0.70	45.2 (21.3)
2	S	84736	-127243	84734	-268406	2.109	12.0	0.10	0.70	45.2 (21.3)
3	S	90562	111007	90555	271431	2.445	117.8	0.10	0.70	45.2 (21.3)
4	S	58790	48668	58809	254913	5.238	118.7	0.09	0.70	45.2 (21.3)
5	S	56182	52390	56173	253541	4.839	118.8	0.09	0.70	45.2 (21.3)
6	S	113246	13699	113271	283223	20.675	117.1	0.11	0.70	45.2 (21.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	130.0	0.00111	121.7	-0.03148	8.3
2	0.00350	0.0	0.00108	8.3	-0.03199	121.7
3	0.00350	130.0	0.00111	121.7	-0.03148	8.3
4	0.00350	130.0	0.00092	121.7	-0.03428	8.3
5	0.00350	130.0	0.00091	121.7	-0.03453	8.3
6	0.00350	130.0	0.00124	121.7	-0.02959	8.3

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

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 22.6 cm]
N.Bracci staffe:	3		
Area staffe/m :	17.0	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
-----	--

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	59 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST	
1	S	68974	59569	355589	181772	100.0	121.7	2.500	1.038	6.4
2	S	51484	58751	354743	181772	100.0	121.7	2.500	1.036	4.8
3	S	68974	59569	355589	181772	100.0	121.7	2.500	1.038	6.4
4	S	-36848	55107	350973	181772	100.0	121.7	2.500	1.025	3.4
5	S	-32981	54741	350595	181772	100.0	121.7	2.500	1.024	3.1
6	S	-21534	62754	358884	181772	100.0	121.7	2.500	1.048	2.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm²]
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm²]
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	31.5	130.0	0.0	81.9	-724	121.7	20.8	2075	45.2	9.3
2	S	36.4	0.0	0.0	50.0	-990	8.3	20.8	2075	45.2	9.3
3	S	31.5	130.0	0.0	81.9	-724	121.7	20.8	2075	45.2	9.3
4	S	14.5	130.0	0.0	74.9	-263	121.7	20.8	2075	45.2	9.3
5	S	17.5	130.0	0.0	80.1	-378	121.7	20.8	2075	45.2	9.3
6	S	6.0	130.0	4.2	0.0	65	121.7	0.0	2075	0.0	0.0

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

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e3 Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2 = (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00040	0.00024	-0.00030	0.87	0.60	0.000217 (0.000217)	568	0.123 (990.00)	136018
2	S	-0.00055	0.00027	-0.00042	0.88	0.60	0.000297 (0.000297)	571	0.170 (990.00)	-126486
3	S	-0.00040	0.00024	-0.00030	0.87	0.60	0.000217 (0.000217)	568	0.123 (990.00)	136018
4	S	-0.00015	0.00011	-0.00011	0.86	0.60	0.000079 (0.000079)	564	0.045 (990.00)	149360
5	S	-0.00021	0.00013	-0.00016	0.87	0.60	0.000113 (0.000113)	567	0.064 (990.00)	139325
6	S	0.00003	0.00004		----	----	----	----	----	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.4.2.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: **pie_d_sisma**

(Percorso File: \\oceano\C0J\Progetto_DEFINITIVO\MODELLI_CALCULO\NV02\rc_sec\pie_d_sisma.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Trave
Forma della sezione:	Rettangolare
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:	181.33	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.67	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:	333458	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	30.24	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	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:	130.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	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	42065	86548	58858	0
2	39192	-73439	34546	0
3	42065	86548	58858	0
4	55600	-4308	-21377	0

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

5	20924	-8780	-19776	0
6	60311	33847	-10480	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	1.6	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] 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	42065	86548	42041	220149	2.544	98.5	0.26	0.76	45.2 (21.3)
2	S	39192	-73439	39185	-218713	2.978	31.3	0.26	0.76	45.2 (21.3)
3	S	42065	86548	42041	220149	2.544	98.5	0.26	0.76	45.2 (21.3)
4	S	55600	-4308	55574	-226920	52.674	32.5	0.27	0.77	45.2 (21.3)
5	S	20924	-8780	20918	-209461	23.857	30.0	0.25	0.75	45.2 (21.3)
6	S	60311	33847	60335	229290	6.774	97.2	0.27	0.78	45.2 (21.3)

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	0.00068	130.0	0.00050	121.7	-0.00196	8.3
2	0.00068	0.0	0.00050	8.3	-0.00196	121.7
3	0.00068	130.0	0.00050	121.7	-0.00196	8.3
4	0.00071	0.0	0.00053	8.3	-0.00196	121.7
5	0.00064	0.0	0.00046	8.3	-0.00196	121.7
6	0.00072	130.0	0.00054	121.7	-0.00196	8.3

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

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 22.6 cm]
N.Bracci staffe:	3		
Area staffe/m :	17.0	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	62 di 223

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt	
1	S	58858	52759	348544	181772	100.0	121.7	2.500	1.018	5.5
2	S	34546	52355	348127	181772	100.0	121.7	2.500	1.017	3.2
3	S	58858	52759	348544	181772	100.0	121.7	2.500	1.018	5.5
4	S	-21377	54659	350510	181772	100.0	121.7	2.500	1.024	2.0
5	S	-19776	49790	345473	181772	100.0	121.7	2.500	1.009	1.8
6	S	-10480	55321	351194	181772	100.0	121.7	2.500	1.026	1.0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.4.3 Verifica soletta inferiore

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

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-289.12	406.32	1097.34	1	0.65	SIS_5
M3	min	-289.12	64.57	-653.81	8	1.03	SIS_5
V2	max	-289.12	420.57	940.24	1	1.03	SIS_5
V2	min	-395.26	-357.92	-136.02	10	0.00	SIS_8
P	max	-289.12	406.32	1097.34	1	0.65	SIS_5
P	min	-400.92	379.07	567.05	1	0.65	SIS_7

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-498.15	743.18	1217.98	1	0.65	STR_5
M3	min	-498.15	78.32	-1038.00	7	1.03	STR_5
V2	max	-498.15	762.42	931.91	1	1.03	STR_5
V2	min	-531.35	-680.72	-453.25	10	0.00	STR_2
P	max	-498.15	743.18	1217.98	1	0.65	STR_5
P	min	-610.07	652.46	788.96	1	0.65	STR_13

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-354.57	483.36	712.67	1	0.65	RAR_2
M3	min	-354.57	33.08	-636.58	7	1.03	RAR_2
V2	max	-354.57	497.61	526.29	1	1.03	RAR_2
V2	min	-354.57	-450.89	-316.89	10	0.00	RAR_2
P	max	-354.57	483.36	712.67	1	0.65	RAR_2
P	min	-407.59	435.83	561.17	1	0.65	RAR_7

La soletta inferiore è verificata considerando una striscia di elemento strutturale profonda un metro, pertanto le dimensioni della sezione saranno:

$$h = 150 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

La sezione è armata con barre $\Phi 24/10$ sia superiormente che inferiormente, a taglio sono previste staffe $\Phi 12/20$ a 3 braccia. Le armature di ripartizione considerate sono $\Phi 20/20$.

Il copriferro è pari a 83 mm.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.4.3.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_inf

(Percorso File: \\oceano\C0J\Progetto_DEFINITIVO\MODELLI_CALCULO\NV02\rc_seclsol_inf.sez)

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.33	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.67	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:	333458	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	30.24	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

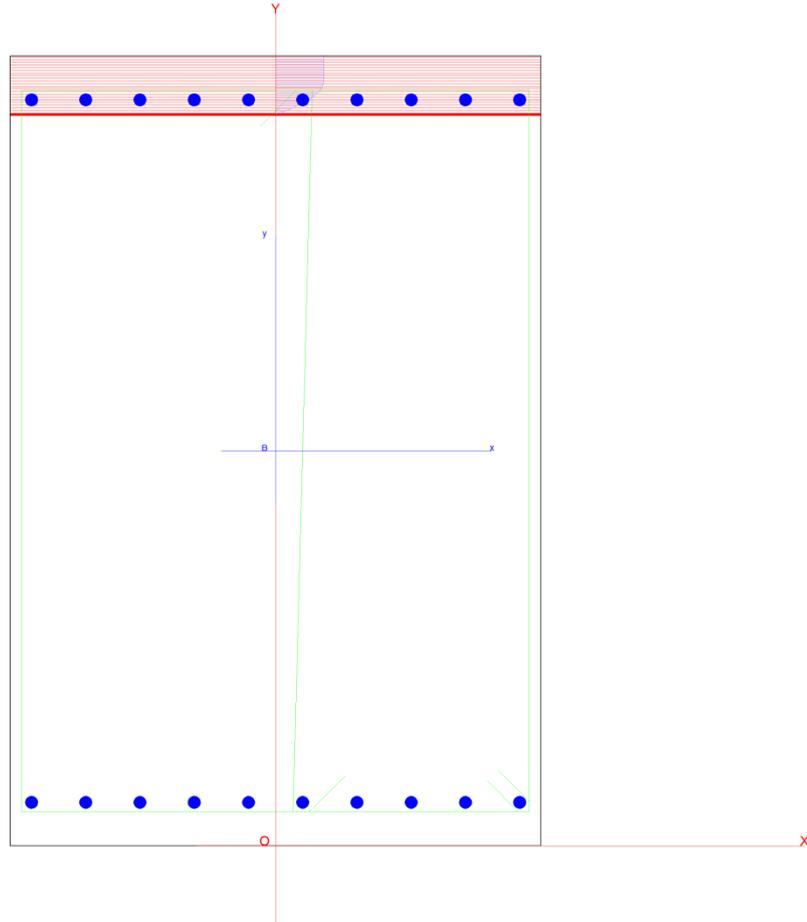
Base:	100.0	cm
Altezza:	150.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	65 di 223

Nome sezione: sol_inf Comb. n. 1 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 2.8 cm Coprif. netto staffe: 1.6 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	49815	121798	74318	0
2	49815	-103800	7832	0
3	49815	93191	76242	0
4	53135	-45325	-68072	0
5	49815	121798	74318	0
6	61007	78896	65246	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	35457	71267
2	35457	-63658

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	66 di 223

3	35457	52629
4	35457	-31689
5	35457	71267
6	40759	56117

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	1.6	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 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	49815	121798	49815	296576	2.435	138.9	0.08	0.70	45.2 (24.8)
2	S	49815	-103800	49815	-296576	2.857	11.1	0.08	0.70	45.2 (24.8)
3	S	49815	93191	49815	296576	3.182	138.9	0.08	0.70	45.2 (24.8)
4	S	53135	-45325	53113	-298571	6.587	11.2	0.08	0.70	45.2 (24.8)
5	S	49815	121798	49815	296576	2.435	138.9	0.08	0.70	45.2 (24.8)
6	S	61007	78896	61017	303360	3.845	138.6	0.08	0.70	45.2 (24.8)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	150.0	0.00088	141.7	-0.04119	8.3
2	0.00350	0.0	0.00088	8.3	-0.04119	141.7
3	0.00350	150.0	0.00088	141.7	-0.04119	8.3
4	0.00350	0.0	0.00090	8.3	-0.04083	141.7
5	0.00350	150.0	0.00088	141.7	-0.04119	8.3
6	0.00350	150.0	0.00095	141.7	-0.04001	8.3

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

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 22.6 cm]
N.Bracci staffe:	3		

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	67 di 223

Area staffe/m : 17.0 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
 Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
 bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	74318	57817	406010	211644	100.0 141.7	2.500	1.018	6.0
2	S	7832	57817	406010	211644	100.0 141.7	2.500	1.018	0.6
3	S	76242	57817	406010	211644	100.0 141.7	2.500	1.018	6.1
4	S	-68072	58287	406497	211644	100.0 141.7	2.500	1.020	5.5
5	S	74318	57817	406010	211644	100.0 141.7	2.500	1.018	6.0
6	S	65246	59402	407651	211644	100.0 141.7	2.500	1.022	5.2

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+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	26.5	150.0	0.0	105.1	-855	141.7	20.8	2075	45.2	9.3
2	S	23.9	0.0	0.0	55.9	-718	8.3	20.8	2075	45.2	9.3
3	S	19.7	150.0	0.0	100.3	-547	141.7	20.8	2075	45.2	9.3
4	S	11.9	0.0	0.0	64.7	-216	8.3	20.8	2075	45.2	9.3
5	S	26.5	150.0	0.0	105.1	-855	141.7	20.8	2075	45.2	9.3
6	S	21.1	150.0	0.0	98.7	-558	141.7	20.8	2075	45.2	9.3

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

Ver Esito verifica
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 e3 Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
 K2 = (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)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	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00046	0.00020	-0.00037	0.90	0.60	0.000256 (0.000256)	579	0.148 (990.00)	159898
2	S	-0.00039	0.00018	-0.00031	0.90	0.60	0.000216 (0.000216)	578	0.125 (990.00)	-163032
3	S	-0.00030	0.00015	-0.00024	0.90	0.60	0.000164 (0.000164)	577	0.095 (990.00)	169556

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

4	S	-0.00012	0.00009	-0.00009	0.88	0.60	0.000065 (0.000065)	570	0.037 (990.00)	-200090
5	S	-0.00046	0.00020	-0.00037	0.90	0.60	0.000256 (0.000256)	579	0.148 (990.00)	159898
6	S	-0.00030	0.00016	-0.00024	0.89	0.60	0.000167 (0.000167)	576	0.096 (990.00)	172669

8.4.3.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_inf_sisma

(Percorso File: \\oceanolC0J\Progetto_DEFINITIVO\MODELLI_CALCULO\NV02\rc_seclsol_inf_sisma.sez)

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.33	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.67	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:	333458	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	30.24	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	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:	150.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	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

SL31 - Sottovia NV02	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	69 di 223

1	28912	109734	40632	0
2	28912	-65381	6457	0
3	28912	94024	42057	0
4	39526	-13602	-35792	0
5	28912	109734	40632	0
6	40092	56705	37907	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	1.6	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] 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	28912	109734	28922	250224	2.280	116.6	0.24	0.74	45.2 (24.8)
2	S	28912	-65381	28922	-250224	3.827	33.4	0.24	0.74	45.2 (24.8)
3	S	28912	94024	28922	250224	2.661	116.6	0.24	0.74	45.2 (24.8)
4	S	39526	-13602	39522	-256502	18.858	34.3	0.24	0.74	45.2 (24.8)
5	S	28912	109734	28922	250224	2.280	116.6	0.24	0.74	45.2 (24.8)
6	S	40092	56705	40114	256851	4.530	115.7	0.24	0.74	45.2 (24.8)

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	0.00060	150.0	0.00045	141.7	-0.00196	8.3
2	0.00060	0.0	0.00045	8.3	-0.00196	141.7
3	0.00060	150.0	0.00045	141.7	-0.00196	8.3
4	0.00062	0.0	0.00047	8.3	-0.00196	141.7
5	0.00060	150.0	0.00045	141.7	-0.00196	8.3
6	0.00063	150.0	0.00047	141.7	-0.00196	8.3

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

Diametro staffe: 12 mm

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	70 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 22.6 cm]
N.Bracci staffe: 3
Area staffe/m : 17.0 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	40632	54855	402946	211644	100.0 141.7	2.500	1.011	3.3
2	S	6457	54855	402946	211644	100.0 141.7	2.500	1.011	0.5
3	S	42057	54855	402946	211644	100.0 141.7	2.500	1.011	3.4
4	S	-35792	56359	404502	211644	100.0 141.7	2.500	1.015	2.9
5	S	40632	54855	402946	211644	100.0 141.7	2.500	1.011	3.3
6	S	37907	56439	404585	211644	100.0 141.7	2.500	1.015	3.0

8.5 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche sono state eseguite considerando i risultati dell'analisi strutturale, in particolare, si è considerata la reazione alla base dell'opera rispetto al baricentro per le combinazioni di carico STR e SIS secondo l'approccio 2 A1+M1+R3. Ai fini della verifica si considera un terreno di fondazione avente un angolo di resistenza al taglio ϕ' di 25, una coesione efficace c' di 10 kPa, il peso dell'unità di volume di 19 kN/m³ e la coesione non drenata $c_u = 75$ kPa. Si precisa, inoltre, che si è assunta una profondità del piano di posa D pari all'altezza dello scatolare.

Di seguito la tabella riepilogativa delle azioni alla base con evidenziate in giallo le due combinazioni più gravose aventi il massimo e minimo carico verticale.

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFZ	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
STR_1	Combination	Max	-302.4	2572.4	-949.1
STR_1	Combination	Min	-302.4	2572.4	-1491.8
STR_2	Combination	Max	-475.1	2625.2	-2171.0
STR_2	Combination	Min	-475.1	2625.2	-2171.0
STR_4	Combination	Max	-365.2	2572.4	-1526.8
STR_4	Combination	Min	-365.2	2572.4	-2069.5
STR_5	Combination	Max	-541.7	2625.2	-2783.7
STR_5	Combination	Min	-541.7	2625.2	-2783.7
STR_7	Combination	Max	-241.9	2422.7	-759.2

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	71 di 223

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFZ	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
STR_7	Combination	Min	-241.9	2422.7	-1193.4
STR_8	Combination	Max	-380.1	2465.0	-1736.8
STR_8	Combination	Min	-380.1	2465.0	-1736.8
STR_10	Combination	Max	-292.2	2422.7	-1221.4
STR_10	Combination	Min	-292.2	2422.7	-1655.6
STR_11	Combination	Max	-433.4	2465.0	-2227.0
STR_11	Combination	Min	-433.4	2465.0	-2227.0
STR_13	Combination	Max	-241.9	2422.7	-759.2
STR_13	Combination	Min	-241.9	2422.7	-1193.4
STR_14	Combination	Max	-380.1	2465.0	-1736.8
STR_14	Combination	Min	-380.1	2465.0	-1736.8
STR_16	Combination	Max	-292.2	2422.7	-1221.4
STR_16	Combination	Min	-292.2	2422.7	-1655.6
STR_17	Combination	Max	-433.4	2465.0	-2227.0
STR_17	Combination	Min	-433.4	2465.0	-2227.0
STR_19	Combination	Max	-241.9	2422.7	-759.2
STR_19	Combination	Min	-241.9	2422.7	-1193.4
STR_20	Combination	Max	-380.1	2465.0	-1736.8
STR_20	Combination	Min	-380.1	2465.0	-1736.8
STR_22	Combination	Max	-292.2	2422.7	-1221.4
STR_22	Combination	Min	-292.2	2422.7	-1655.6
STR_23	Combination	Max	-433.4	2465.0	-2227.0
STR_23	Combination	Min	-433.4	2465.0	-2227.0
SIS_1	Combination	Max	-494.4	1451.3	-2268.0
SIS_1	Combination	Min	-494.4	1451.3	-2342.9
SIS_2	Combination	Max	-518.3	1458.6	-2436.5
SIS_2	Combination	Min	-518.3	1458.6	-2436.5
SIS_4	Combination	Max	-503.1	1451.3	-2347.7
SIS_4	Combination	Min	-503.1	1451.3	-2422.5
SIS_5	Combination	Max	-527.4	1458.6	-2521.1
SIS_5	Combination	Min	-527.4	1458.6	-2521.1
SIS_7	Combination	Max	-191.1	1480.6	-836.1
SIS_7	Combination	Min	-191.1	1480.6	-911.0
SIS_8	Combination	Max	-214.9	1487.9	-1004.7
SIS_8	Combination	Min	-214.9	1487.9	-1004.7
SIS_10	Combination	Max	-199.8	1480.6	-915.8
SIS_10	Combination	Min	-199.8	1480.6	-990.7

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFZ	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
SIS_11	Combination	Max	-224.1	1487.9	-1089.2
SIS_11	Combination	Min	-224.1	1487.9	-1089.2

8.5.1 Tensioni efficaci

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

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

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

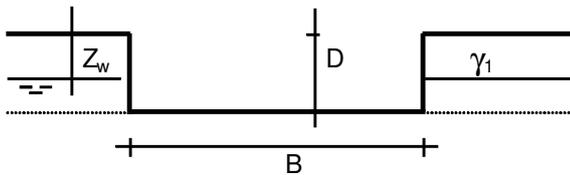
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo		coefficienti parziali					
		azioni		proprietà del terreno		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	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

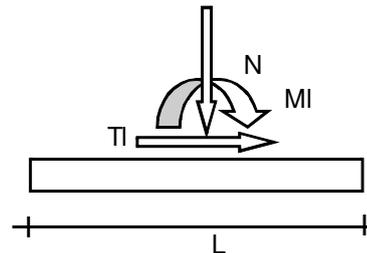
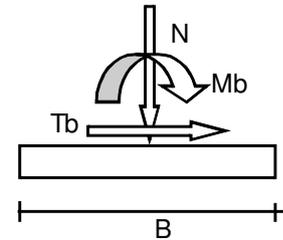
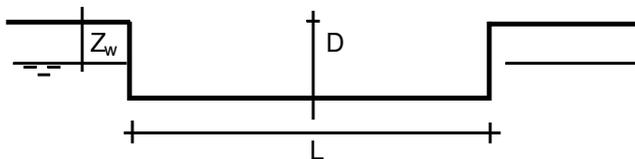
SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	73 di 223



γ, c', φ'



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 11.60 (m)
L = 100.00 (m)
D = 9.10 (m)



$\beta_f = 0.00$ (°)



$\beta_p = 0.00$ (°)

8.5.1.1 STR 5

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2625.20		2625.20
Mb [kNm]	-2783.70		-2783.70
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	-541.70		-541.70
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	541.70	0.00	541.70

Peso unità di volume del terreno

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

Valori caratteristici di resistenza del terreno

Valori di progetto

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	74 di 223

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

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

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

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$e_B = -1.06 \quad (\text{m})$$

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

$$B^* = 13.72 \quad (\text{m})$$

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

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 96.90 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 11.85$$

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

$$N_c = 22.25$$

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

$$N_\gamma = 12.54$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

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

$$s_c = 1.00$$

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

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 * B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 1.00$$

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	75 di 223

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

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

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

$$i_q = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi'))^m \quad (m=2 \text{ nel caso di fondazione nastroforme e } m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta) \text{ in tutti gli altri casi})$$

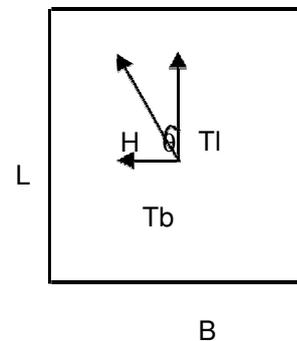
$$i_q = 0.63$$

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

$$i_c = 0.60$$

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

$$i_\gamma = 0.50$$



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

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

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

$$d_q = 1.45$$

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

$$d_c = 1.49$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	76 di 223

$$b_y = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1280.09 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 191.33 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 556.56 \geq q = 191.33 \quad (\text{kN/m}^2)$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.5.1.2 SIS5

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1458.00		1458.00
Mb [kNm]	-2521.10		-2521.10
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	-527.40		-527.40
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	527.40	0.00	527.40

Peso unità di volume del terreno

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

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

Valori caratteristici di resistenza del terreno

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

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

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

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$e_B = -1.73 \quad (\text{m})$$

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

$$B^* = 15.06 \quad (\text{m})$$

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

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 96.90 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 11.85$$

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

$$N_c = 22.25$$

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

$$N_\gamma = 12.54$$

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	78 di 223

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_b, 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 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

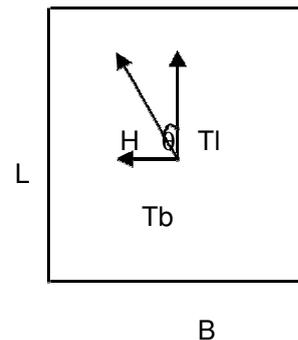
$$i_q = 0.41$$

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

$$i_c = 0.36$$

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

$$i_\gamma = 0.27$$



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

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

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

$$d_q = 1.45$$

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

$$d_c = 1.49$$

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	79 di 223

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 823.49 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 96.82 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 358.04 \geq q = 96.82 \quad (\text{kN/m}^2)$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.5.2 Tensioni totali

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	

8.5.2.1 STR 5

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2625.20	0.00	2625.20
Mb [kNm]	-2783.70	0.00	-2783.70
Ml [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	-541.70	0.00	-541.70
Tl [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	541.70	0.00	541.70

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	81 di 223

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

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

$$e_B = -1.06 \quad (\text{m})$$

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

Valore di progetto

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

$$B^* = 13.72 \quad (\text{m})$$

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

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 172.90 \quad (\text{kN/mq})$$

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

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

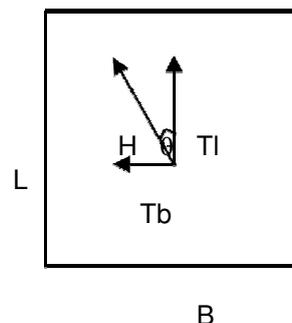
$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00$$

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

$$m = 2.00$$

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

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



 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>82 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	82 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	82 di 223								

$$i_c = 0.80$$

d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

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

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

$$d_c = 1.58$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2))$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2))$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 658.62 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 191.33 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 286.36 \geq q = 191.33 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 541.70 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 1029.06 \quad (\text{kN})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$Sd / \gamma_R = 935.51 \geq Hd = 541.70 \quad (\text{kN})$$

8.5.2.2 SIS5

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1458.00	0.00	1458.00
Mb [kNm]	-2521.10	0.00	-2521.10
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	-527.40	0.00	-527.40
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	527.40	0.00	527.40

Peso unità di volume del terreno

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

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

Valore caratteristico di resistenza del terreno

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

$$e_B = -1.73 \quad (\text{m})$$

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

Valore di progetto

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

$$B^* = 15.06 \quad (\text{m})$$

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

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 172.90 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

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

Nc : coefficiente di capacità portante

$$Nc = 2 + \pi$$

$$Nc = 5.14$$

sc : fattori di forma

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

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	84 di 223

$$s_c = 1.00$$

i_c: fattore di inclinazione del carico

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

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

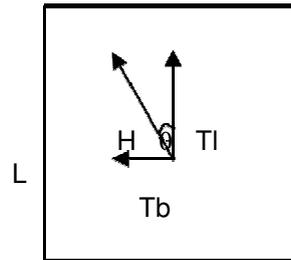
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

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

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

$$i_c = 0.82$$



B

d_c: fattore di profondità del piano di appoggio

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

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

$$d_c = 1.58$$

b_c: fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

g_c: fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 672.75 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
SOTTOVIA

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	85 di 223

$$q = 96.82 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 292.5 \geq q = 96.82 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

8.6 Verifica a sollevamento

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

La quota di falda di progetto assunta nel calcolo è pari a – 1.50 m rispetto al p.c.

Nel considerare le forze resistenti al sollevamento è stato preso in conto il contributo del peso proprio della galleria e del peso del terreno gravante sulla galleria stessa.

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

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

Si riportano di seguito i coefficienti parziali.

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

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

^(a) Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{q1}

Nel caso in esame si deve quindi verificare che:

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

in cui:

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

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

A seguire si riporta la verifica nelle configurazioni di ricoprimento massimo e minimo.

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	87 di 223

L_1	11.6 m	lunghezza soletta superiore
s_{sup}	1.1 m	spessore soletta superiore
h_{netta}	6.5 m	altezza interna galleria
L_2	0 m	lunghezza sbalzi soletta inferiore
L_3	11.6 m	lunghezza soletta inferiore
s_{inf}	1.5 m	spessore soletta inferiore
s_{pied}	1.3 m	spessore piedritti
A	47.06 m ²	area sezione trasversale galleria
W_{pg}	1176.5 kN/m	peso sezione trasversale galleria
γ_t	0 kN/m ³	peso specifico terreno di ricoprimento
h_1	0 m	altezza ricoprimento su soletta superiore
$W_{p_{rs}}$	0 kN/m	peso ricoprimento su soletta superiore
γ_t	0 kN/m ³	peso specifico riempimento
h_1	0 m	altezza riempimento su sbalzi soletta inferiore
$W_{p_{ri}}$	0 kN/m	peso riempimento su sbalzi soletta inferiore
$W_{stab,k}$	1176.50 kN/m	azione stabilizzante di calcolo
$\gamma_{g1,fav}$	0.9	
$W_{stab,d}$	1058.85 kN/m	azione stabilizzante di progetto
γ_w	10 kN/m ³	peso specifico H ₂ O
H_w	1.5 m	altezza H ₂ O da intradosso soletta inferiore
L	11.6 m	
$G_{inst,k}$	174.00 kN/m	azione instabilizzante di calcolo
$\gamma_{g1,fav}$	1.1	
$G_{inst,d}$	191.40 kN/m	azione instabilizzante di progetto

La verifica risulta soddisfatta.

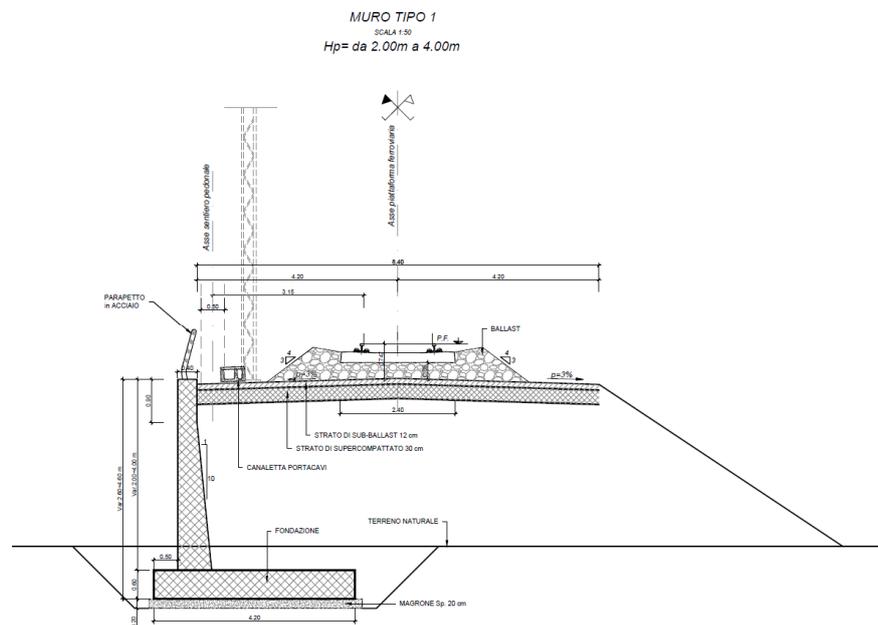
9. PROGETTO E VERIFICA DEI MURI D'ALA

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

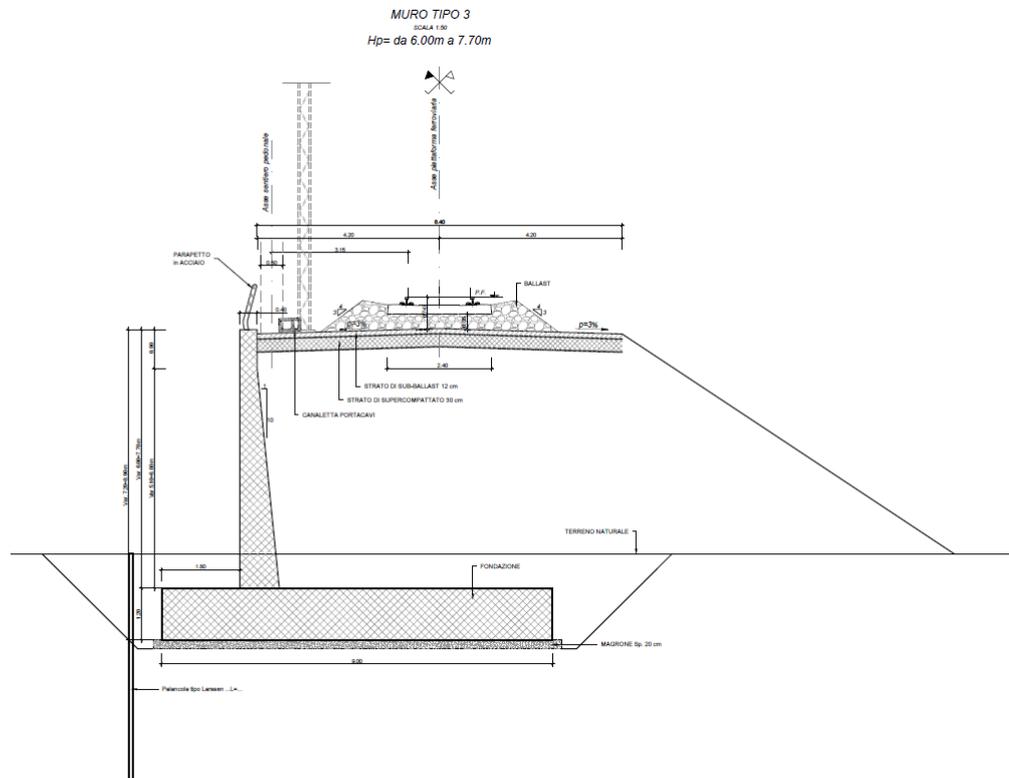
I muri d'ala dello scatolare SL31, presentano un'altezza variabile tra 1.53 m e 7.80 m con lo sviluppo dell'opera stessa, con spessore del paramento in testa di 0.4m, spessore della soletta di fondazione variabile tra 0.60 m e 1.2 m e larghezza della stessa variabile tra 4.20 m e 9.00 m.

Si individuano le tipologie di muri di sostegno le cui caratteristiche sono di seguito riassunte:

- muro di sostegno "tipo 1" per altezze comprese tra 2.00 e 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 pari ad almeno 20 cm. L'altezza del paramento massima è pari a 4.00 m.



- muro di sottoscarpa "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 pari ad almeno 20 cm. L'altezza del paramento massima è pari a 6.00 m.



Di seguito si svolgerà la verifica per ogni tipo di muro precedentemente descritto caratterizzato dall'altezza di paramento massima.

9.1 CRITERI DI VERIFICA

9.1.1 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE

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.

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	91 di 223

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 9-1), così come previsto al §3.10.3.3. del Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001 C).

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

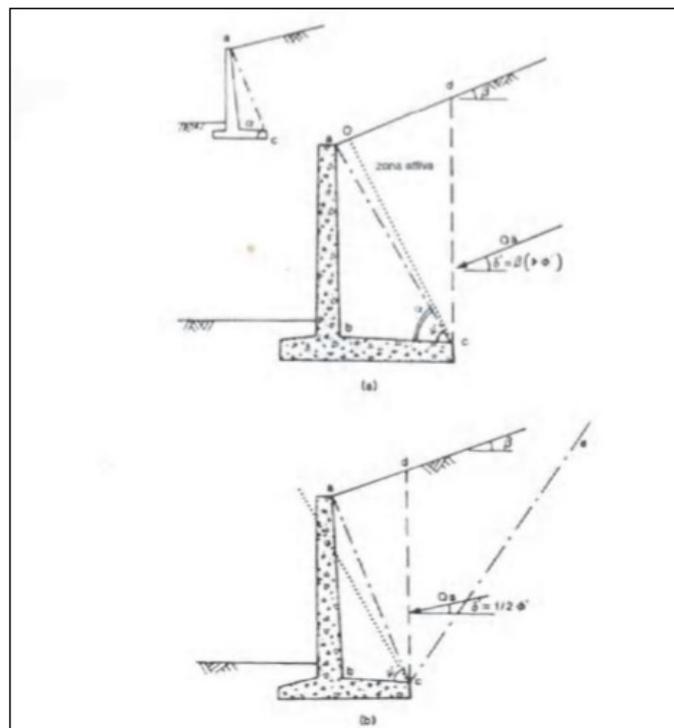


Figura 9-1 – Spinta sui muri di sostegno a mensola con suola lunga (caso a) e con suola corta (caso b).

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 $\delta = \varphi'$.

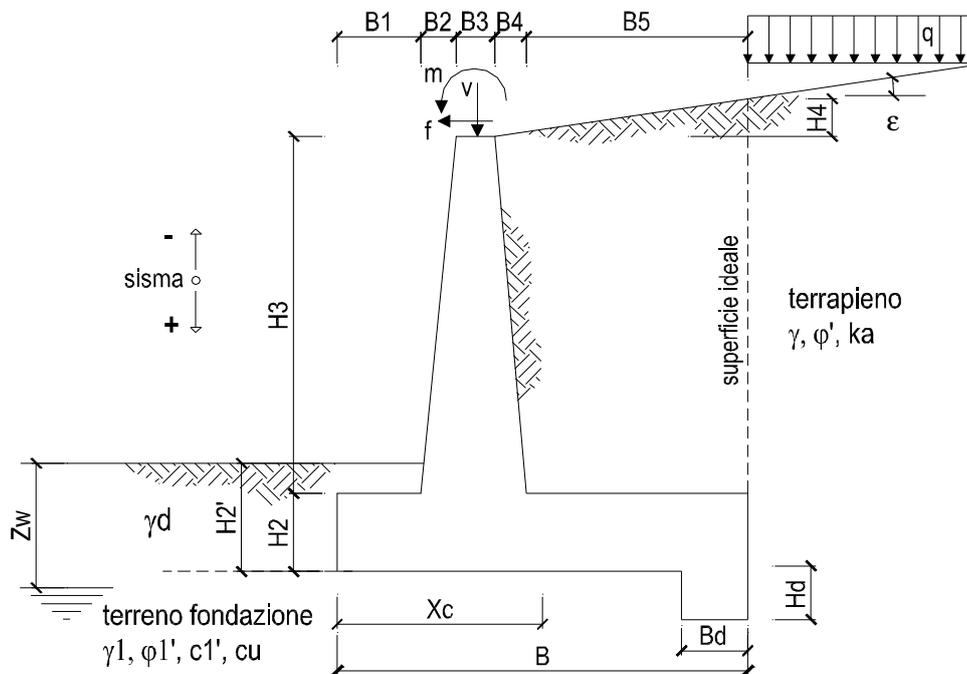
Il terreno al di sopra della suola (abcd) è stato considerato stabilizzante nelle verifiche, e ad esso sono da applicarsi le forze d'inerzia in fase sismica.

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:



9.1.1.1 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.

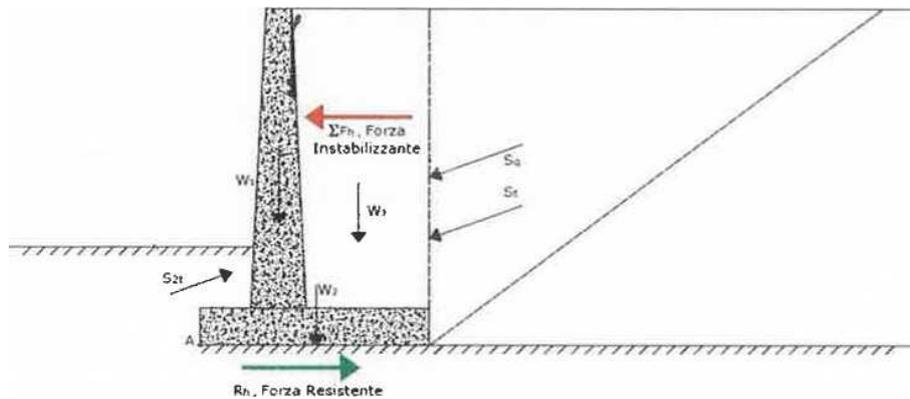


Figura 9-2 – Verifica a scorrimento.

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

9.1.1.2 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.

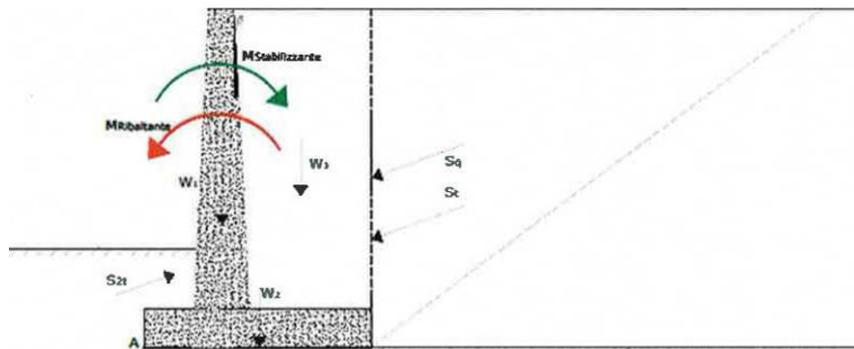


Figura 9-3– Verifica a ribaltamento.

9.1.1.3 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:

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.1.1.4 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.

9.1.2 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE

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

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

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

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

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

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

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

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

g = accelerazione di gravità.

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

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

dove:

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

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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:

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

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

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

9.1.3 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE)

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

$$E_d \leq C_d$$

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

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

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

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

9.1.3.1 CALCOLO DEI CEDIMENTI (SLE)

Per quanto riguarda la valutazione dei cedimenti, è stata impiegata la teoria dell'elasticità, ipotizzando il terreno come un mezzo omogeneo elastico ed isotropo. 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.

La soluzione più largamente usata è quella di Jambu et al. (1956):

$$\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B/E$$

dove:

B = larghezza caratteristica della fondazione

q_m = carico unitario medio;

E = modulo di deformazione impiegato nel calcolo dei cedimenti = $E_0 / 10$

μ_0 e μ_1 = coefficienti correttivi di forma, dipendenti dalla geometria del problema e dallo spessore dello strato compressibile (abachi di Christian e Carrier, 1964).

9.1.3.2 SPOSTAMENTI ATTESI IN CAMPO SLE

Gli spostamenti attesi in campo SLE dell'opera di sostegno, con le impostazioni di calcolo assunte (spinta attiva) sono di esigua entità, dell'ordine dei millimetri. Lo spostamento necessario per sviluppare

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A	FOGLIO 97 di 223

lo stato limite di spinta attiva è legato anche al tipo di cinematismo della parete. Per terreni non coesivi con grado di addensamento medio - alto l'EC7 da spostamenti del seguente ordine di grandezza:

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

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

Infine, un'altra fonte presa a riferimento è quella del NAFVAC 7.02 (DESIGN MANUAL). La figura riportata nel suddetto manuale mostra anche la curva di sviluppo della spinta in funzione dello spostamento. Anche in questo caso, per sabbia media, risulta ragionevole assumere uno spostamento atteso dell'ordine di 0.001H.

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

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

9.1.4 VERIFICHE STRUTTURALI SLU

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.

9.1.4.1 CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

- verifiche per gli stati limite di esercizio.

9.1.4.2 VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE

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

9.1.4.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO

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

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

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

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

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

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

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

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

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;

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

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

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>99 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	99 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	99 di 223								

$1 \leq \cot\theta \leq 2.5$ 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) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.1.5 VERIFICHE STRUTTURALI (SLE)

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

9.1.5.1 VERIFICHE ALLE TENSIONI

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

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

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

Per il caso in esame risulta in particolare :

- Muro di sostegno:

CALCESTRUZZO

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

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

ACCIAIO

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.1.5.2 VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

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

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

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 9-1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

Risultando:

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

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

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

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

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

$$\text{Combinazione Caratteristica (Rara)} \quad \delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

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.

9.2 ANALISI DEI CARICHI

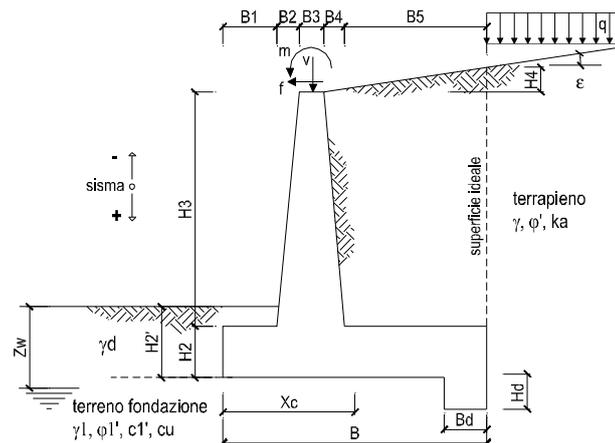
Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

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

9.2.1 PESI PROPRI

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

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



DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

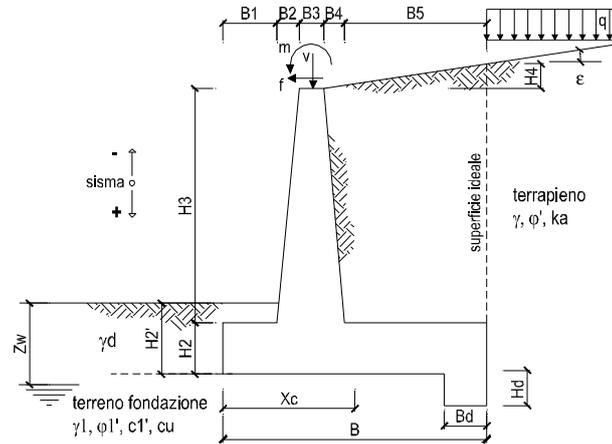
Elevazione	H3 =	4.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.31	(m)

Geometria della Fondazione

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

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

Figura 9-4 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno con fondazione diretta – tipo 1.



Geometria del Muro

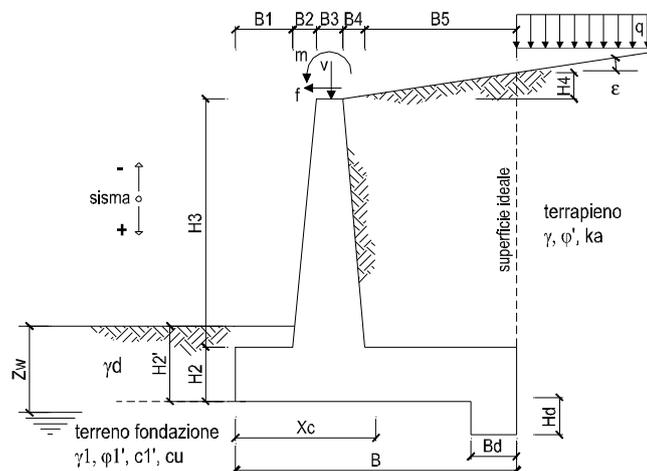
Elevazione	H3 =	6.00	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.51	(m)

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 =	5.09	(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 9-5 – 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) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	7.80	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.68	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	9.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.20	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.80	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	6.12	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	4.50	(m)

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

Figura 9-6 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno con fondazione diretta – tipo 3.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.2.2 Carichi permanenti

9.2.2.1 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 $1,5$).

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

9.2.2.2 PARAPETTO METALLICO

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

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

9.2.2.3 SPINTA DEL TERRENO

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

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

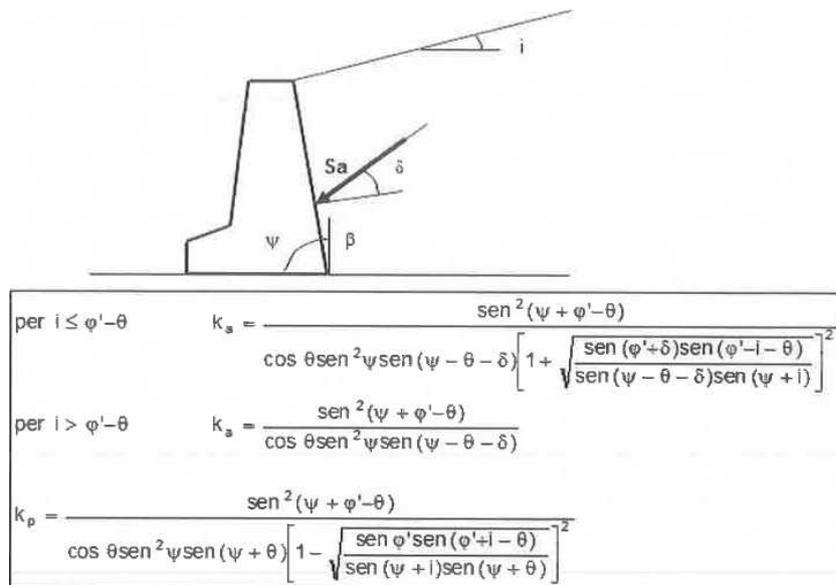


Figura 9-7 – Coefficiente di spinta attiva e passiva.

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

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

Figura 9-8 – Dati geotecnici – muro tipo 3.

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

Figura 9-9 – Dati geotecnici – muro tipo 2.

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

Figura 9-10 – Dati geotecnici – muro tipo 1.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.2.3 Carichi variabili

9.2.3.1 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.

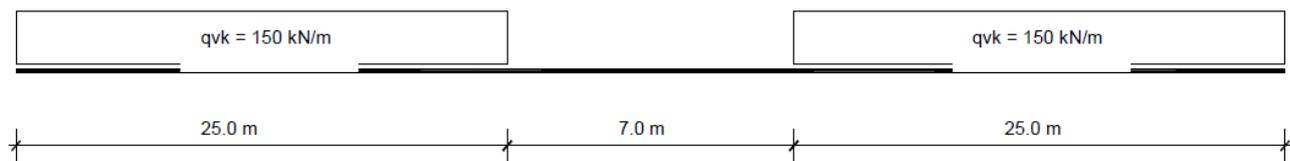


Figura 9-11 – Treno di carico SW2.

Per la ripartizione si considera:

Muro di sostegno tipo 3

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

Muro di controripa tipo 2

- $B_t = 2.40 \text{ m} + 2 \times 0.40 \text{ m} \times 1/4 + 2 \times 5.0 \text{ m} \times \text{tg}(38^\circ) = 10.40 \text{ m}$

Muro di controripa tipo 1

- $B_t = 2.40 \text{ m} + 2 \times 0.40 \text{ m} \times 1/4 + 2 \times 5.0 \text{ m} \times \text{tg}(38^\circ) = 10.40 \text{ m}$

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Figura 9-12 – Coefficienti α per modelli di carico.

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

Muro di sostegno tipo 3

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

Muro di controripa tipo 2

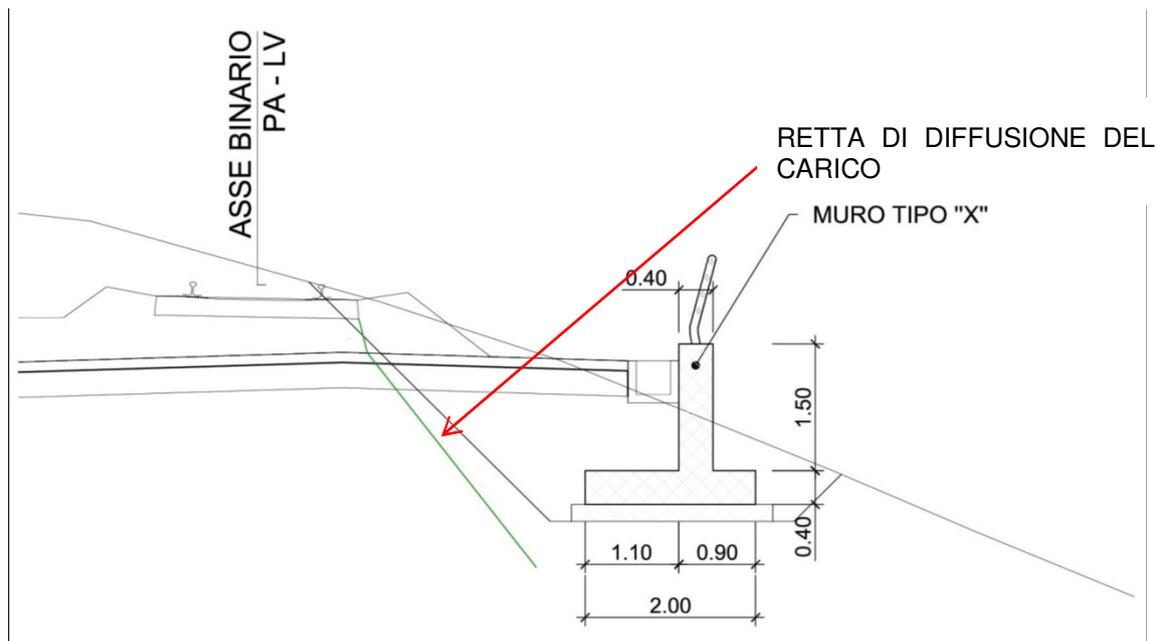
$$Q = 150 \text{ kN} \qquad \qquad \qquad q_{var} = (150/10.40\text{m}) * 1.0 = 14.42 \text{ kN/m}^2$$

Muro di controripa tipo 1

$$Q = 150 \text{ kN} \qquad \qquad \qquad q_{var} = (150/10.40\text{m}) * 1.0 = 14.42 \text{ kN/m}^2$$

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.

Per quanto riguarda il muro "tipo 3", dal momento che la retta di diffusione del carico SW2 non attraversa il cuneo di spinta, esso non viene considerato.

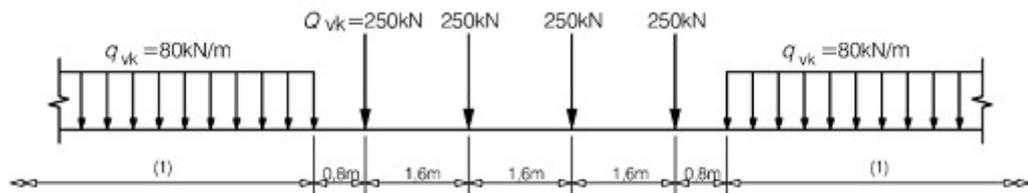


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Per i muri di sottoscarpa di “tipo 1” e di “tipo 2” si ha:

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

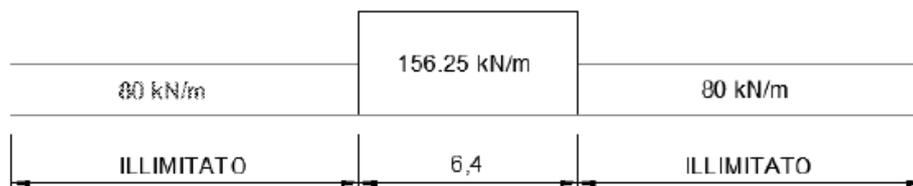


Key
(1) No limitation

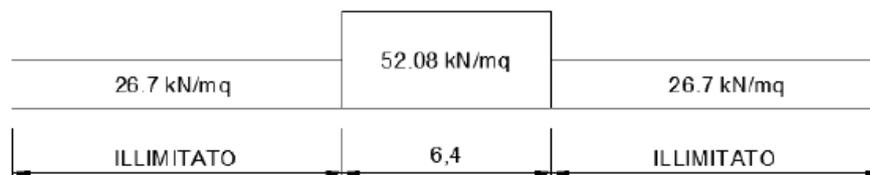
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

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:



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

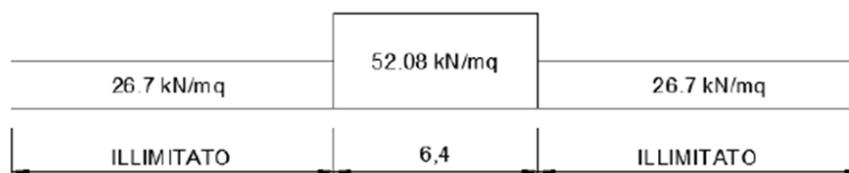
 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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 sospeso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeso
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:



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:

$$q_{var} = (52,08 \text{ kN/m}^2 \times 3,0\text{m}) / (3,0\text{m} + 2 \times 0,4\text{m} \times 1/4 + 2 \times 5,00\text{m} \times \text{tg}(38^\circ)) = 14,20 \text{ kN/m}^2$$

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 $14,42 \text{ kN/m}^2$ a vantaggio di sicurezza rispetto ai $14,20 \text{ kN/m}^2$ calcolati con riferimento alle STI, per i muri "tipo 1" e "tipo 2".

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A	FOGLIO 111 di 223

9.2.4 *Valutazione dell'azione sismica*

Per la valutazione dell'azione sismica si rimanda al capito 7 relativo alla caratterizzazione sismica.

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</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</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>112 di 223</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	112 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	112 di 223								

9.2.5 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 (SLE) 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:
- $$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$
- [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).

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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 9-2 - 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 9-3 - 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 9-4 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi dei muri di sostegno.

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Tabella 9-5 – 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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A	FOGLIO 114 di 223

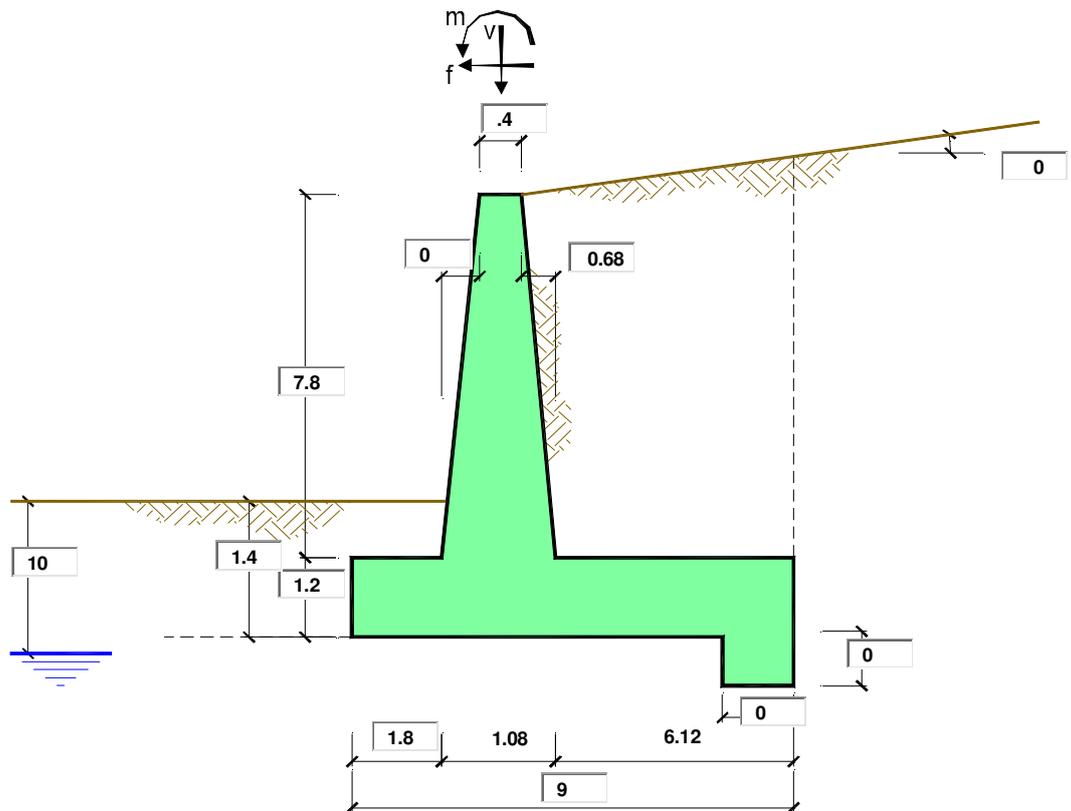
Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Tabella 9-6 – 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.

9.3 PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO “TIPO 3”

9.3.1 DATI DI INPUT



Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	7.80	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.68	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	9.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.20	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.80	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	6.12	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	4.50	(m)

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.3.1.1 Condizioni drenate

				valori caratteristici		valori di progetto	
				SLE		STR/GEO	EQU
Dati Geotecnici							
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	38.00		38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ	20.00		20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00		0.00	0.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni	<input checked="" type="checkbox"/> drenate <input type="checkbox"/> Non Drenate					
	Coesione Terreno di Fondazione	(kPa)	$c1'$	10.00		10.00	10.00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	$\phi1'$	26.00		26.00	26.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma1$	19.00		19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	19.00		19.00	19.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	18.00			
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	70000			

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.108	(-)		
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.6	(-)		
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)		
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.24	(-)	RIBALTAMENTO	
	Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.041472	(-)	β_s	0.36
	Coefficiente sismico verticale	k_v	0.0207	(-)	k_h	0.06221
Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no				k_v	0.03110

				STR/GEO	RIB
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	k_a	0.238	0.238	0.238
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	k_{as+}	0.258	0.258	0.269
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	k_{as-}	0.259	0.259	0.271
	Coeff. Di Spinta Passiva	k_p	2.561	2.561	2.561
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	k_{ps+}	2.495	2.495	2.462
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	k_{ps-}	2.492	2.492	2.456

				valori caratteristici		valori di progetto	
				SLE - sisma		STR/GEO	EQU
Carichi Agenti							
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	q_p	16.62		21.60	21.60
	Sovraccarico su zattera di monte	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no					
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	f_p	0.00		0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	v_p	1.00		1.00	1.00
Condizioni Statiche	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	m_p	0.00		0.00	0.00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m ²)	q	57.70		83.67	83.67
	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
Coefficienti di combinazione	condizione frequente $\psi1$	1.00	condizione quasi permanente $\psi2$	0.00		0.00	
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m ²)	q_s	11.54			
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	f_s	0.00			
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	v_s	0.00			
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kNm/m)	m_s	0.00			

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.3.1.2 Condizioni non drenate

			valori caratteristici		valori di progetto	
			SLE		STR/GEO	EQU
Dati Geotecnici						
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	38.00	38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ	20.00	20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	0.00	0.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni		<input type="checkbox"/> drenate <input checked="" type="checkbox"/> Non Drenate			
	Resistenza a Taglio non drenata	(kPa)	cu	85.00	85.00	85.00
	Angolo di attrito Terreno-Fondazione	(°)	$\phi 1'$	26.00	26.00	26.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma 1$	19.00	19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	19.00	19.00	19.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	18.00		
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	70000		

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.108	(-)	RIBALTAMENTO β_s 0.36 kh 0.06221 kv 0.03110
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.6	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.24	(-)	
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.041472	(-)	
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0207	(-)	
Muro libero di traslare o ruotare			<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no		

			STR/GEO	RIB
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.238	0.238
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.258	0.269
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.259	0.271
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	1.000	1.000
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	1.000	1.000
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	1.000	1.000

			valori caratteristici		valori di progetto	
			SLE - sisma		STR/GEO	EQU
Carichi Agenti						
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	qp	16.62	21.60	21.60
	Sovraccarico su zattera di monte	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> 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
	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	mp	0.00	0.00	0.00
Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m ²)	q	57.70	83.67	83.67
	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
	Coefficienti di combinazione condizione frequente $\psi 1$		1.00	condizione quasi permanente $\psi 2$		0.00
Condizioni Sismiche	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		

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	118 di 223

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls

Rck	37	(MPa)
fck	30	(MPa)
fcm	38	(MPa)
Ec	32837	(MPa)
α_{cc}	0.85	
γ_c	1.50	

$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$	17.00	(MPa)
$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$	2.90	(MPa)

Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche

σ_c	12	Mpa
σ_f	337.5	Mpa

condizioni sismiche

σ_c	12	Mpa
σ_f	337.5	Mpa

Valore limite di apertura delle fessure

Frequente	<input type="text" value="w1"/>	0.2	mm
Quasi Permanente	<input type="text" value="w1"/>	0.2	mm

Acciaio

tipo di acciaio

fyk =	450	(MPa)
γ_s =	1.15	
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s / \gamma_E$ =	391.30	(MPa)
Es =	210000	(MPa)
ϵ_{ys} =	0.19%	

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = (cm)

Interfero tra I e II strato

i_{I-II} (cm)

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	119 di 223

9.3.2 CALCOLO DELLE AZIONI

9.3.2.1 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	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	78.00	78.00	78.00
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	66.30	66.30	66.30
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	270.00	270.00	270.00
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	(kN/m)	414.30	414.30	414.30

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	(kN/m)	954.72	954.72	954.72
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	(kN/m)	53.04	53.04	53.04
Sovr =	$qp \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	112.98	146.88	146.88
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	(kN/m)	1120.74	1154.64	1154.64

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	392.36	568.922	
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	78.472		

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

- Muro (Mm)

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB	
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	(kNm/m)	156.00	156.00	156.00
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	(kNm/m)	160.89	160.89	160.89
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	1215.00	1215.00	1215.00
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	(kNm/m)	1531.89	1531.89	1531.89

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

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	(kNm/m)	5671.04	5671.04	5671.04
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	140.73	140.73	140.73
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	632.71	822.53	822.53
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	(kNm/m)	6444.48	6634.30	6634.30

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	2197.216	3185.9632	
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	439.4432		

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	120 di 223

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$P_m \cdot k_h$	(kNm/m)	17.18	25.77
Ps v =	$P_m \cdot k_v$	(kNm/m)	8.59	12.89

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

Ptsh =	$P_t \cdot k_h$	(kNm/m)	47.89	71.83
Ptsv =	$P_t \cdot k_v$	(kNm/m)	23.94	35.91

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

MPs1 h=	$k_h \cdot P_m1 \cdot (H_2 + H_3/3)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs2 h=	$k_h \cdot P_m2 \cdot (H_2 + H_3/2)$	(kNm/m)	16.50	24.75
MPs3 h=	$k_h \cdot P_m3 \cdot (H_2 + H_3/3)$	(kNm/m)	10.45	15.67
MPs4 h=	$k_h \cdot P_m4 \cdot (H_2/2)$	(kNm/m)	6.72	10.08
MPs5 h=	$-k_h \cdot P_m5 \cdot (H_d/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs h=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	33.66	50.50

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

MPs1 v=	$k_v \cdot P_m1 \cdot (B_1 + 2/3 \cdot B_2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs2 v=	$k_v \cdot P_m2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2)$	(kNm/m)	3.23	4.85
MPs3 v=	$k_v \cdot P_m3 \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + B_4/3)$	(kNm/m)	3.34	5.00
MPs4 v=	$k_v \cdot P_m4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	25.19	37.79
MPs5 v=	$k_v \cdot P_m5 \cdot (B - B_d/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs v=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	31.77	47.65

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

MPts1 h=	$k_h \cdot P_t1 \cdot (H_2 + H_3/2)$	(kNm/m)	201.93	302.90
MPts2 h=	$k_h \cdot P_t2 \cdot (H_2 + H_3 + H_4/3)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPts3 h=	$k_h \cdot P_t3 \cdot (H_2 + H_3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	14.08	21.12
MPts h=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	216.01	324.01

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

MPts1 v=	$k_v \cdot P_t1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	117.59	176.39
MPts2 v=	$k_v \cdot P_t2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPts3 v=	$k_v \cdot P_t3 \cdot ((H_2 + H_3 \cdot 2/3) - (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	3.54	5.31
MPts v=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	121.14	181.70

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	121 di 223

9.3.2.2 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) 192.69	250.49	250.49
Sq perm =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m) 35.57	46.24	46.24
Sq acc =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m) 123.53	179.12	179.12

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m) 192.69	250.49	250.49
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 35.57	46.24	46.24
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m) 123.53	179.12	179.12

- 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 =	$\frac{1}{2} \cdot g1 \cdot Hd^2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \gamma1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd \right]$	(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) 578.06	751.47	751.47
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) 160.08	208.10	208.10
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m) 555.90	806.05	806.05
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 =	$\gamma1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$	(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) 2.00	2.00	2.00

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RSST	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.3.2.3 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)	192.69	192.69	192.69
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1\ stat$	(kN/m)	20.95	20.95	31.85
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	38.64	38.64	40.20
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	26.84	26.84	27.92

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = $Sst1\ stat \cdot \cos \delta$	(kN/m)	192.69	192.69	192.69
Sst1h sism = $Sst1\ sism \cdot \cos \delta$	(kN/m)	20.95	20.95	31.85
Ssq1h perm = $Ssq1\ perm \cdot \cos \delta$	(kN/m)	38.64	38.64	40.20
Ssq1h acc = $Ssq1\ acc \cdot \cos \delta$	(kN/m)	26.84	26.84	27.92

- Componente verticale condizione sismica +

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

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
MSst1 stat = $Sst1h\ stat \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	578.06	578.06	578.06
MSst1 sism = $Sst1h\ sism \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	62.85	62.85	95.56
MSst2 stat = $Sst1v\ stat \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = $Sst1v\ sism \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	294.64	294.64	306.56
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)		2.00	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.3.2.4 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)	192.69	192.69	192.69
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas - Sst1\ stat$	(kN/m)	12.98	12.98	19.95
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$	(kN/m)	38.77	38.77	40.52
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$	(kN/m)	26.93	26.93	28.14

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = $Sst1\ stat \cdot \cos \delta$	(kN/m)	192.69	192.69	192.69
Sst1h sism = $Sst1\ sism \cdot \cos \delta$	(kN/m)	12.98	12.98	19.95
Ssq1h perm = $Ssq1\ perm \cdot \cos \delta$	(kN/m)	38.77	38.77	40.52
Ssq1h acc = $Ssq1\ acc \cdot \cos \delta$	(kN/m)	26.93	26.93	28.14

- Componente verticale condizione sismica -

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

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
MSst1 stat = $Sst1h\ stat \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	578.06	578.06	578.06
MSst1 sism = $Sst1h\ sism \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	38.95	38.95	59.86
MSst2 stat = $Sst1v\ stat \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = $Sst1v\ sism \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	295.66	295.66	308.96
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)		2.00	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.3.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

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

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v \text{ perm} + Sq_v \text{ acc} \quad 1569.94 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 475.86 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$\mathbf{F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.61} \quad > \quad \mathbf{1.1}}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 8168.19 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} \quad 1765.62 \quad (\text{kNm/m})$$

$$\mathbf{F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad \mathbf{4.63} \quad > \quad \mathbf{1.15}}$$

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ \text{Sovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{\min} \\ 1569.94 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{\max} \\ 2138.86 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p \quad 475.86 \quad 475.86 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 6402.56 \quad 9588.53 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 662.17 \quad 36.35 \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

$c'1'$	coesione terreno di fondaz.	10.00		(kPa)
$\varphi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	9.11		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d^*H2'$	sovraccarico stabilizzante	26.60		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.42	0.02	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	8.16	8.97	(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)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1)/\text{tg}(\varphi)$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2*(N_q + 1)*\text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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)	0.53	0.63	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$		0.48	0.48	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B*c'*\text{cotg}\varphi))^{m+1}$		0.38	0.39	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	452.20	487.24	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	2.35	>	1.4
		N_{max}	2.04	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 1568.58 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 344.18 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{2.22} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 8168.19 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 1125.34 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{7.26} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

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

$$1568.58 \quad 1647.05 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 344.18 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 6946.06 \quad 7385.50 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 112.54 \quad 26.22 \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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_1'	coesione terreno di fondaz.	10.00		(kN/mq)
φ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	9.11		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	26.60		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.07	0.02	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	8.86	8.97	(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)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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)	602.13	613.52	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	3.40	>	1.2
		N_{max}	3.34	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 1503.51 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 336.44 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{2.18} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 8168.19 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 1550.73 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{5.27} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 1503.51 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 1581.98 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 336.44 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 6663.13 \quad 7102.57 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 102.67 \quad 16.35 \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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_1'	coesione terreno di fondaz.	10.00		(kN/mq)
φ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	9.11		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	26.60		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.07	0.01	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	8.86	8.98	(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)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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)	0.64	0.66	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.61	0.62	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0.51	0.51	(-)

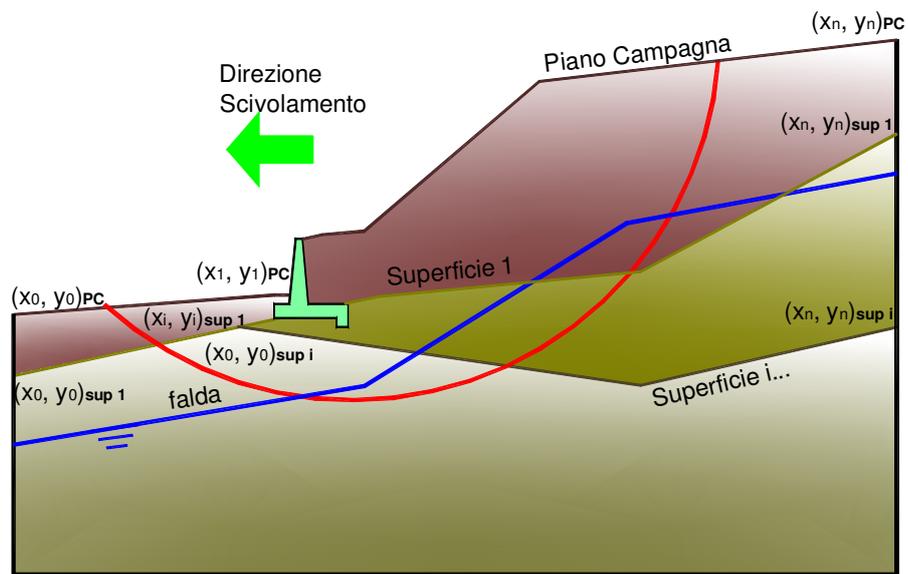
(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	596.75	608.64	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	3.52	>	1.2
		N_{max}	3.45	>	

9.3.3.3 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	26	10	a2
materiale 3				
materiale 4				

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3T

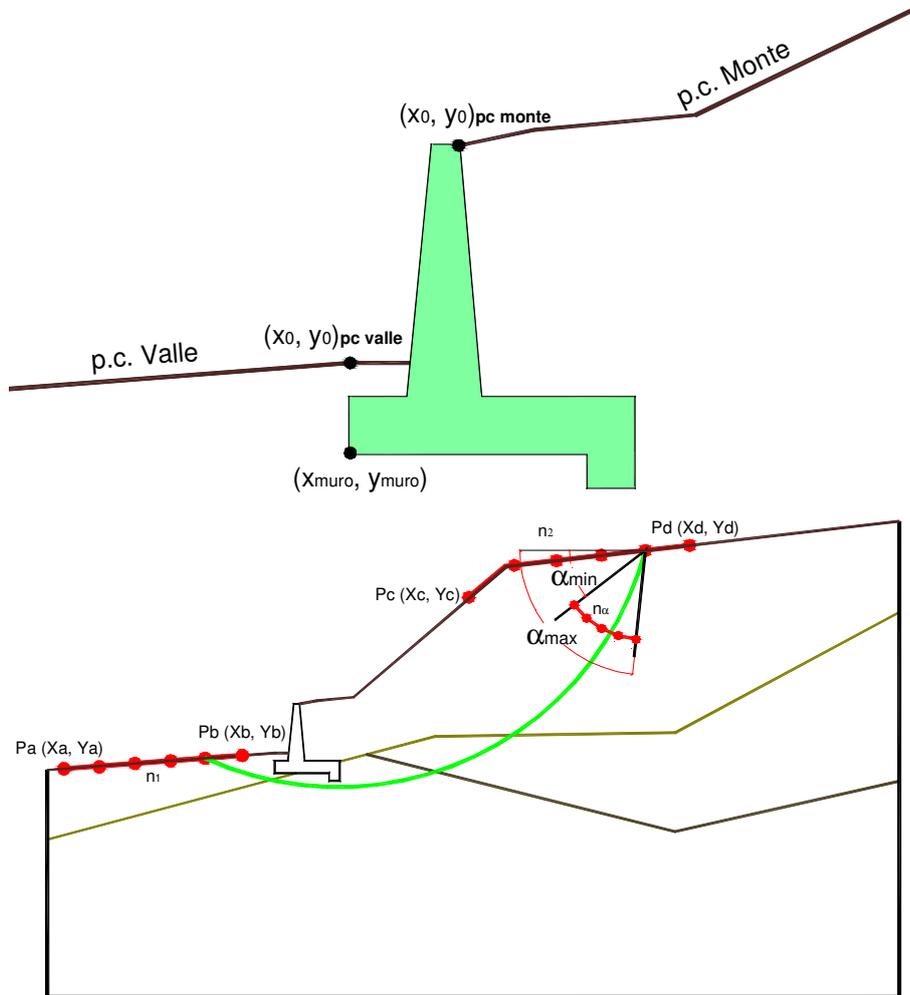
30

D 26 CL

SL 31 00 001

A

131 di 223



p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		Ida		
materiale 1						materiale 2		materiale 3		materiale 4				
x	y		x	y		x	y	x	y	x	y	x	y	
0	100.000	101.400	0	102.200	109.000	0	50.000	100.000	0			0	50.000	99.900
1	50.000	101.400	1	150.000	109.000	1	150.000	100.000	1			1	150.000	99.900
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		

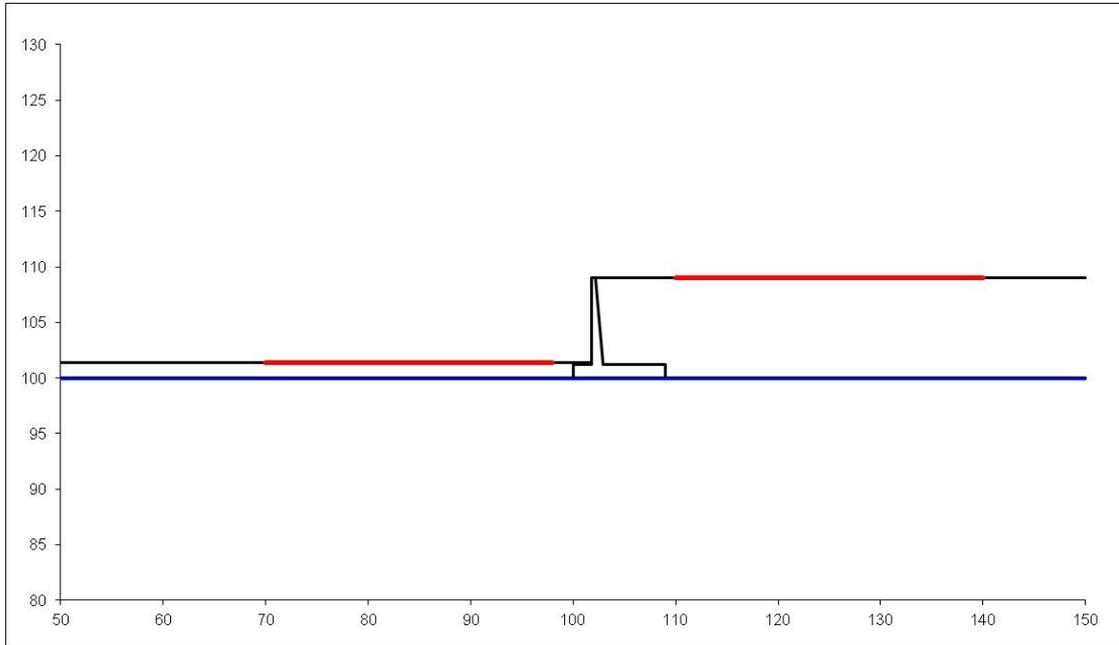
Sovraccarichi

	X_{in}	Q_{in}	X_{fin}	Q_{fin}	% sisma
sovraccarico 1	105.200	57.7	107.800	57.7	20%
sovraccarico 2					

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

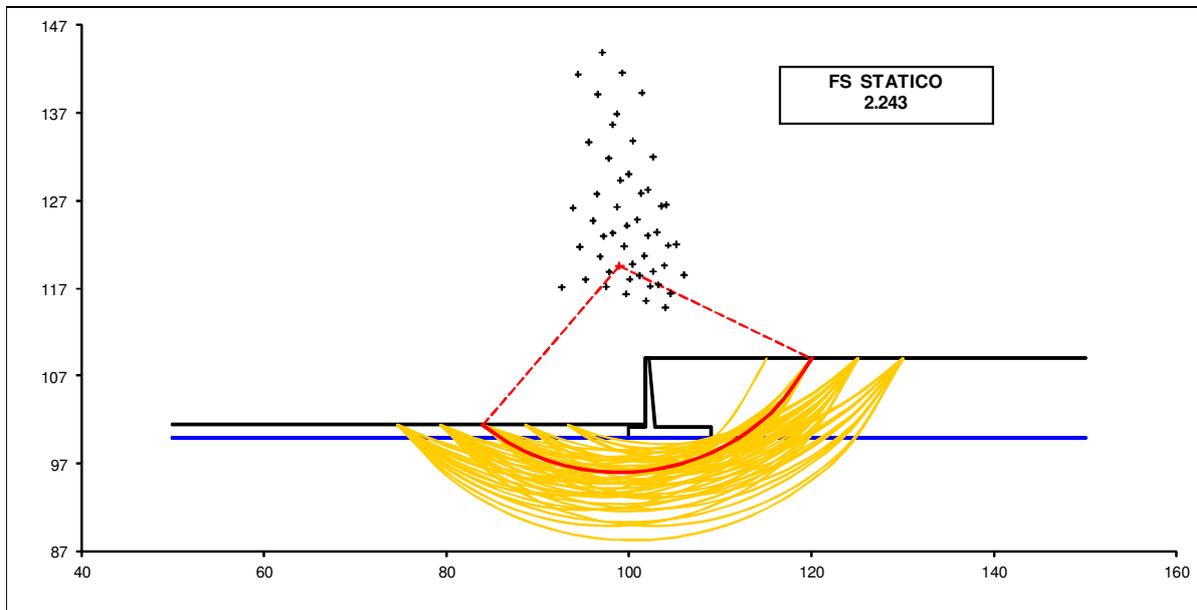
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	132 di 223



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
	136	STATICO
	SISMICO	1.982

Condizioni statiche

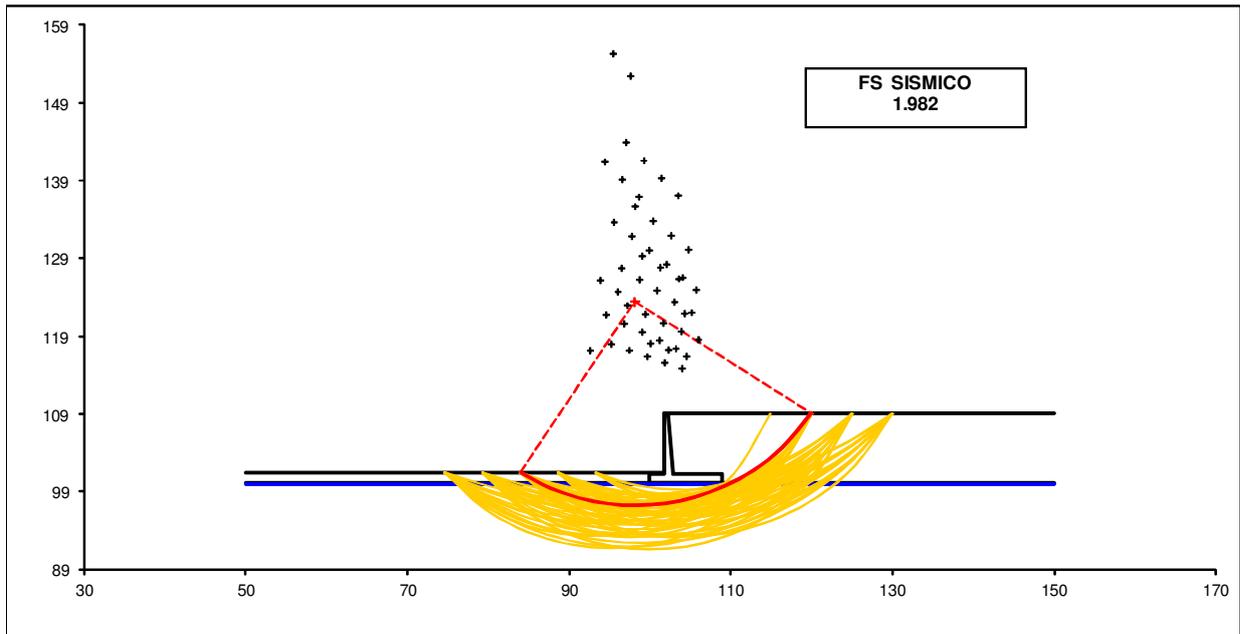


SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	133 di 223

Condizioni sismiche



 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + Stv + Sqv_{perm} + Sqv_{acc} \quad 1569.94 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 475.86 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$\mathbf{F_s \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.61} \quad > \quad \mathbf{1.1}}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 8168.19 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} \quad 1765.62 \quad (\text{kNm/m})$$

$$\mathbf{F_s \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad \mathbf{4.63} \quad > \quad \mathbf{1.15}}$$

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + Stv + Sqv (+ S_{ovr acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} & N_{max} \\ 1569.94 & 2138.86 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p \quad \begin{matrix} 475.86 & 475.86 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad \begin{matrix} 6402.56 & 9588.53 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad \begin{matrix} 662.17 & 36.35 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	85.00		(kPa)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma_d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	26.60		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.42	0.02	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	8.16	8.97	(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* c_u N_c))$		0.73	0.76	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi))^{m+1}$		- -		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	346.95	357.49	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	1.80	>	1.4
		N_{max}	1.50	>	

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)					
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$				1568.58	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$				344.18	(kN/m)
Coefficiente di attrito alla base (f)					
$f = \operatorname{tg}\varphi_1'$				0.49	(-)
F_s = (N*f + S_p) / T				2.22	> 1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (M _s)					
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$				8168.19	(kNm/m)
Momento ribaltante (M _r)					
$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$				1125.34	(kNm/m)
Fr = Ms / Mr				7.26	> 1

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)			N _{min}	N _{max} [▲]	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr acc})$			1568.58	1647.05	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$			344.18		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
$MM = \sum M$			6946.06	7385.50	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
$M = X_c * N - MM$			112.54	26.22	(kNm/m)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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.	85.00		(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d' H_2'$	sovraccarico stabilizzante	26.60		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.07	0.02	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	8.86	8.97	(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)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* c_u \cdot N_c))$		0.82	0.82	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		-	-	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	385.91	386.88	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	2.18	>	1.2
		N_{max}	2.11	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Condizione sismica -

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 1503.51 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 336.44 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{2.18} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 8168.19 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 1550.73 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{5.27} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

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

$$1503.51 \quad 1581.98 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 336.44 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 6663.13 \quad 7102.57 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 102.67 \quad 16.35 \quad (\text{kNm/m})$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	85.00	(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00	(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	26.60	(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.07	0.01 (m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	8.86	8.98 (m)

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

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

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

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

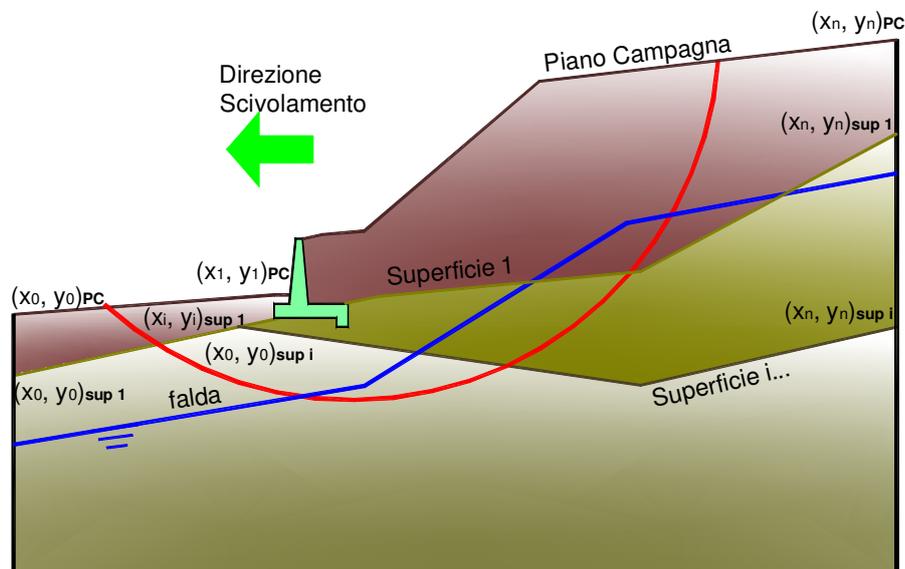
(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	387.72	388.70	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	2.29	>	1.2
		N_{max}	2.21	>	

9.3.3.6 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.

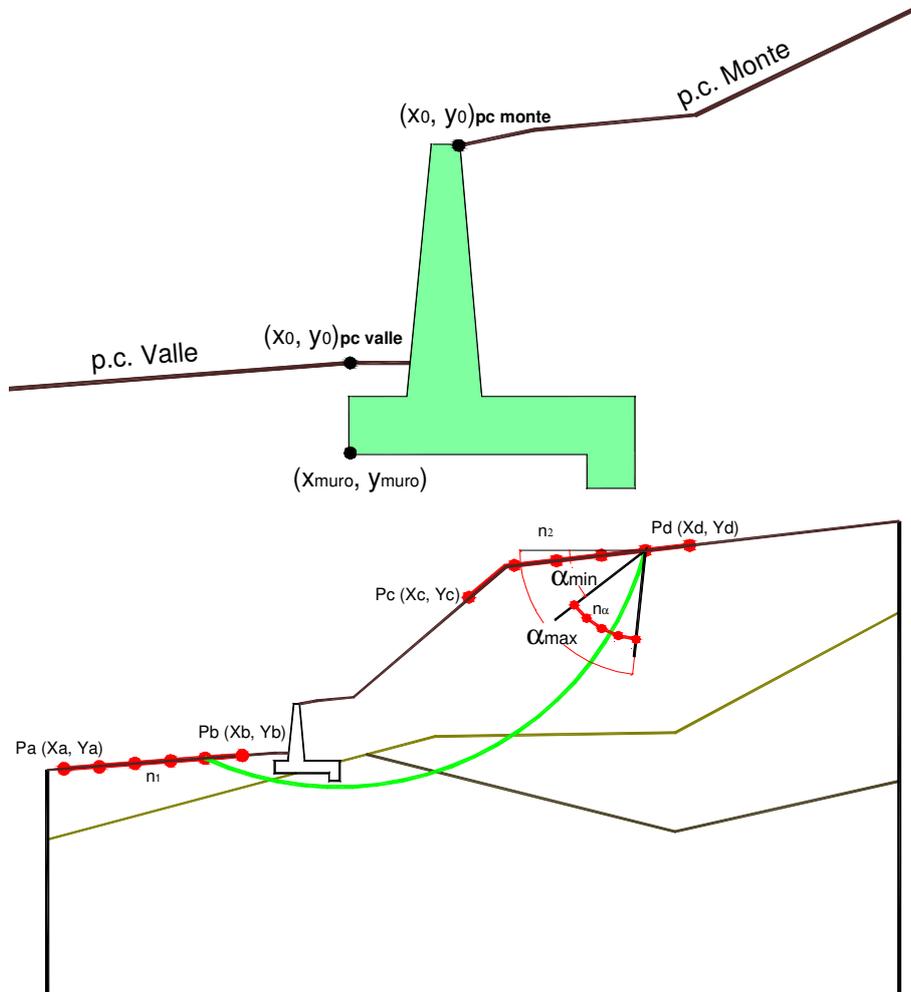


	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]	Descrizione
materiale 1	20.00	38	0	Rilevato - riporto
materiale 2	19.00	26	85	a2
materiale 3				
materiale 4				

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	141 di 223



p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		Ida		
materiale 1						materiale 2		materiale 3		materiale 4				
x	y		x	y		x	y	x	y	x	y	x	y	
0	100.000	101.400	0	102.200	109.000	0	50.000	100.000	0			0	50.000	99.900
1	50.000	101.400	1	150.000	109.000	1	150.000	100.000	1			1	150.000	99.900
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		

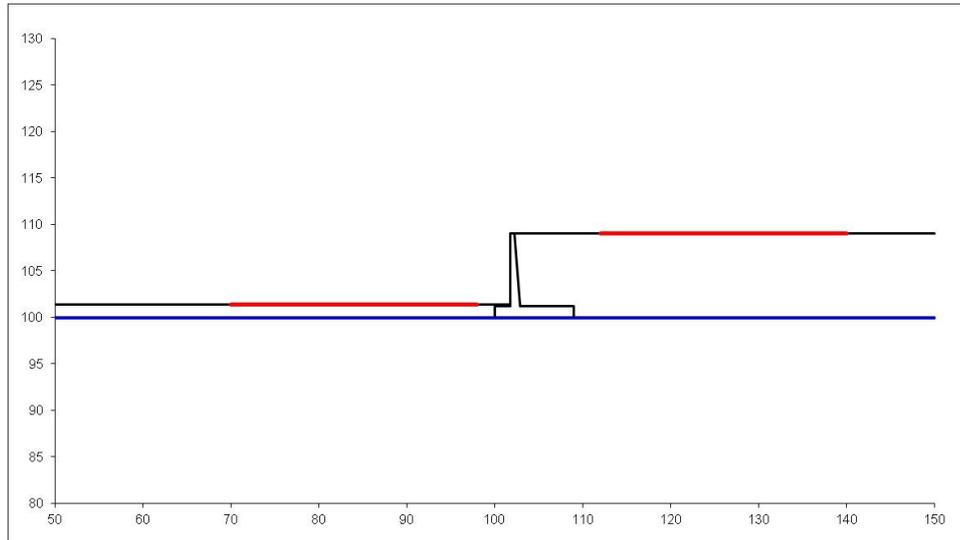
Sovraccarichi

	X_{in}	Q_{in}	X_{fin}	Q_{fin}	% sisma
sovraccarico 1	105.200	57.7	107.800	57.7	20%
sovraccarico 2					

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

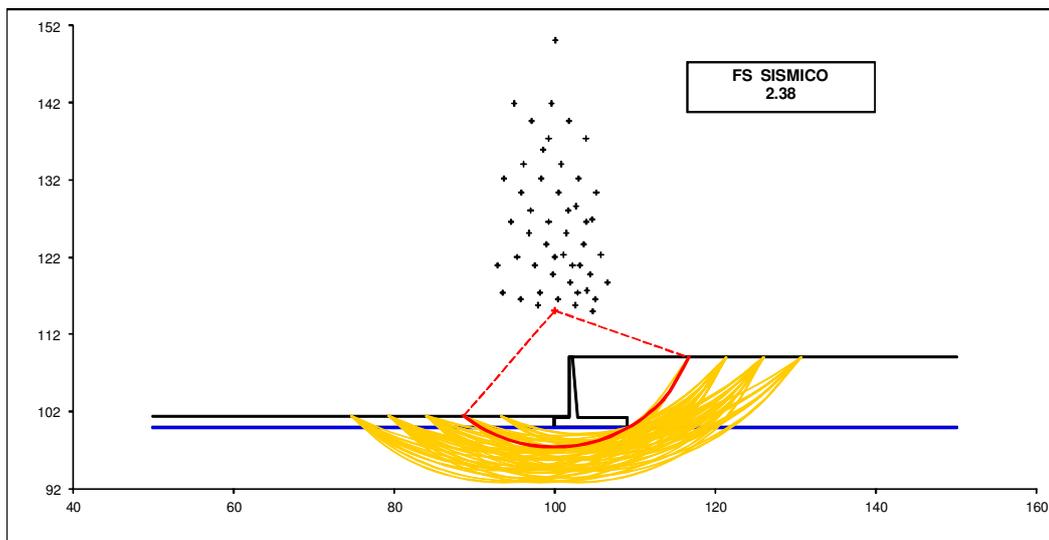
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	142 di 223



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
145	STATICO	3.679
	SISMICO	2.380

Condizioni statiche

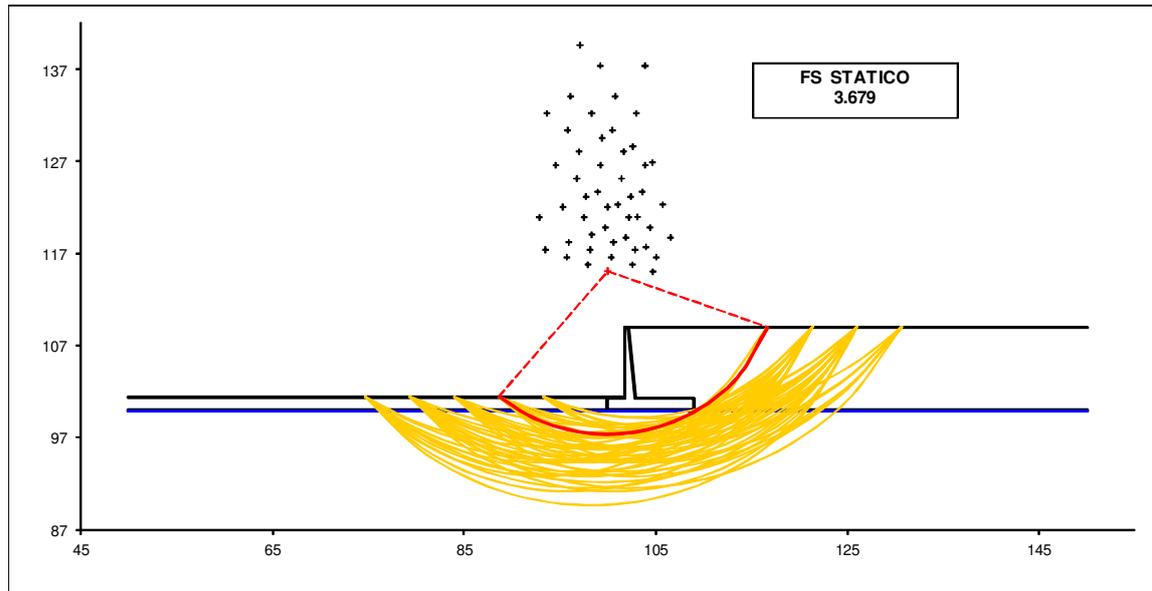


SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	143 di 223

Condizioni sismiche



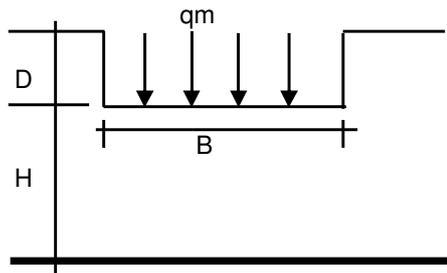
SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	144 di 223

9.3.3.7 CALCOLO DEI CEDIMENTI

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

N	1536.04	(kN/m)
M	227.86	(kNm/m)
e=M/N	0.15	(m)
B*	8.70	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

D =	1.40	(m)
D/B*	0.16	(m)
Hs/B*	2.07	(m)

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 180.38 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.955 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.68 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 14.49 \quad (\text{mm})$$

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	145 di 223

9.3.4 VERIFICHE STRUTTURALI

9.3.4.1 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

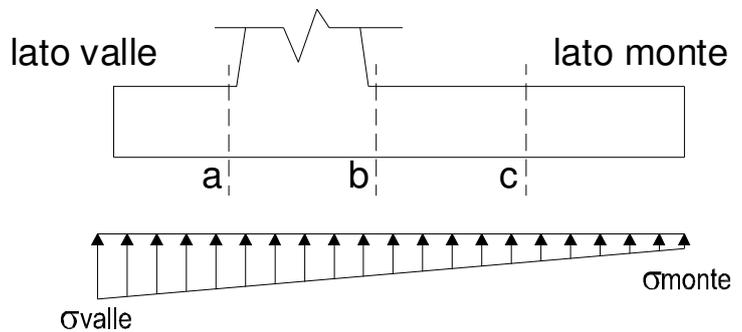
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 9.00 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 13.50 \quad (m^3)$$

caso	N [kN]	M [kNm]	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_{monte} [kN/m ²]
statico	1569.94	662.17	223.49	125.39
	2138.86	36.35	240.34	234.96
sisma+	1568.58	112.54	182.62	165.95
	1647.05	26.22	184.95	181.06
sisma-	1503.51	102.67	174.66	159.45
	1581.98	16.35	176.99	174.56



Mensola Lato Valle

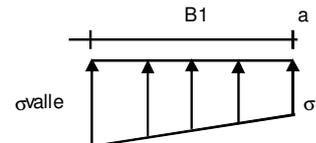
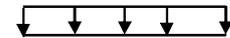
$$\text{Peso Proprio.} \quad PP = 30.00 \quad (kN/m)$$

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

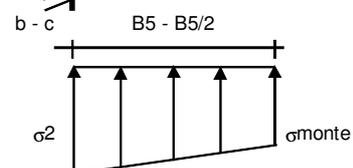
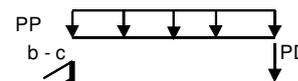
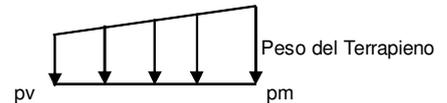
$$Va = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

caso	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_1 [kN/m ²]	Ma [kNm]	Va [kN]
statico	223.49	203.87	302.85	330.62
	240.34	239.27	340.18	377.65
sisma+	182.62	179.29	244.44	269.27
	184.95	184.17	250.60	276.78
sisma-	174.66	171.62	233.72	255.32
	176.99	176.50	237.86	262.83

Peso Proprio



Stv+Stq



Mensola Lato Monte

$$PP = 30.00 \quad (kN/m^2)$$

peso proprio soletta fondazione

$$PD = 0.00 \quad (kN/m)$$

peso proprio dente

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	= 177.60	261.27	189.14	(kN/m ²)
pvb	= 177.60	261.27	189.14	(kN/m ²)
pvc	= 177.60	261.27	189.14	(kN/m ²)

$$Mb = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

$$Mc = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$$

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

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

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3T 30 D 26 CL SL 31 00 001 A 146 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	M_b	V_b	σ_{2c}	M_c	V_c
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	125.39	192.10	-1123.18	-299.01	158.74	-332.85	-200.54
	234.96	238.62	-1031.60	-333.39	236.79	-260.76	-169.50
sisma+	165.95	177.29	-789.83	-246.55	171.62	-206.30	-131.95
	181.06	183.70	-781.68	-252.76	182.38	-197.48	-128.40
sisma-	159.45	169.79	-756.50	-236.67	164.62	-197.20	-126.25
	174.56	176.21	-739.39	-239.95	175.39	-186.13	-121.24

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

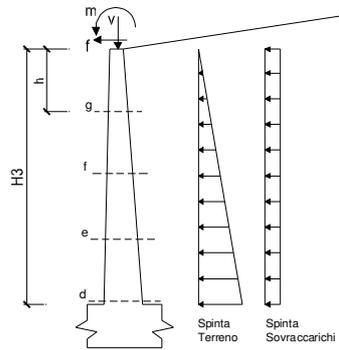
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

$$V_{ext} = f$$

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



condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	Mext	Mtot	Next	Npp	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	7.80	489.18	761.74	0.00	1250.92	1.00	144.30	145.30
e-e	5.85	206.37	428.48	0.00	634.85	1.00	95.79	96.79
f-f	3.90	61.15	190.43	0.00	251.58	1.00	55.58	56.58
g-g	1.95	7.64	47.61	0.00	55.25	1.00	23.64	24.64

sezione	h	Vt	Vq	Vext	Vtot
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	7.80	188.15	195.32	0.00	383.46
e-e	5.85	105.83	146.49	0.00	252.32
f-f	3.90	47.04	97.66	0.00	144.70
g-g	1.95	11.76	48.83	0.00	60.59

condizione sismica +

sezione	h	Mt stat	Mt sism	Mq	Mext	Minerzia	Mtot	Next	Npp+inerzia	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	7.80	376.29	40.91	221.31	0.00	19.76	658.27	1.00	147.29	148.29
e-e	5.85	158.75	17.26	124.48	0.00	10.11	310.60	1.00	97.78	98.78
f-f	3.90	47.04	5.11	55.33	0.00	4.05	111.52	1.00	56.73	57.73
g-g	1.95	5.88	0.64	13.83	0.00	0.90	21.25	1.00	24.13	25.13

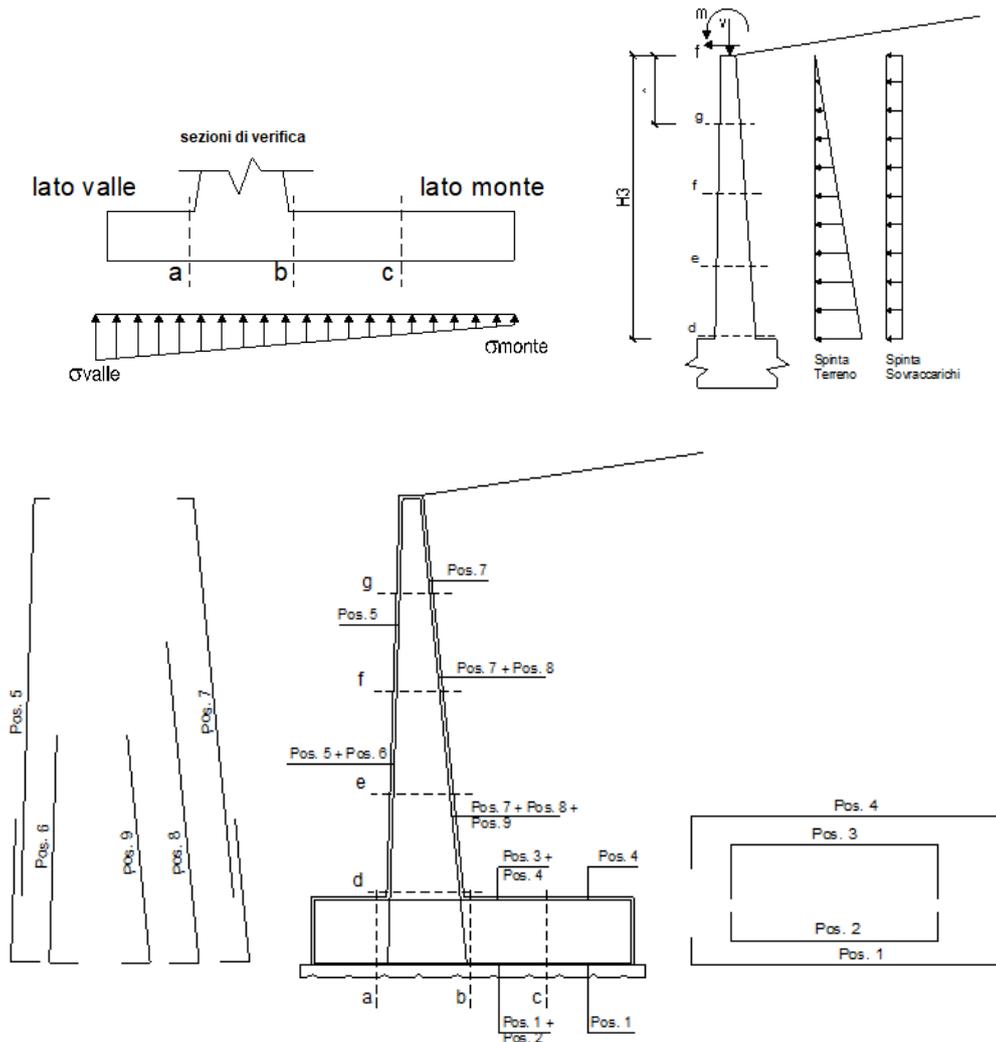
sezione	h	Vt stat	Vt sism	Vq	Vext	Vinerzia	Vtot
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	7.80	144.73	15.73	56.75	0.00	5.98	223.19
e-e	5.85	81.41	8.85	42.56	0.00	3.97	136.79
f-f	3.90	36.18	3.93	28.37	0.00	2.30	70.79
g-g	1.95	9.05	0.98	14.19	0.00	0.98	25.20

condizione sismica -

sezione	h	Mt stat	Mt sism	Mq	Mext	Minerzia	Mtot	Next	Npp+inerzia	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	7.80	376.29	25.35	222.08	0.00	19.76	643.49	1.00	141.31	142.31
e-e	5.85	158.75	10.70	124.92	0.00	10.11	304.47	1.00	93.81	94.81
f-f	3.90	47.04	3.17	55.52	0.00	4.05	109.77	1.00	54.42	55.42
g-g	1.95	5.88	0.40	13.88	0.00	0.90	21.06	1.00	23.15	24.15

sezione	h	Vt stat	Vt sism	Vq	Vext	Vinerzia	Vtot
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	7.80	144.73	9.75	56.94	0.00	5.98	217.41
e-e	5.85	81.41	5.49	42.71	0.00	3.97	133.57
f-f	3.90	36.18	2.44	28.47	0.00	2.30	69.40
g-g	1.95	9.05	0.61	14.24	0.00	0.98	24.87

9.3.4.2 VERIFICHE SLU



Armatura minima

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

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

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

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

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	148 di 223

Muro h = 7,8m su fondazione diretta
ARMATURE

pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	10.0	22		5	10.0	22	
2	0.0	0	┌┐	6	0.0	0	┌┐
3	5.0	22	└┘	7	10.0	22	
4	10.0	22		8	5.0	22	┌┐
				9	0.0	0	┌┐

Pertanto l'armatura secondaria sarà pari a:

sez a – a: φ12/20cm (ripartitori in fondazione e in elevazione);

sez b – b: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez c – c: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez d – d: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez e – e: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez f – f: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez g – g: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)
a - a	340.18	0.00	1.20	38.01	57.02	1622.87
b - b	-1123.18	0.00	1.20	57.02	38.01	2349.53
c - c	-332.85	0.00	1.20	38.01	38.01	1605.26
d - d	1250.92	145.30	1.08	57.02	38.01	2185.55
e - e	634.85	96.79	0.91	57.02	38.01	1775.83
f - f	251.58	56.58	0.74	57.02	38.01	1376.71
g - g	55.25	24.64	0.57	38.01	38.01	673.38

(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	377.65	1.20	415.74	12	20	20	21.8	2805.52	Armatura a taglio non necessaria
b - b	333.39	1.20	475.91	12	20	20	21.8	2805.52	Armatura a taglio non necessaria
c - c	200.54	1.20	415.74	12	20	20	21.8	2805.52	Armatura a taglio non necessaria
d - d	383.46	1.08	469.39	12	20	20	21.8	2506.80	Armatura a taglio non necessaria
e - e	252.32	0.91	422.20	12	20	20	21.8	2083.60	Armatura a taglio non necessaria
f - f	144.70	0.74	372.94	12	20	20	21.8	1660.41	Armatura a taglio non necessaria
g - g	60.59	0.57	280.21	12	20	20	21.8	1237.22	Armatura a taglio non necessaria

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	149 di 223

9.3.4.3 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	277.32	0.00	1.20	38.01	57.02	1.42	70.16
b - b	-771.01	0.00	1.20	57.02	38.01	3.69	136.68
c - c	-210.66	0.00	1.20	38.01	38.01	1.14	53.28
d - d	914.07	145.30	1.08	57.02	38.01	5.24	164.57
e - e	461.25	96.79	0.91	57.02	38.01	3.55	100.23
f - f	181.48	56.58	0.74	57.02	38.01	2.02	49.49
g - g	39.49	24.64	0.57	38.01	38.01	0.82	20.72

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	249.59	0.00	1.20	38.01	57.02	1.28	63.15
b - b	-694.55	0.00	1.20	57.02	38.01	3.33	123.13
c - c	-182.48	0.00	1.20	38.01	38.01	0.98	46.15
d - d	658.27	142.31	1.08	57.02	38.01	3.80	115.62
e - e	310.60	94.81	0.91	57.02	38.01	2.42	65.22
f - f	111.52	55.42	0.74	57.02	38.01	1.27	28.82
g - g	21.25	24.15	0.57	38.01	38.01	0.45	9.85

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.3.4.4 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	277.32	0.00	1.20	38.01	57.02	1.42	70.16	0.078	0.200
b - b	-771.01	0.00	1.20	57.02	38.01	3.69	136.68	0.143	0.200
c - c	-210.66	0.00	1.20	38.01	38.01	1.14	53.28	0.059	0.200
d - d	914.07	145.30	1.08	57.02	38.01	5.24	164.57	0.189	0.200
e - e	461.25	96.79	0.91	57.02	38.01	3.55	100.23	0.095	0.200
f - f	181.48	56.58	0.74	57.02	38.01	2.02	49.49	0.045	0.200
g - g	39.49	24.64	0.57	38.01	38.01	0.82	20.72	0.020	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	193.77	0.00	1.20	38.01	57.02	0.99	49.02	0.055	0.200
b - b	-349.45	0.00	1.20	57.02	38.01	1.67	61.95	0.063	0.200
c - c	-61.58	0.00	1.20	38.01	38.01	0.33	15.57	0.017	0.200
d - d	496.53	145.30	1.08	57.02	38.01	2.90	84.33	0.080	0.200
e - e	226.38	96.79	0.91	57.02	38.01	1.79	45.43	0.043	0.200
f - f	77.10	56.58	0.74	57.02	38.01	0.89	18.55	0.017	0.200
g - g	13.39	24.64	0.57	38.01	38.01	0.29	5.13	0.005	0.200

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

 <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) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>151 di 223</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	151 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	151 di 223								

9.3.4.5 CALCOLO INCIDENZA ARMATURA

MURO a mensola TIPO3	
PARTE D'OPERA	INCIDENZA (Kg/mc)
Elevazione	120
Fondazione	70

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.4.1.1 Condizione drenate

				<i>valori caratteristici</i>		<i>valori di progetto</i>	
				<i>SLE</i>		<i>STR/GEO</i>	<i>EQU</i>
Dati Geotecnici							
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	38.00		38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ	20.00		20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	20.00		20.00	20.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni	<input checked="" type="checkbox"/> drenate <input type="checkbox"/> Non Drenate					
	Coesione Terreno di Fondazione	(kPa)	$c1'$	10.00		10.00	10.00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	$\phi1'$	26.00		26.00	26.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma1$	19.00		19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	19.00		19.00	19.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	H_s	14.00			
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	70000			

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.108	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.6	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.24	(-)	
	Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.041472	(-)	
	Coefficiente sismico verticale	k_v	0.0207	(-)	
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no			

RIBALTAMENTO	
β_s	0.36
k_h	0.06221
k_v	0.03110

				<i>STR/GEO</i>	<i>RIB</i>
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	k_a	0.277	0.277	0.277
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	k_{as+}	0.312	0.312	0.331
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	k_{as-}	0.313	0.313	0.334
	Coeff. Di Spinta Passiva	k_p	2.561	2.561	2.561
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	k_{ps+}	2.495	2.495	2.462
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	k_{ps-}	2.492	2.492	2.456

				<i>valori caratteristici</i>		<i>valori di progetto</i>	
				<i>SLE - sisma</i>		<i>STR/GEO</i>	<i>EQU</i>
Carichi Agenti							
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	q_p	16.62		21.60	21.60
	Sovraccarico su zattera di monte	<input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> no					
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	f_p	0.00		0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	v_p	1.00		1.00	1.00
Condizioni Statiche	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	m_p	0.00		0.00	0.00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m ²)	q	14.42		20.91	20.91
	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
Condizioni Sismiche	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche	(kNm/m)	m	0.00		0.00	0.00
	Coefficienti di combinazione condizione frequente ψ_1		1.00	condizione quasi permanente ψ_2		0.00	
	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m ²)	q_s	2.88			
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	f_s	0.00			
Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	v_s	0.00				
Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kNm/m)	m_s	0.00				

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.4.1.2 Condizione non drenate

			<i>valori caratteristici</i>		<i>valori di progetto</i>	
			<i>SLE</i>		<i>STR/GEO</i>	<i>EQU</i>
Dati Geotecnici						
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	38.00	38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ	20.00	20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	20.00	20.00	20.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni	<input type="checkbox"/> drenate <input checked="" type="checkbox"/> Non Drenate				
	Resistenza a Taglio non drenata	(kPa)	cu	75.00	75.00	75.00
	Angolo di attrito Terreno-Fondazione	(°)	$\phi 1'$	26.00	26.00	26.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma 1$	19.00	19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	19.00	19.00	19.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	14.00		
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	70000		

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.108	(-)	RIBALTAMENTO β_s 0.36 kh 0.06221 kv 0.03110
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.6	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.24	(-)	
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.041472	(-)	
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0207	(-)	
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no			

			<i>STR/GEO</i>	<i>RIB</i>
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.277	0.277
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.312	0.331
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.313	0.334
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	1.000	1.000
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	1.000	1.000
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	1.000	1.000

			<i>valori caratteristici</i>		<i>valori di progetto</i>	
			<i>SLE - sisma</i>		<i>STR/GEO</i>	<i>EQU</i>
Carichi Agenti						
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	qp	16.62	21.60	21.60
	Sovraccarico su zattera di monte	<input type="checkbox"/> si <input checked="" type="checkbox"/> 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	14.42	20.91	20.91
	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
Condizioni Sismiche	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche	(kNm/m)	m	0.00	0.00	0.00
	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	2.88		
Condizioni Sismiche	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		

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	155 di 223

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls

Rck = 37 (MPa)
fck = 30 (MPa)
fcm = 38 (MPa)
Ec = 32837 (MPa)
 α_{cc} = 0.85
 γ_c = 1.50

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ = 17.00 (MPa)
 $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ = 2.90 (MPa)

Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche

σ_c = 12 Mpa
 σ_f = 337.5 Mpa

condizioni sismiche

σ_c = 12 Mpa
 σ_f = 337.5 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 = 7.40 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 4.00 (cm)

Interfero tra I e II strato

i_{I-II} = 5.00 (cm)

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	156 di 223

9.4.2 Calcolo delle azioni

9.4.2.1 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	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	60.00	60.00	60.00
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	38.25	38.25	38.25
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	175.00	175.00	175.00
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	(kN/m)	273.25	273.25	273.25

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

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	(kN/m)	610.80	610.80	610.80
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	(kN/m)	114.14	114.14	114.14
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	(kN/m)	30.60	30.60	30.60
Sovr =	$q_p \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	(kN/m)	755.54	755.54	755.54

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	80.7692308	117.115385	
Sovr acc. Sism	$q_s \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	16.1538462		

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	0.00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	(kNm/m)	72.00	72.00	72.00
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	60.05	60.05	60.05
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	612.50	612.50	612.50
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	(kNm/m)	744.55	744.55	744.55

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

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	(kNm/m)	2721.11	2721.11	2721.11
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	585.92	585.92	585.92
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	53.24	53.24	53.24
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	(kNm/m)	3360.28	3360.28	3360.28

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	339.230769	491.884615	
Sovr acc. Sism	$q_s \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	67.8461538		

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	157 di 223

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)	11.33	17.00
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)	5.67	8.50

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

Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)	31.33	47.00
Ptsh v =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)	15.67	23.50

- 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)	9.95	14.93
MPs3 h =	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	4.76	7.14
MPs4 h =	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	3.63	5.44
MPs5 h =	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs h =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	18.34	27.51

- 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)	1.49	2.24
MPs3 v =	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	1.25	1.87
MPs4 v =	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	12.70	19.05
MPs5 v =	$kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs v =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	15.44	23.16

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

MPts1 h =	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	101.32	151.99
MPts2 h =	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	64.75	97.13
MPts3 h =	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	6.35	9.52
MPts h =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	172.42	258.63

- 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)	56.43	84.64
MPts2 v =	$kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	12.55	18.83
MPts3 v =	$kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	1.37	2.06
MPts v =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	70.35	105.53

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	158 di 223

9.4.2.2 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)	226.21	294.08	294.08
Sq perm =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$	(kN/m)	41.59	54.06	54.06
Sq acc =	$q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$	(kN/m)	36.10	52.34	52.34

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	212.57	276.34	276.34
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	39.08	50.80	50.80
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	33.92	49.19	49.19

- Componente verticale condizione statica

Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m)	77.37	100.58	100.58
Sqv perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	14.22	18.49	18.49
Sqv acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	12.35	17.90	17.90

- 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)	640.42	832.54	832.54
MSt2 =	$Stv \cdot B$	(kNm/m)	541.58	704.06	704.06
MSq1 perm =	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	(kNm/m)	176.60	229.58	229.58
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$	(kNm/m)	153.30	222.28	222.28
MSq2 perm =	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	(kNm/m)	99.56	129.43	129.43
MSq2 acc =	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	(kNm/m)	86.43	125.32	125.32
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

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	159 di 223

9.4.2.3 Spinte in condizione sismica +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma^* (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	226.21	226.21	226.21
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma^* (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	33.73	33.73	52.21
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	46.82	46.82	49.64
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$	(kN/m)	8.13	8.13	8.62

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	212.57	212.57	212.57
Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	31.69	31.69	49.06
Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	43.99	43.99	46.65
Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	7.64	7.64	8.10

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	77.37	77.37	77.37
Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	11.54	11.54	17.86
Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	16.01	16.01	16.98
Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	2.78	2.78	2.95

- 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)	640.42	640.42	640.42
MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	95.49	95.49	147.81
MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kNm/m)	541.58	541.58	541.58
MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kNm/m)	80.75	80.75	124.99
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	233.32	233.32	247.39
MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$	(kNm/m)	131.54	131.54	139.48
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) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.4.2.4 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)	226.21	226.21	226.21
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^-$	(kN/m)	24.44	24.44	38.47
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	47.05	47.05	50.22
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	8.17	8.17	8.72

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ	(kN/m)	212.57	212.57	212.57
Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ	(kN/m)	22.96	22.96	36.15
Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ	(kN/m)	44.22	44.22	47.19
Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ	(kN/m)	7.68	7.68	8.19

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ	(kN/m)	77.37	77.37	77.37
Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ	(kN/m)	8.36	8.36	13.16
Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ	(kN/m)	16.09	16.09	17.18
Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ	(kN/m)	2.79	2.79	2.98

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)	(kNm/m)	640.42	640.42	640.42
MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)	(kNm/m)	69.18	69.18	108.91
MSst2 stat = Sst1v stat * B	(kNm/m)	541.58	541.58	541.58
MSst2 sism = Sst1v sism * B	(kNm/m)	58.51	58.51	92.10
MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)	(kNm/m)	234.51	234.51	250.29
MSsq2 = Ssq1v * B	(kNm/m)	132.21	132.21	141.11
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)*(H3 + H2)	(kNm/m)	0.00		
Mfext3 = (vp+vs)*(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) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.4.3 Verifiche geotecniche

9.4.3.1 Verifica statica a ribaltamento, scorrimento e carico limite verticale – C. Drenate

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)					
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v \text{ perm} + Sq_v \text{ acc}$		1166.76	(kN/m)		
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{th} + S_{qh} + f$		376.33	(kN/m)		
Coefficiente di attrito alla base (f)					
$f = \text{tg}\phi_1'$		0.49	(-)		
Fs scorr.	(N*f + Sp) / T	1.51	>		1.1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)					
$Ms = M_m + M_t + M_{fext3}$		4106.03	(kNm/m)		
Momento ribaltante (Mr)					
$Mr = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$		325.59	(kNm/m)		
Fs ribaltamento	Ms / Mr	12.61	>		1.15

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax [↑]		
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ \text{Sovr acc})$		1166.76	1283.88	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{th} + S_{qh} + f - Sp$		376.33	376.33	(kN/m)	
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
$MM = \sum M$		3780.44	4272.33	(kNm/m)	
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
$M = X_c * N - MM$		303.23	221.25	(kNm/m)	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

$c'1'$	coesione terreno di fondaz.	10.00		(kPa)
$\varphi 1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	9.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d * H2'$	sovraccarico stabilizzante	29.40		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.26	0.17	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.48	6.66	(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)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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)	0.50	0.54	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.46	0.46	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' \cot \varphi))^{m+1}$		0.36	0.36	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	409.18	422.01	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = q_{lim}*B* / N	N_{min}	2.27	>	1.4
		N_{max}	2.19	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.4.3.2 Verifica sismica a ribaltamento, scorrimento e carico limite verticale – C. Drenate

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 1158.82 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 338.56 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.67} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 4106.03 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 387.03 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{10.61} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} \text{ acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 1158.82 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 1174.97 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 338.56 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$M_M = \sum M \quad 3785.71 \quad 3853.56 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - M_M \quad 270.16 \quad 258.85 \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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_1'	coesione terreno di fondaz.	10.00		(kN/mq)
φ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	9.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	29.40		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.23	0.22	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.53	6.56	(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)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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)	0.54	0.55	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.50	0.51	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0.40	0.40	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	450.04	453.61	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	2.54	>	1.2
		N_{max}	2.53	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Condizione sismica –

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 1113.07 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 330.09 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.64} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 4106.03 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 639.65 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{6.42} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} & N_{max} \\ 1113.07 & 1129.23 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 330.09 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad \begin{matrix} 3617.67 & 3685.52 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad \begin{matrix} 278.08 & 266.77 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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_1'	coesione terreno di fondaz.	10.00		(kN/mq)
φ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	9.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	29.40		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.25	0.24	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.50	6.53	(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)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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)	0.54	0.55	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.50	0.50	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0.40	0.40	(-)

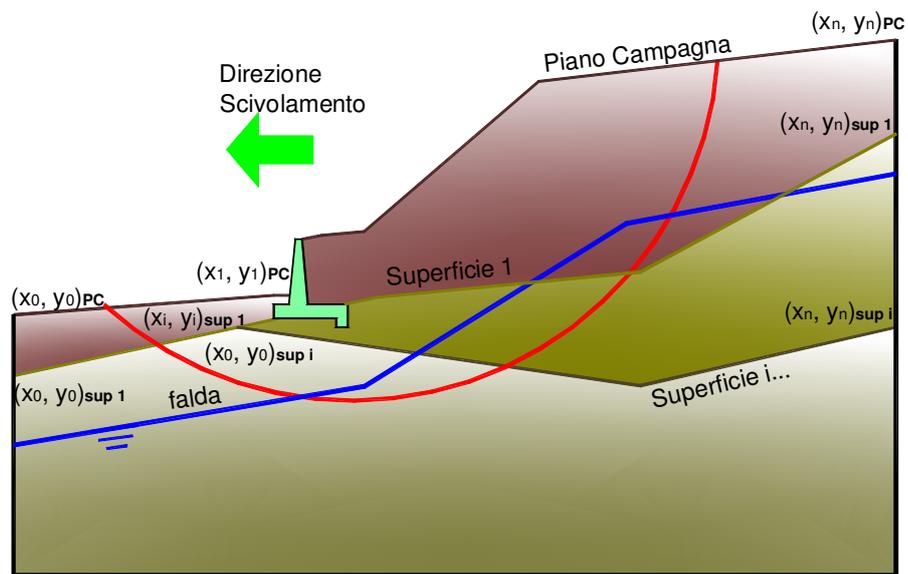
(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	444.93	448.67	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	2.60	>	1.2
		N_{max}	2.59	>	

9.4.3.3 Verifica di stabilità globale – C. 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.

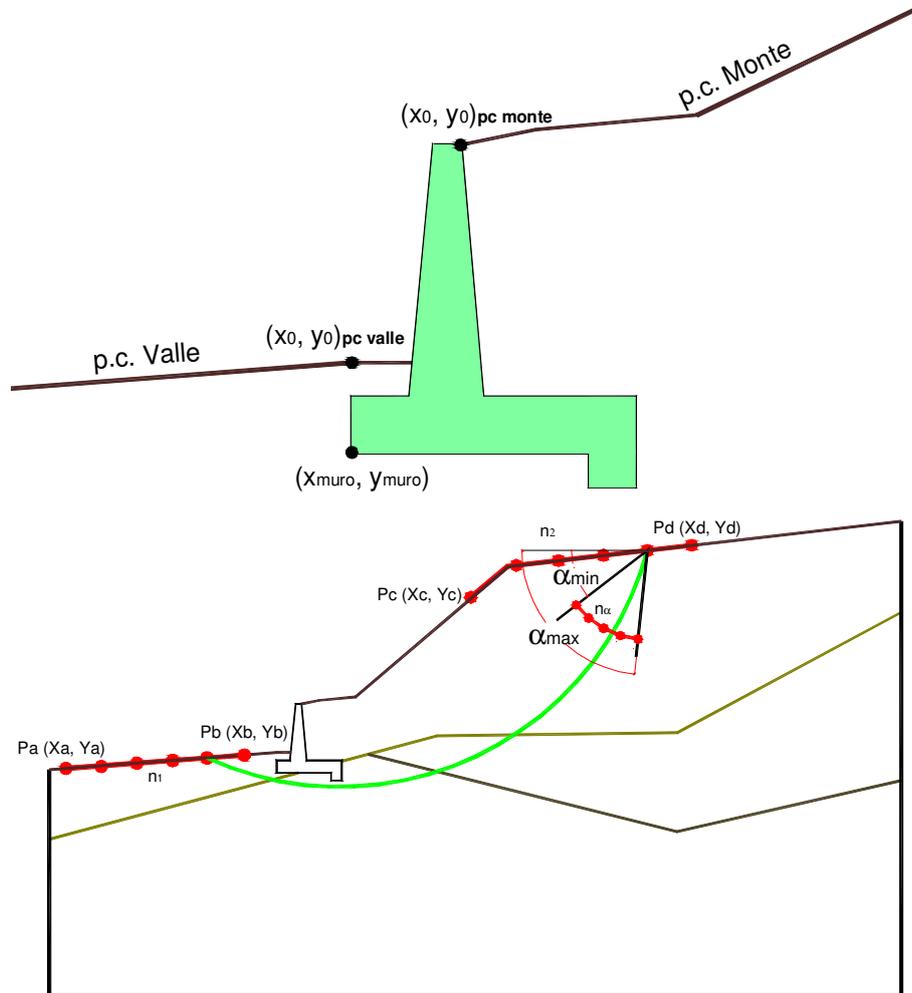


	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]	Descrizione
materiale 1	20.00	38	0	Rilevato - riporto
materiale 2	19.00	26	10	Unità geotecnica 1 - a2
materiale 3				
materiale 4				

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	168 di 223



p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		fida	
materiale 1						materiale 2		materiale 3		materiale 4			
x	y		x	y		x	y	x	y	x	y	x	y
0	100.000	101.200	0	101.400	107.000	0	50.000	100.000	0		0	50.000	100.000
1	50.000	101.200	1	115.100	112.000	1	150.000	100.000	1		1	150.000	100.000
2			2	150.000	112.000	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		

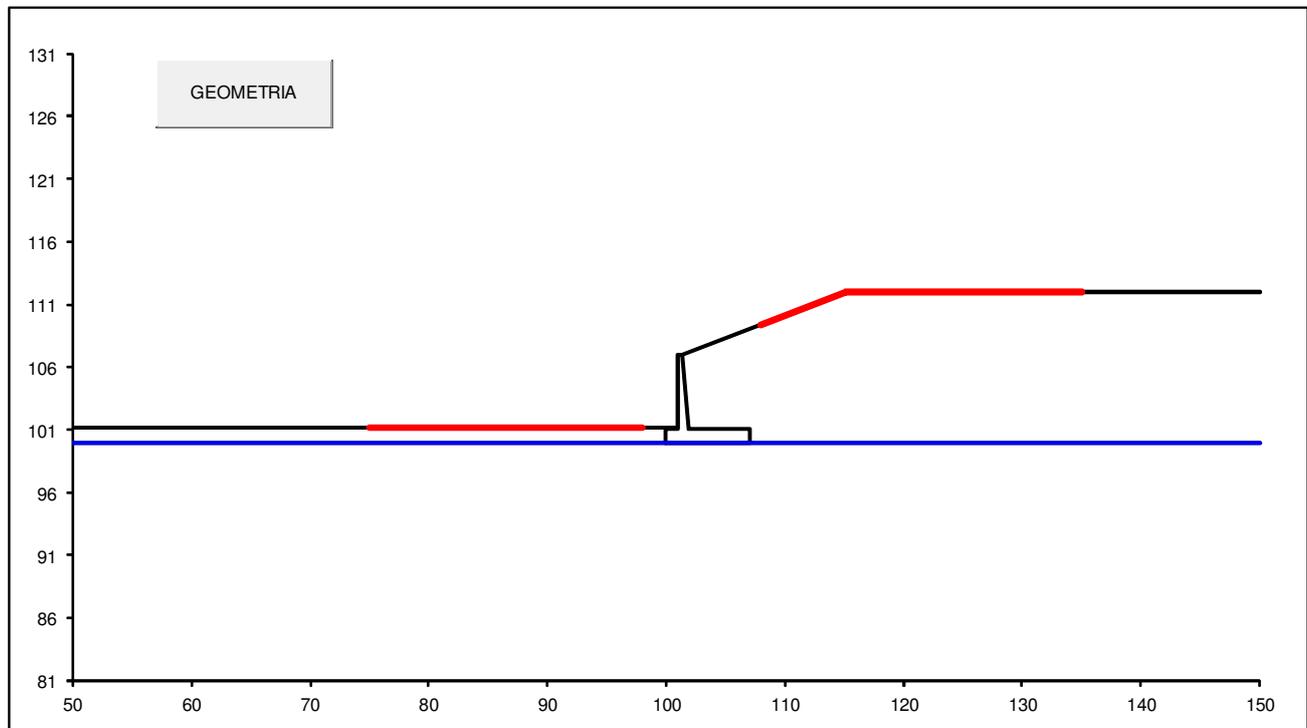
Sovraccarichi

	x_{in}	q_{in}	x_{fin}	q_{fin}	% sisma
sovraccarico 1	111.400	14.42	114.000	14.42	20%
sovraccarico 2					

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

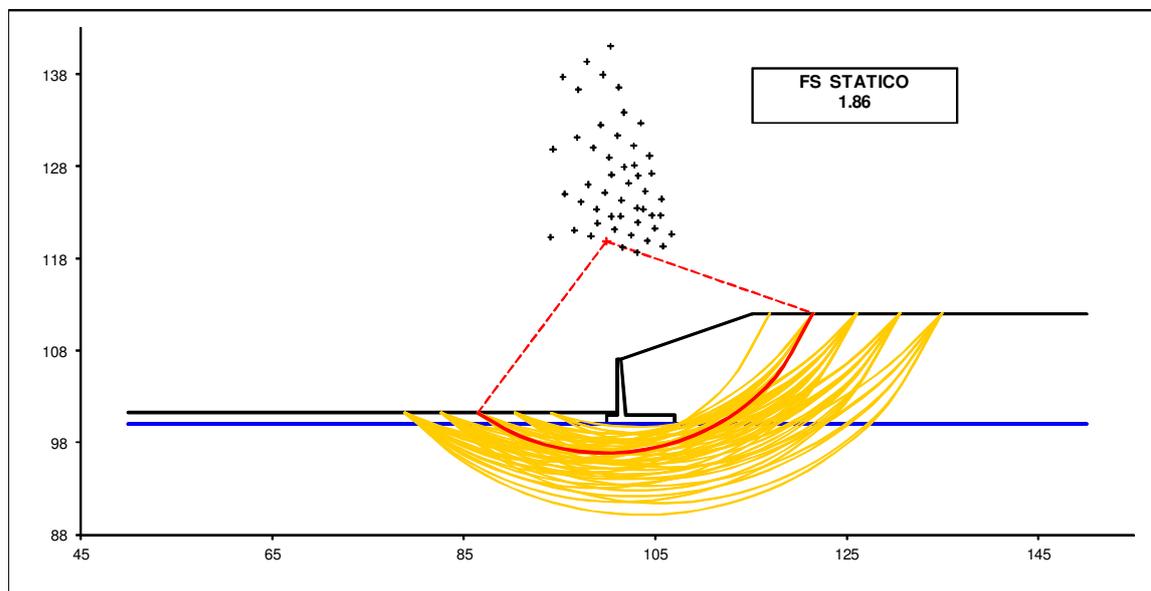
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	169 di 223



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
	76	STATICO
	SISMICO	1.665

Condizioni statiche

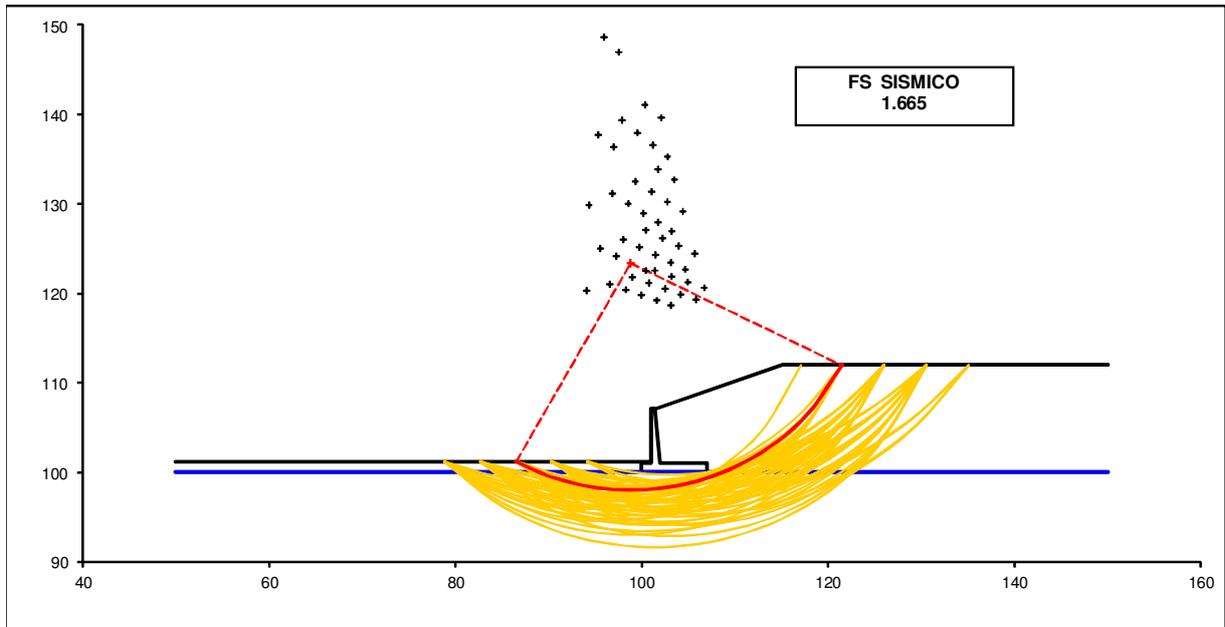


SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	170 di 223

Condizioni sismiche



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.4.3.4 Verifica statica a ribaltamento, scorrimento e carico limite verticale – C. Non drenate

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)					
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v \text{ perm} + Sq_v \text{ acc}$		1166.76	(kN/m)		
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{th} + S_{qh} + f$		376.33	(kN/m)		
Coefficiente di attrito alla base (f)					
$f = \text{tg}\phi_1'$		0.49	(-)		
Fs scorr.	(N*f + Sp) / T	1.51	>		1.1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)					
$Ms = M_m + M_t + M_{fext3}$		4106.03	(kNm/m)		
Momento ribaltante (Mr)					
$Mr = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$		325.59	(kNm/m)		
Fs ribaltamento	Ms / Mr	12.61	>		1.15

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax [↑]		
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr \text{ acc})$		1166.76	1283.88	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{th} + S_{qh} + f - Sp$		376.33	376.33	(kN/m)	
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
$MM = \sum M$		3780.44	4272.33	(kNm/m)	
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
$M = X_c * N - MM$		303.23	221.25	(kNm/m)	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	75.00		(kPa)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma_d*H_2'$	sovraccarico stabilizzante	30.40		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.26	0.17	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.48	6.66	(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T/(N + B*c'*\text{cotg}(\varphi)))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* cu*N_c))$		0.70	0.71	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B*c'*\text{cotg}(\varphi)))^{m+1}$		- -		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	299.87	302.93	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim}*B^*/ N$	N_{min}	1.67	>	1.4
		N_{max}	1.57	>	

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.4.3.5 Verifica sismica a ribaltamento, scorrimento e carico limite verticale – C. Non drenate

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 1158.82 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 338.56 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.67} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 4106.03 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 387.03 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{10.61} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} \text{ acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 1158.82 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 1174.97 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 338.56 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 3785.71 \quad 3853.56 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 270.16 \quad 258.85 \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	75.00		(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	30.40		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.23	0.22	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.53	6.56	(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* c u^* N_c))$		0.73	0.73	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		-	-	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q _{lim}	(carico limite unitario)	312.39	312.79	(kN/m ²)
------------------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = q_{lim}*B*/ N	N _{min}	1.76	>	1.2
		N _{max}	1.75	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Condizione sismica –

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 1113.07 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 330.09 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.64} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 4106.03 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 639.65 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{6.42} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} & N_{max} \\ 1113.07 & 1129.23 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 330.09 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad \begin{matrix} 3617.67 & 3685.52 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad \begin{matrix} 278.08 & 266.77 \end{matrix} \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	75.00			(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00			(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	30.40			(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.25	0.24		(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	6.50	6.53		(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00		(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* c u^* N_c))$		0.74	0.74		(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		-	-		(-)

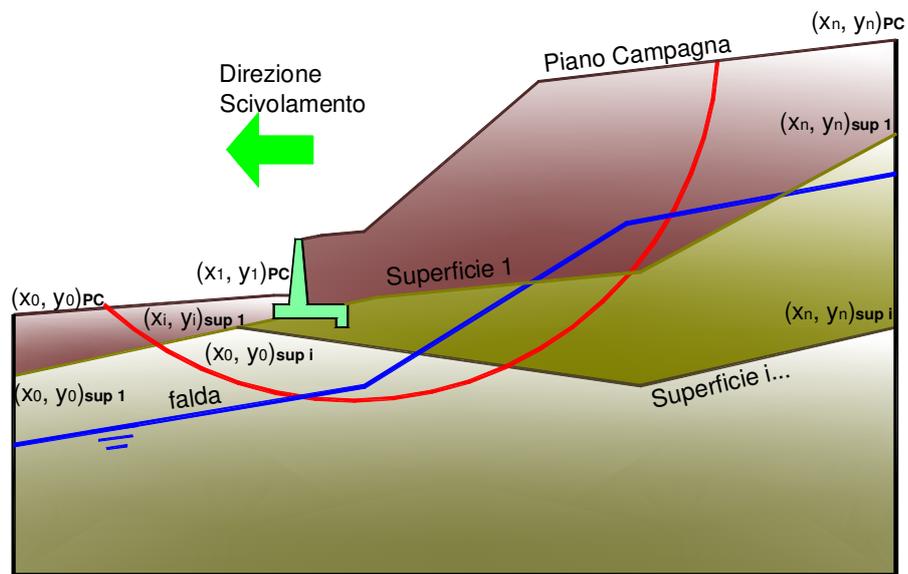
(fondazione nastriforme $m = 2$)

q _{lim}	(carico limite unitario)	314.46	314.88		(kN/m ²)
------------------	--------------------------	--------	--------	--	----------------------

FS carico limite	F = q_{lim}*B*/ N	N _{min}	1.84	>	1.2
		N _{max}	1.82	>	

9.4.3.6 Verifica di stabilità globale – C. 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	26	75	Unità geotecnica 1 - a2
materiale 3				
materiale 4				



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRIBI (LOTTO 3)
 SOTTOVIA

SL31 - Sottovia NV02

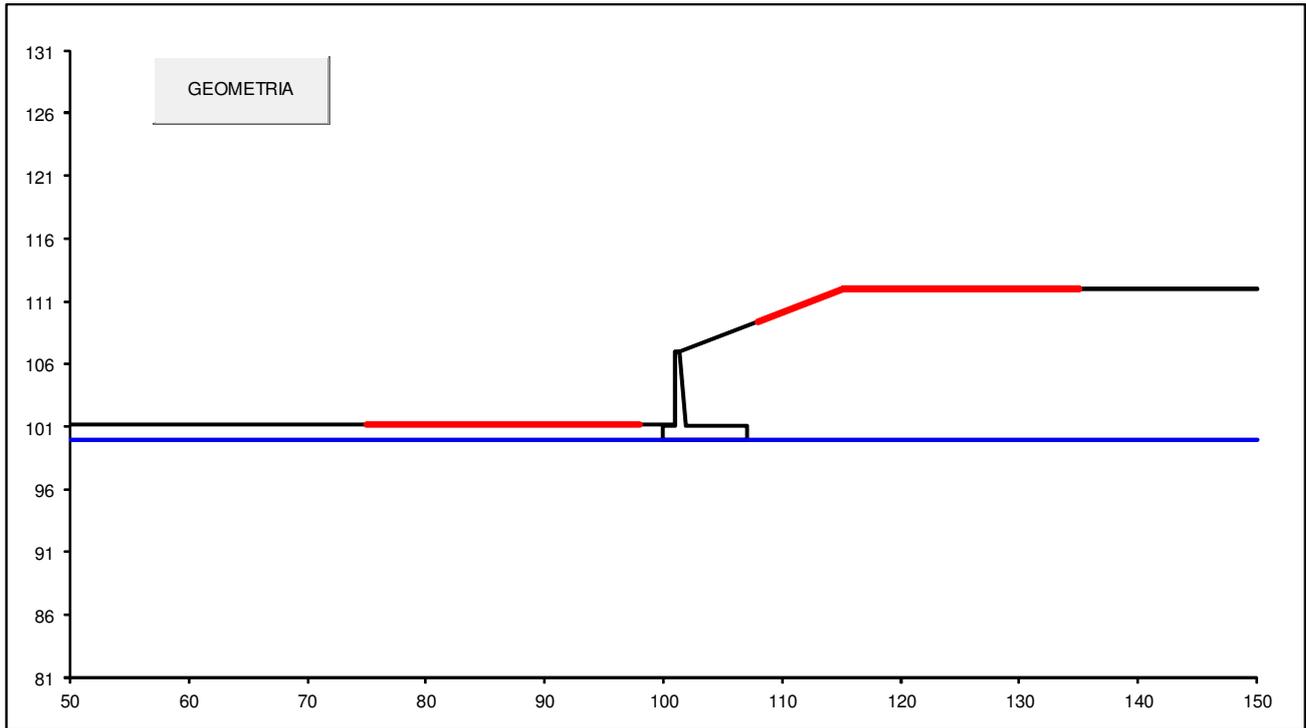
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	178 di 223

p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		fida	
materiale 1						materiale 2		materiale 3		materiale 4			
x	y		x	y		x	y	x	y	x	y	x	y
0	100.000	101.200	0	101.400	107.000	0	50.000	100.000	0		0	50.000	100.000
1	50.000	101.200	1	115.100	112.000	1	150.000	100.000	1		1	150.000	100.000
2			2	150.000	112.000	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"/>	111.400	14.42	114.000	14.42	20%
sovraccarico 2 <input type="checkbox"/>					



#strisce
30

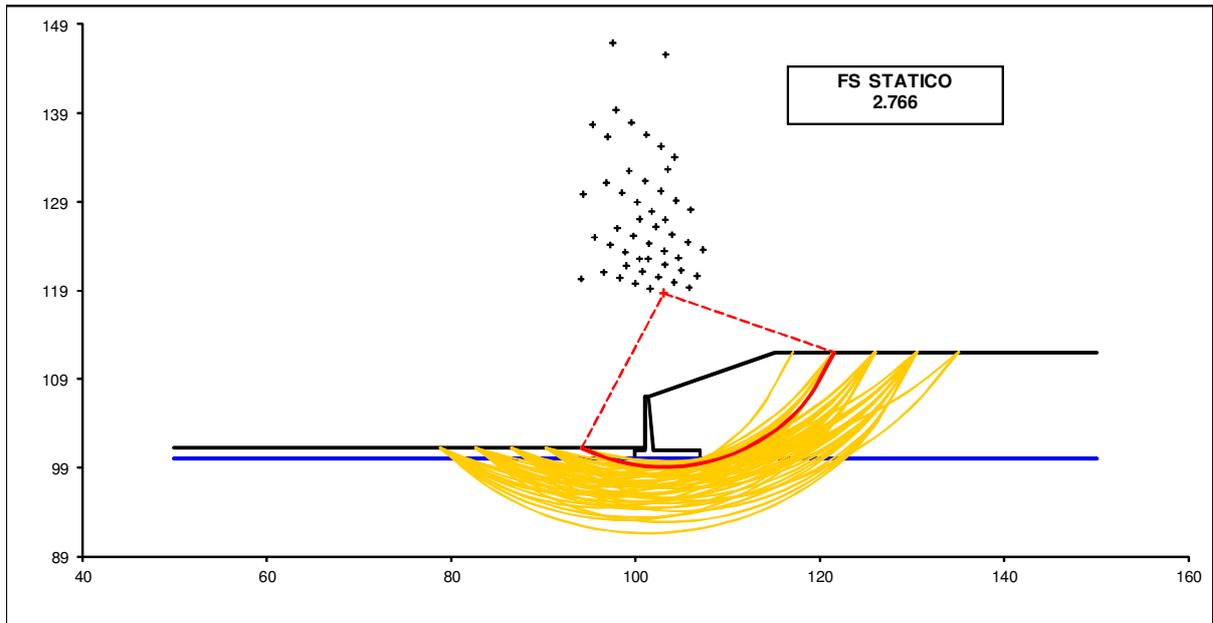
# Superfici Calcolate	FS Bishop	
	STATICO	2.766
76	SISMICO	1.970

SL31 - Sottovia NV02

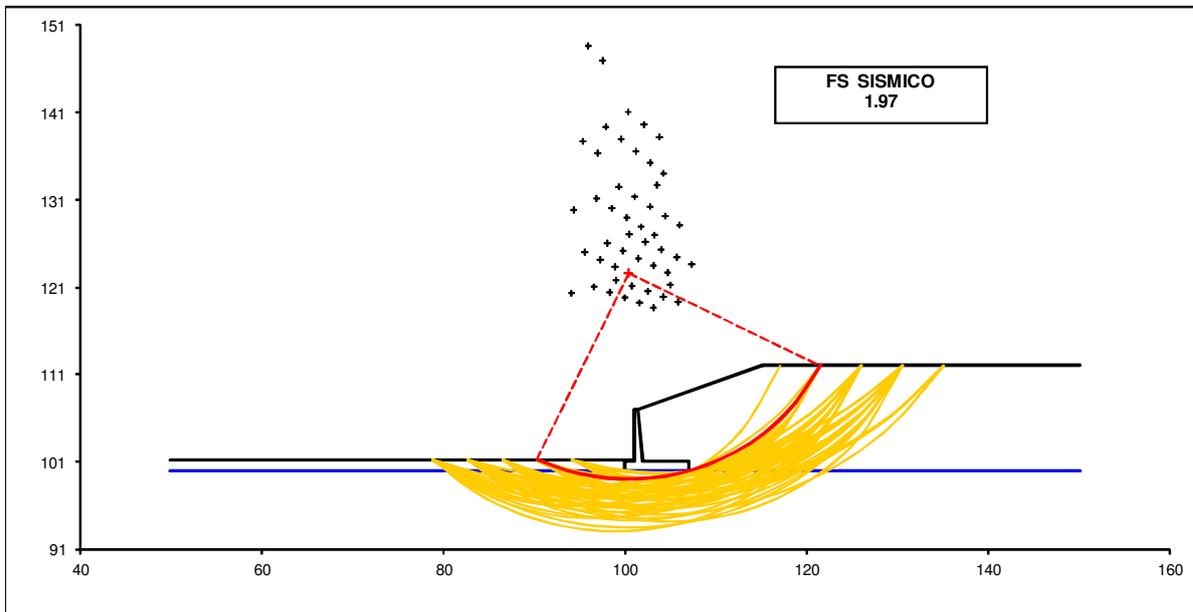
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	179 di 223

Condizione statica



Condizione sismica



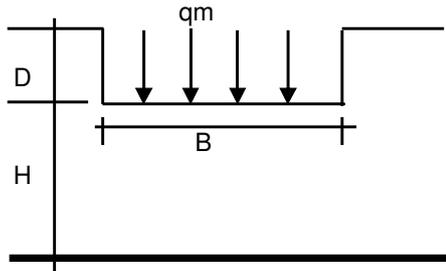
SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	180 di 223

9.4.3.7 Calcolo dei cedimenti

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

N	1133.73	(kN/m)
M	104.76	(kNm/m)
e=M/N	0.09	(m)
B*	6.82	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

D =	1.60	(m)
D/B*	0.23	(m)
Hs/B*	2.05	(m)

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 171.20 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.951 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.67 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 10.67 \quad (\text{mm})$$

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	181 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

9.4.4 Verifiche strutturali

9.4.4.1 Calcolo delle sollecitazioni

Reazione del terreno

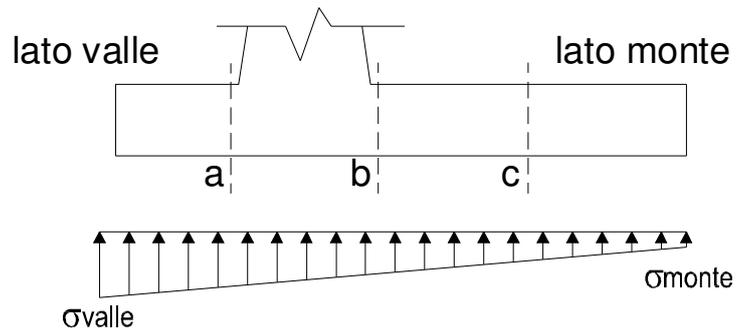
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 7.00 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 8.17 \quad (m^3)$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	1236.17	320.87	215.89	137.31
	1353.29	238.89	222.58	164.08
sisma+	1220.98	293.13	210.32	138.53
	1237.13	281.82	211.24	142.22
sisma-	1173.22	302.00	204.58	130.62
	1189.38	290.70	205.51	134.32



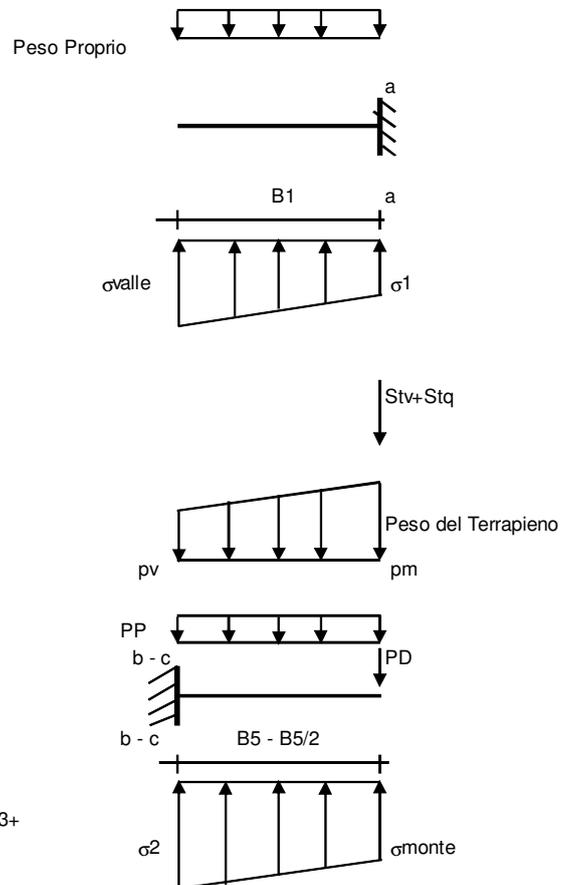
Mensola Lato Valle

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	215.89	204.66	93.57	185.27
	222.58	214.22	97.40	193.40
sisma+	210.32	200.06	90.69	179.67
	211.24	201.38	91.48	180.79
sisma-	204.58	194.02	88.29	173.78
	205.51	195.34	88.56	174.90



Mensola Lato Monte

PP = 25.00 (kN/m²)

PD = 0.00 (kN/m)

peso proprio soletta fondazione

peso proprio dente

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	= 168.70	189.61	171.58	(kN/m ²)
pvb	= 124.44	145.35	127.32	(kN/m ²)
pvc	= 146.57	167.48	149.45	(kN/m ²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H2/2$$

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

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

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	182 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	Mb	Vb	σ_{2c}	Mc	Vc
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	137.31	194.45	-1230.07	-213.14	165.88	-596.60	-271.62
	164.08	206.62	-1217.25	-220.48	185.35	-585.52	-266.00
sisma+	138.53	190.73	-1095.30	-200.59	164.63	-513.67	-235.84
	142.22	192.41	-1094.31	-201.90	167.32	-512.33	-235.22
sisma-	130.62	184.40	-1073.59	-196.44	157.51	-502.80	-231.52
	134.32	186.08	-1071.05	-197.15	160.20	-501.08	-230.59

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

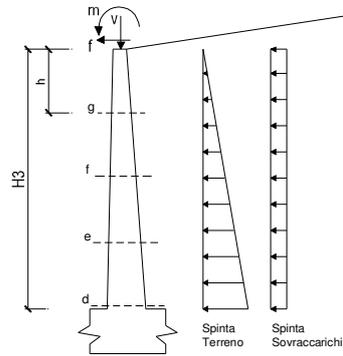
$$V_t \text{ stat} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

$$V_{ext} = f$$

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



condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	Mext	Mtot	Next	Npp	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	254.40	207.99	0.00	462.39	1.00	98.25	99.25
e-e	4.50	107.33	116.99	0.00	224.32	1.00	66.52	67.52
f-f	3.00	31.80	52.00	0.00	83.80	1.00	39.56	40.56
g-g	1.50	3.98	13.00	0.00	16.97	1.00	17.39	18.39

sezione	h	Vt	Vq	Vext	Vtot
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	127.20	69.33	0.00	196.53
e-e	4.50	71.55	52.00	0.00	123.55
f-f	3.00	31.80	34.67	0.00	66.47
g-g	1.50	7.95	17.33	0.00	25.28

condizione sismica +

sezione	h	Mt stat	Mt sism	Mq	Mext	Minerzia	Mtot	Next	Npp+inerzia	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	195.69	34.87	108.74	0.00	10.64	349.94	1.00	100.29	101.29
e-e	4.50	82.56	14.71	61.16	0.00	5.54	163.97	1.00	67.89	68.89
f-f	3.00	24.46	4.36	27.18	0.00	2.26	58.27	1.00	40.38	41.38
g-g	1.50	3.06	0.54	6.80	0.00	0.52	10.91	1.00	17.75	18.75

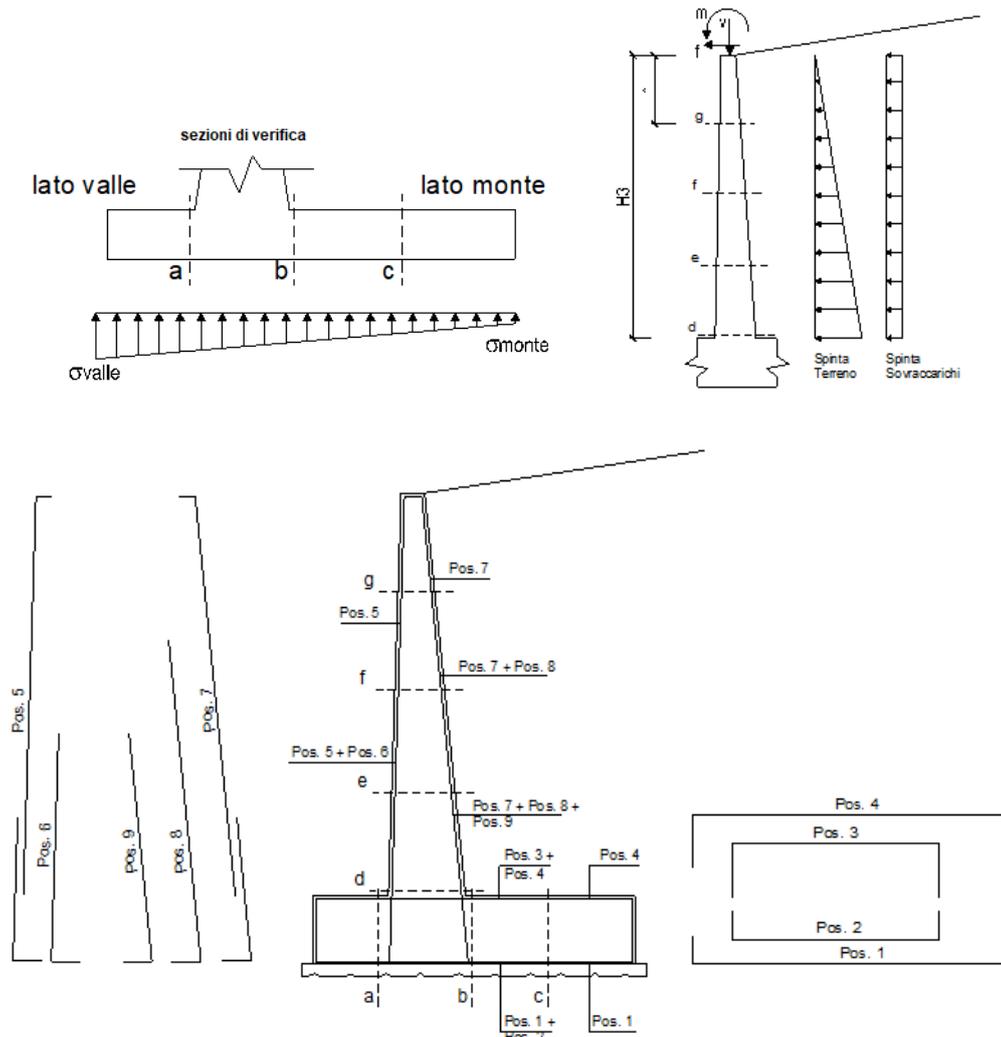
sezione	h	Vt stat	Vt sism	Vq	Vext	Vinerzia	Vtot
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	97.85	17.43	36.25	0.00	4.07	155.60
e-e	4.50	55.04	9.81	27.18	0.00	2.76	94.79
f-f	3.00	24.46	4.36	18.12	0.00	1.64	48.58
g-g	1.50	6.12	1.09	9.06	0.00	0.72	16.99

condizione sismica -

sezione	h	Mt stat	Mt sism	Mq	Mext	Minerzia	Mtot	Next	Npp+inerzia	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	195.69	26.14	109.35	0.00	10.64	341.82	1.00	96.21	97.21
e-e	4.50	82.56	11.03	61.51	0.00	5.54	160.63	1.00	65.14	66.14
f-f	3.00	24.46	3.27	27.34	0.00	2.26	57.33	1.00	38.74	39.74
g-g	1.50	3.06	0.41	6.83	0.00	0.52	10.82	1.00	17.03	18.03

sezione	h	Vt stat	Vt sism	Vq	Vext	Vinerzia	Vtot
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	6.00	97.85	13.07	36.45	0.00	4.07	151.44
e-e	4.50	55.04	7.35	27.34	0.00	2.76	92.49
f-f	3.00	24.46	3.27	18.23	0.00	1.64	47.59
g-g	1.50	6.12	0.82	9.11	0.00	0.72	16.77

9.4.4.2 Verifiche SLU



Armatura minima

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

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

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

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

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	184 di 223

Muro h = 6,0m 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	10,0	24	<input checked="" type="checkbox"/>	7	10,0	20	
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: φ12/20cm (ripartitori in fondazione e in elevazione);

sez b – b: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez c – c: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez d – d: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez e – e: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez f – f: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

sez g – g: φ12/20cm (ripartitori in fondazione);

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)
a - a	97.40	0.00	1.00	31.42	90.48	1125.38
b - b	-1230.07	0.00	1.00	90.48	31.42	2909.03
c - c	-596.60	0.00	1.00	45.24	31.42	1546.13
d - d	462.39	99.25	0.91	31.42	31.42	1013.01
e - e	224.32	67.52	0.78	31.42	31.42	839.85
f - f	83.80	40.56	0.66	31.42	31.42	671.94
g - g	16.97	18.39	0.53	31.42	31.42	508.38

(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	193.40	1.00	352.73	12	20	20	21.8	2305.16	Armatura a taglio non necessaria
b - b	220.48	1.00	501.85	12	20	20	21.8	2305.16	Armatura a taglio non necessaria
c - c	271.62	1.00	398.32	12	20	20	21.8	2305.16	Armatura a taglio non necessaria
d - d	196.53	0.91	348.65	12	20	20	21.8	2081.11	Armatura a taglio non necessaria
e - e	123.55	0.78	317.65	12	20	20	21.8	1763.72	Armatura a taglio non necessaria
f - f	66.47	0.66	285.44	12	20	20	21.8	1446.32	Armatura a taglio non necessaria
g - g	25.28	0.53	251.35	12	20	20	21.8	1128.93	Armatura a taglio non necessaria

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	185 di 223

9.4.4.3 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	81.31	0.00	1.00	31.42	90.48	0.56	30.50
b - b	-913.24	0.00	1.00	90.48	31.42	5.42	133.12
c - c	-440.59	0.00	1.00	45.24	31.42	3.13	115.93
d - d	347.54	99.25	0.91	31.42	31.42	3.39	130.09
e - e	167.97	67.52	0.78	31.42	31.42	2.14	73.29
f - f	62.42	40.56	0.66	31.42	31.42	1.10	32.18
g - g	12.55	18.39	0.53	31.42	31.42	0.34	7.28

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	91.22	0.00	1.00	31.42	90.48	0.63	34.22
b - b	-1095.30	0.00	1.00	90.48	31.42	6.50	159.66
c - c	-513.67	0.00	1.00	45.24	31.42	3.65	135.16
d - d	349.94	97.21	0.91	31.42	31.42	3.41	131.38
e - e	163.97	66.14	0.78	31.42	31.42	2.09	71.51
f - f	58.27	39.74	0.66	31.42	31.42	1.03	29.76
g - g	10.91	18.03	0.53	31.42	31.42	0.30	6.05

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.4.4.4 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	81.31	0.00	1.00	31.42	90.48	0.56	30.50	0.036	0.200
b - b	-913.24	0.00	1.00	90.48	31.42	5.42	133.12	0.144	0.200
c - c	-440.59	0.00	1.00	45.24	31.42	3.13	115.93	0.125	0.200
d - d	347.54	99.25	0.91	31.42	31.42	3.39	130.09	0.155	0.200
e - e	167.97	67.52	0.78	31.42	31.42	2.14	73.29	0.087	0.200
f - f	62.42	40.56	0.66	31.42	31.42	1.10	32.18	0.035	0.200
g - g	12.55	18.39	0.53	31.42	31.42	0.34	7.28	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	70.97	0.00	1.00	31.42	90.48	0.49	26.63	0.032	0.200
b - b	-764.54	0.00	1.00	90.48	31.42	4.54	111.45	0.112	0.200
c - c	-371.59	0.00	1.00	45.24	31.42	2.64	97.78	0.106	0.200
d - d	276.98	99.25	0.91	31.42	31.42	2.72	100.76	0.120	0.200
e - e	128.28	67.52	0.78	31.42	31.42	1.65	53.65	0.064	0.200
f - f	44.78	40.56	0.66	31.42	31.42	0.80	21.43	0.023	0.200
g - g	8.14	18.39	0.53	31.42	31.42	0.22	3.83	0.004	0.200

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

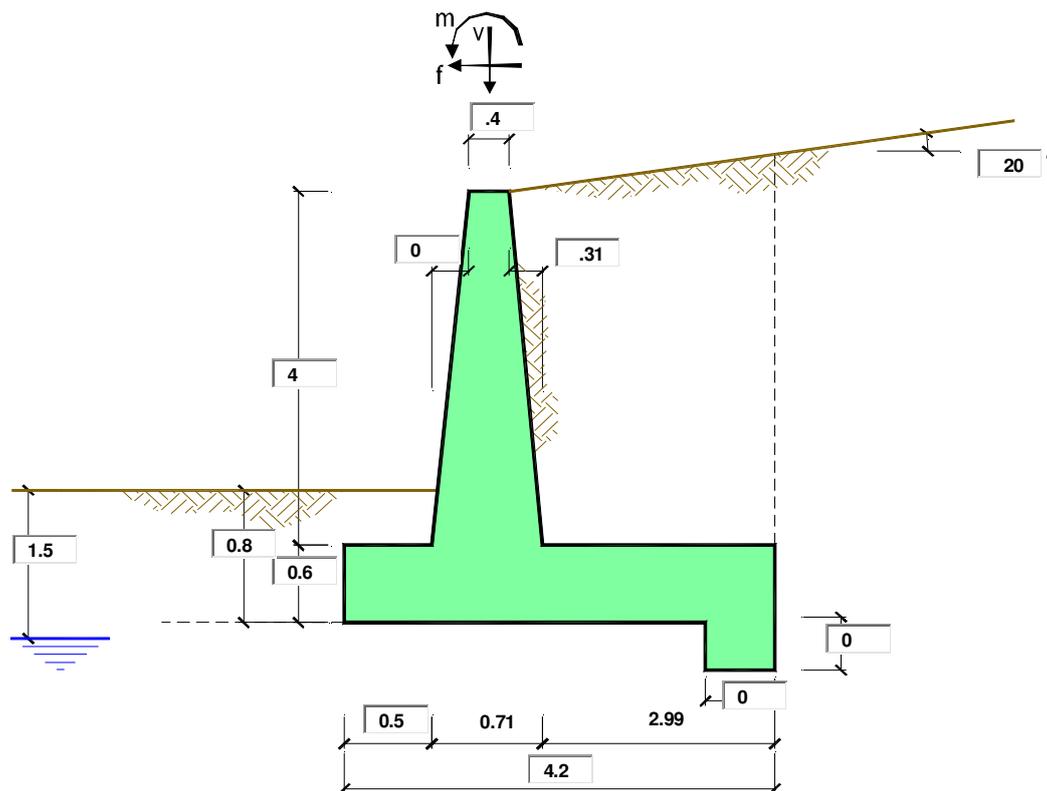
 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA</p>												
<p>SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 26 CL</td> <td>SL 31 00 001</td> <td>A</td> <td>187 di 223</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	187 di 223
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	187 di 223								

9.4.4.5 Calcolo incidenza armatura

MURO a mensola TIPO2	
PARTE D'OPERA	INCIDENZA (Kg/mc)
Elevazione	90
Fondazione	100

9.5 PROGETTO E VERIFICA DEL MURO DI SOTTOSCARPA “TIPO 1”

9.5.1 DATI DI INPUT



Geometria del Muro

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

Geometria della Fondazione

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

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.5.1.1 Condizione drenate

				valori caratteristici		valori di progetto	
				SLE		STR/GEO	EQU
Dati Geotecnici							
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	38.00		38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ	20.00		20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00		0.00	0.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni	<input checked="" type="checkbox"/> drenate <input type="checkbox"/> Non Drenate					
	Coesione Terreno di Fondazione	(kPa)	$c1'$	15.00		15.00	15.00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	$\phi1'$	26.00		26.00	26.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma1$	19.00		19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	19.00		19.00	19.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	8.00			
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	70000			

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.108	(-)	RIBALTAMENTO β_s 0.36 kh 0.06221 kv 0.03110
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.6	(-)	
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.24	(-)	
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.041472	(-)	
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0207	(-)	
Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no				

				STR/GEO	RIB
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	k_a	0.295	0.295	0.295
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	k_{as+}	0.327	0.327	0.344
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	k_{as-}	0.329	0.329	0.348
	Coeff. Di Spinta Passiva	k_p	2.561	2.561	2.561
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	k_{ps+}	2.495	2.495	2.462
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	k_{ps-}	2.492	2.492	2.456

				valori caratteristici		valori di progetto	
				SLE - sisma		STR/GEO	EQU
Carichi Agenti							
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	q_p	16.62		21.60	21.60
	Sovraccarico su zattera di monte	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no					
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	f_p	0.00		0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	v_p	1.00		1.00	1.00
Condizioni Statiche	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	m_p	0.00		0.00	0.00
	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m ²)	q	14.42		20.91	20.91
	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
Coefficienti di combinazione	condizione frequente $\psi1$	1.00	condizione quasi permanente $\psi2$	0.00			
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m ²)	q_s	2.88			
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	f_s	0.00			
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	v_s	0.00			
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kNm/m)	m_s	0.00			

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.5.1.2 Condizione non drenate

			valori caratteristici SLE		valori di progetto	
					STR/GEO	EQU
Dati Geotecnici						
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	38.00	38.00	38.00
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ	20.00	20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	0.00	0.00	0.00
Dati Terreno Fondazione	Condizioni		<input type="checkbox"/> drenate <input checked="" type="checkbox"/> Non Drenate			
	Resistenza a Taglio non drenata	(kPa)	cu	75.00	75.00	75.00
	Angolo di attrito Terreno-Fondazione	(°)	$\phi 1'$	26.00	26.00	26.00
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma 1$	19.00	19.00	19.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	19.00	19.00	19.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	8.00		
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	70000		

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.108	(-)		
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1.6	(-)		
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)		
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.24	(-)	RIBALTAMENTO	
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.041472	(-)	β_s	0.36
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0207	(-)	kh	0.06221
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no		kv	0.03110	

			STR/GEO	RIB
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.238	0.238
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.258	0.269
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.259	0.271
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	1.000	1.000
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	1.000	1.000
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	1.000	1.000

			valori caratteristici SLE - sisma		valori di progetto	
					STR/GEO	EQU
Carichi Agenti						
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m ²)	qp	16.62	21.60	21.60
	Sovraccarico su zattera di monte	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> 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	14.42	20.91	20.91
	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	2.88		
	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			

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	191 di 223

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls

Rck = 37 (MPa)
fck = 30 (MPa)
fcm = 38 (MPa)
Ec = 32837 (MPa)
 α_{cc} = 0.85
 γ_c = 1.50

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ = 17.00 (MPa)
 $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ = 2.90 (MPa)

Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche

σ_c = 12 Mpa
 σ_f = 337.5 Mpa

condizioni sismiche

σ_c = 12 Mpa
 σ_f = 337.5 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 = 7.00 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 4.00 (cm)

Interferro tra I e II strato

i_{I-II} = 5.00 (cm)

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	192 di 223

9.5.2 Calcolo delle azioni

9.5.2.1 Forze verticali e inerziali

FORZE VERTICALI

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
- Peso del Muro (Pm)				
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	0.00	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	40.00	40.00
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	15.50	15.50
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	63.00	63.00
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0.00	0.00
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	(kN/m)	118.50	118.50
- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)				
Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	(kN/m)	239.20	239.20
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	(kN/m)	39.64	39.64
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	(kN/m)	12.40	12.40
Sovr =	$qp \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	54.83	71.28
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$	(kN/m)	346.07	362.52
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	47.586	68.9997
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B4+B5)$	(kN/m)	9.5172	

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

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
- Muro (Mm)				
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	(kNm/m)	28.00	28.00
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	(kNm/m)	15.55	15.55
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	132.30	132.30
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	(kNm/m)	175.85	175.85
- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro				
Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	(kNm/m)	647.04	647.04
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	122.87	122.87
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	13.72	13.72
Msovr =	$Sovr \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	139.82	181.76
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kNm/m)	923.45	965.40
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	121.3443	175.949235
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B1+B2+B3+1/2 \cdot (B4+B5))$	(kNm/m)	24.26886	

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	193 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)	4.91	7.37
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)	2.46	3.69

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

Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)	15.03	22.55
Ptsh v =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)	7.52	11.28

- 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)	4.31	6.47
MPs3 h =	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	1.24	1.86
MPs4 h =	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	0.78	1.18
MPs5 h =	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs h =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	6.34	9.51

- 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)	0.58	0.87
MPs3 v =	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	0.32	0.48
MPs4 v =	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	2.74	4.12
MPs5 v =	$kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00
MPs v =	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	3.65	5.47

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

MPts1 h =	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	25.79	38.69
MPts2 h =	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	14.14	21.21
MPts3 h =	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	1.68	2.52
MPts h =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	41.61	62.41

- 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)	13.42	20.13
MPts2 v =	$kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	2.63	3.95
MPts3 v =	$kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.35	0.53
MPts v =	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	16.40	24.60

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	194 di 223

9.5.2.2 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)	99.40	129.22	129.22
Sq perm =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m)	28.47	37.01	37.01
Sq acc =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m)	24.71	35.83	35.83

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	99.40	129.22	129.22
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	28.47	37.01	37.01
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	24.71	35.83	35.83

- 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 =	$\frac{1}{2} \cdot g1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd$	(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)	192.21	249.87	249.87
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)	82.58	107.35	107.35
MSq1 acc =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m)	71.67	103.92	103.92
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 =	$\gamma1 \cdot Hd^3 \cdot kp/3 + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2/2$	(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

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	195 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

9.5.2.3 Spinte in condizione sismica +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma^* (H2+H3+H4+Hd)^{2*} ka$	(kN/m)	99.40	99.40	99.40
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma^* (1+kv) (H2+H3+H4+Hd)^{2*} kas^+ - Sst1 stat$	(kN/m)	13.07	13.07	20.11
Ssq1 perm = $qp (H2+H3+H4+Hd) kas^+$	(kN/m)	31.56	31.56	33.20
Ssq1 acc = $qs (H2+H3+H4+Hd) kas^+$	(kN/m)	5.48	5.48	5.76

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = $Sst1 stat \cdot \cos \delta$	(kN/m)	99.40	99.40	99.40
Sst1h sism = $Sst1 sism \cdot \cos \delta$	(kN/m)	13.07	13.07	20.11
Ssq1h perm = $Ssq1 perm \cdot \cos \delta$	(kN/m)	31.56	31.56	33.20
Ssq1h acc = $Ssq1 acc \cdot \cos \delta$	(kN/m)	5.48	5.48	5.76

- Componente verticale condizione sismica +

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

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
MSst1 stat = $Sst1h stat \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	192.21	192.21	192.21
MSst1 sism = $Sst1h sism \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	25.27	25.27	38.89
MSst2 stat = $Sst1v stat \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = $Sst1v sism \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	107.42	107.42	113.00
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	

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	196 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

9.5.2.4 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)	99.40	99.40	99.40
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^-$ - Sst1 stat	(kN/m)	8.98	8.98	14.03
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	31.70	31.70	33.53
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	5.50	5.50	5.82

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ	(kN/m)	99.40	99.40	99.40
Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ	(kN/m)	8.98	8.98	14.03
Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ	(kN/m)	31.70	31.70	33.53
Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ	(kN/m)	5.50	5.50	5.82

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

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

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU/RIB
MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)	(kNm/m)	192.21	192.21	192.21
MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)	(kNm/m)	17.36	17.36	27.13
MSst2 stat = Sst1v stat * B	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSst2 sism = Sst1v sism * B	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)	(kNm/m)	107.90	107.90	114.14
MSsq2 = Ssq1v * 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)*(H3 + H2)	(kNm/m)	0.00
Mfext3 = (vp+vs)*(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) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.5.3 Verifiche geotecniche

9.5.3.1 Verifica statica a ribaltamento, scorrimento e carico limite verticale – C. Drenate

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)					
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v \text{ perm} + Sq_v \text{ acc}$		482.02	(kN/m)		
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{th} + S_{qh} + f$		202.05	(kN/m)		
Coefficiente di attrito alla base (f)					
$f = \text{tg}\phi_1'$		0.49	(-)		
Fs scorr.	$(N \cdot f + S_p) / T$	1.16	>		1.1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)					
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$		1141.95	(kNm/m)		
Momento ribaltante (Mr)					
$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$		461.13	(kNm/m)		
Fs ribaltamento	M_s / M_r	2.48	>		1.15

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax		
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ \text{Sovr acc})$		482.02	551.02	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$		202.05	202.05	(kN/m)	
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
$MM = \sum M$		680.82	856.76	(kNm/m)	
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
$M = X_c \cdot N - MM$		331.42	300.37	(kNm/m)	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	10.67		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma_d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	15.20		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.69	0.55	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2.82	3.11	(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)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi)$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi)$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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)	0.42	0.47	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.36	0.36	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi)))^{m+1}$		0.27	0.27	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	246.41	257.94	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	1.44	>	1.4
		N_{max}	1.46	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.5.3.2 Verifica sismica a ribaltamento, scorrimento e carico limite verticale – C. Drenate

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 475.54 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 169.45 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.37} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 1141.95 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 385.95 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{2.96} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} \text{ acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 475.54 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 485.06 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 169.45 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 747.20 \quad 771.47 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 251.44 \quad 247.16 \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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_1'	coesione terreno di fondaz.	15.00		(kN/mq)
φ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	10.67		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	15.20		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.53	0.51	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.14	3.18	(m)

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

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) e^{(\pi \text{tg}(\varphi'))}$	(1 in cond. nd)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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)	0.50	0.50	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.45	0.46	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0.35	0.35	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	312.40	317.67	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	2.06	>	1.2
		N_{max}	2.08	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Condizione sismica –

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 455.59 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 165.52 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{1.34} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 1141.95 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 435.47 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{2.62} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} & N_{max} \\ 455.59 & 465.11 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 165.52 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 714.55 \quad 738.81 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 242.20 \quad 237.92 \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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_1'	coesione terreno di fondaz.	15.00		(kN/mq)
φ_1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	10.67		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	15.20		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.53	0.51	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.14	3.18	(m)

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

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) e^{(\pi \text{tg}(\varphi'))}$	(1 in cond. nd)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	(2+ π in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.49	0.50	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.44	0.45	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		0.34	0.34	(-)

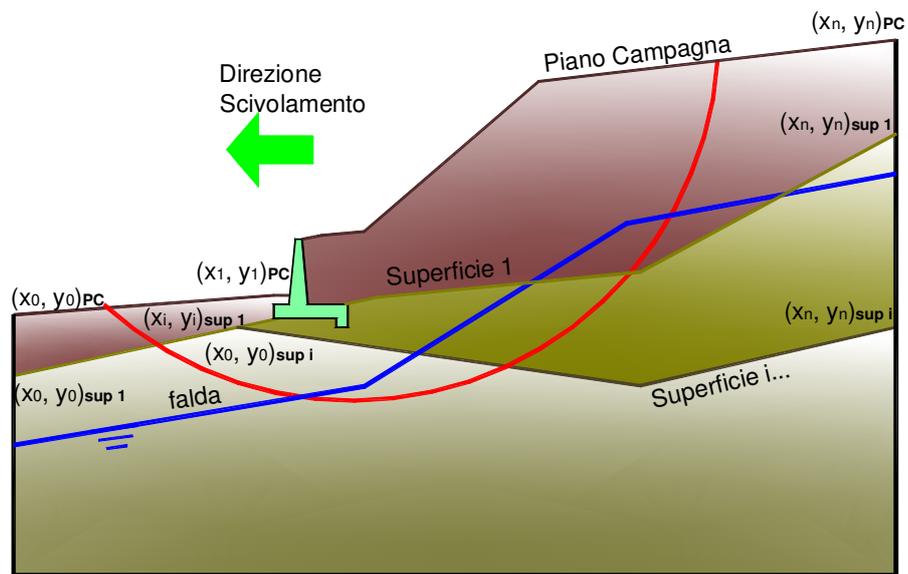
(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	308.32	313.83	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	2.12	>	1.2
		N_{max}	2.14	>	

9.5.3.3 Verifica di stabilità globale – C. 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	26	15	Unità geotecnica 1 - a2
materiale 3				
materiale 4				

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3T

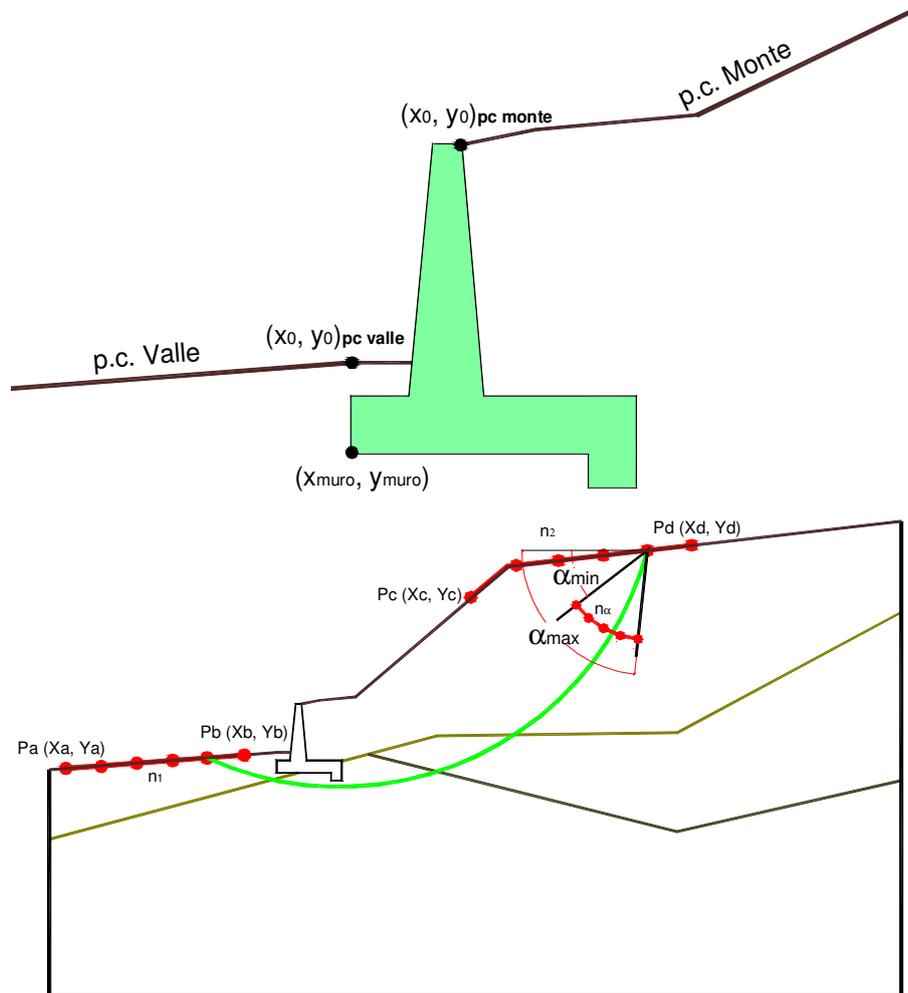
30

D 26 CL

SL 31 00 001

A

204 di 223



p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		fida		
materiale 1						<input checked="" type="checkbox"/>	materiale 2		<input type="checkbox"/>	materiale 3		<input type="checkbox"/>	materiale 4	
	x	y		x	y		x	y		x	y		x	y
0	100.000	100.800	0	100.900	104.600	0	50.000	100.000	0			0	50.000	99.300
1	50.000	100.800	1	113.700	109.600	1	150.000	100.000	1			1	150.000	99.300
2			2	150.000	109.600	2			2			2		
3			3			3			3			3		
4			4			4			4			4		
5			5			5			5			5		
6			6			6			6			6		
7			7			7			7			7		
8			8			8			8			8		
9			9			9			9			9		
10			10			10			10			10		

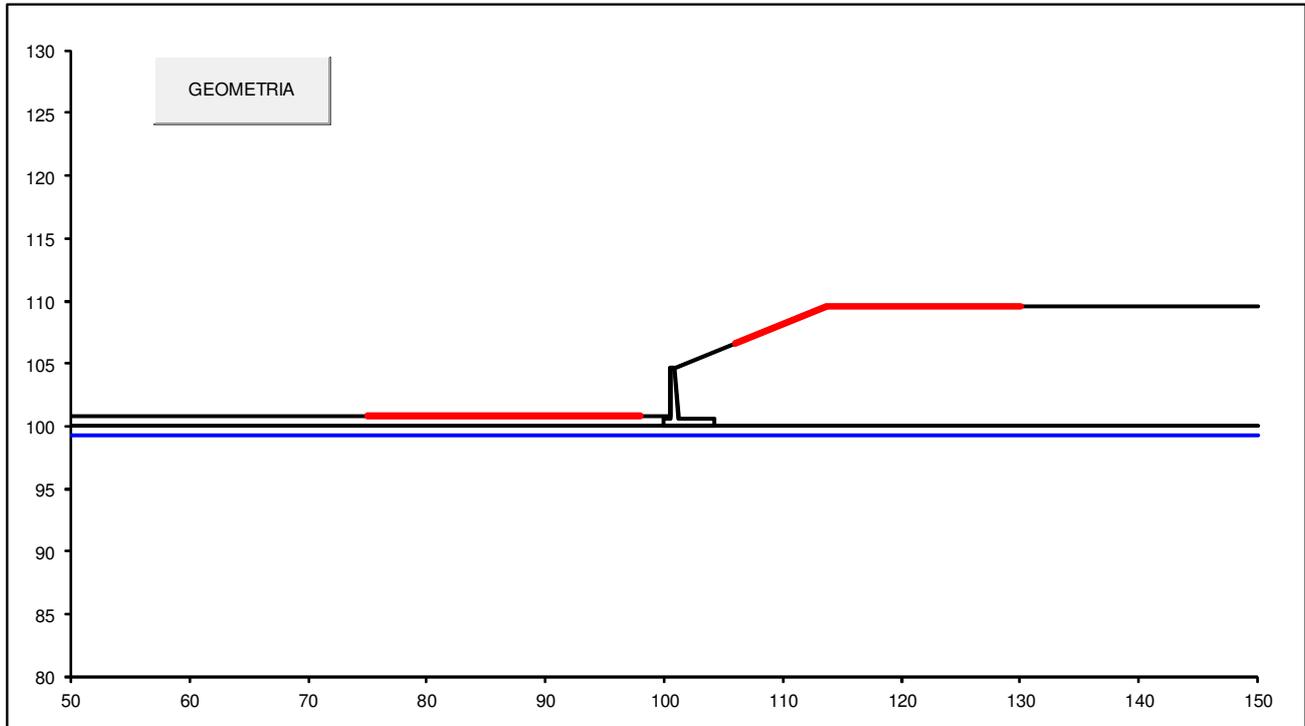
Sovraccarichi

	<input type="checkbox"/>	x_{in}	q_{in}	x_{fin}	q_{fin}	% sisma
sovraccarico 1	<input checked="" type="checkbox"/>	109.900	14.42	112.500	14.42	20%
sovraccarico 2	<input type="checkbox"/>					

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

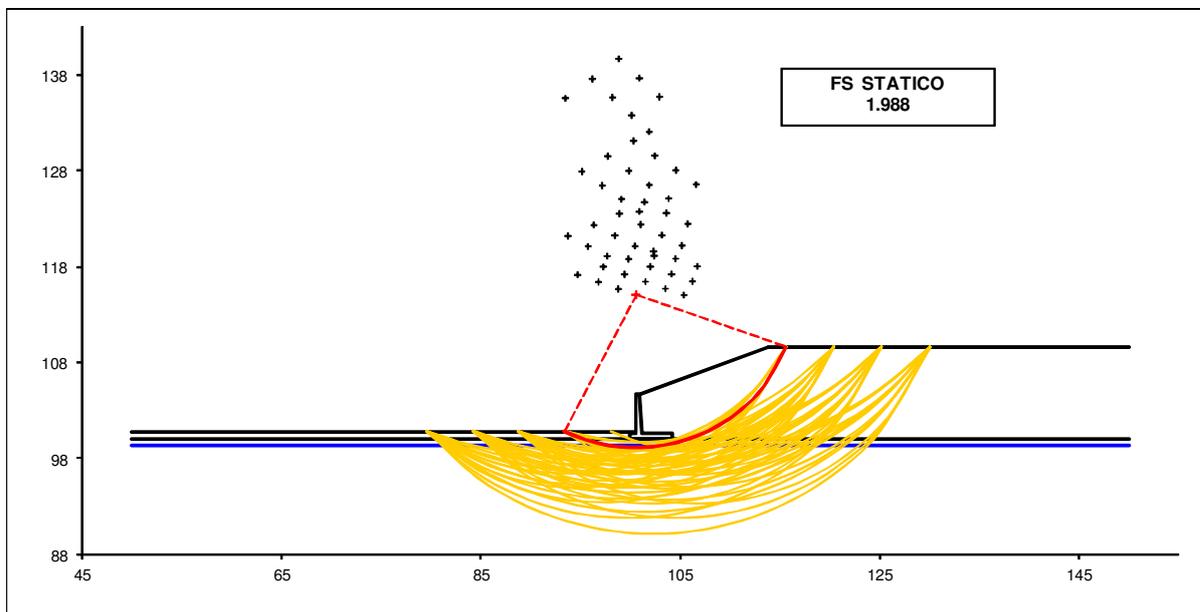
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	205 di 223



#strisce
30

# Superfici Calcolate	FS Bishop	
62	STATICO	1.988
	SISMICO	1.662

Condizioni statiche

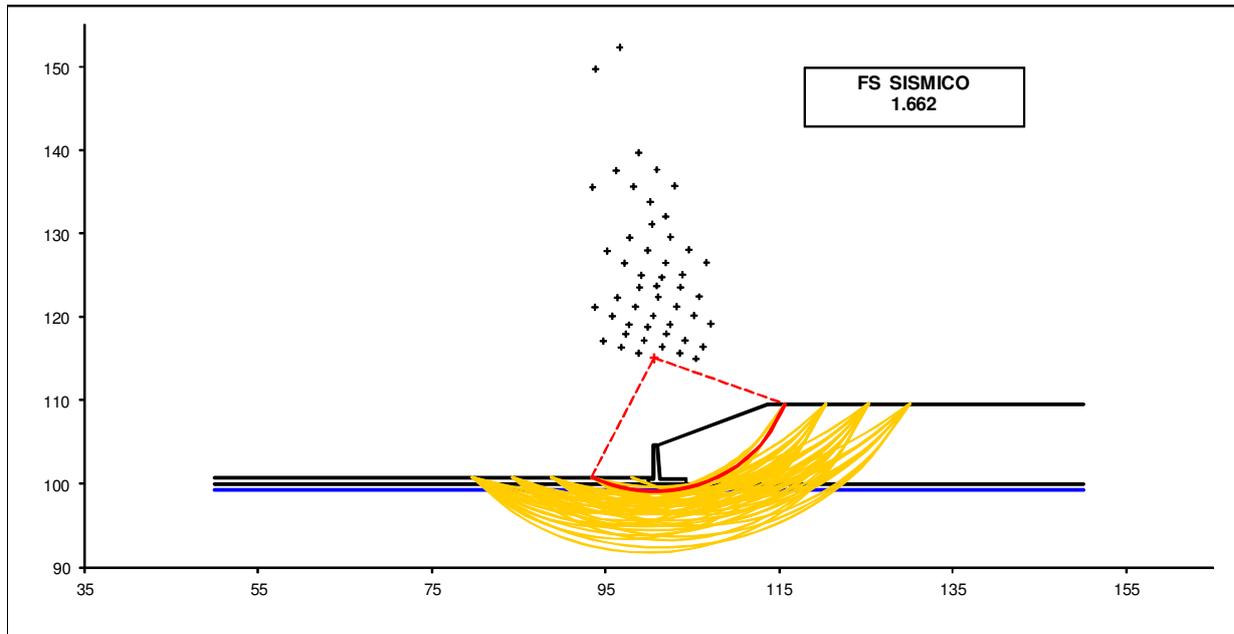


SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	206 di 223

Condizioni sismiche



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.5.3.4 Verifica statica a ribaltamento, scorrimento e carico limite verticale – C. Non drenate

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)					
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v \text{ perm} + Sq_v \text{ acc}$			442.38	(kN/m)	
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{th} + S_{qh} + f$			111.95	(kN/m)	
Coefficiente di attrito alla base (f)					
$f = \text{tg}\phi_1'$			0.49	(-)	
Fs scorr.	$(N \cdot f + S_p) / T$		1.93	>	1.1

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)					
$M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$			1019.07	(kNm/m)	
Momento ribaltante (Mr)					
$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$			207.32	(kNm/m)	
Fs ribaltamento	M_s / M_r		4.92	>	1.15

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)			Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr \text{ acc})$			442.38	511.38	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)					
$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$			111.95	111.95	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)					
$MM = \sum M$			811.75	987.70	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)					
$M = X_c \cdot N - MM$			117.25	86.20	(kNm/m)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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			(kPa)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00			(kN/m ³)
$q_0 = \gamma_d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	15.20			(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.27	0.17		(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.67	3.86		(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cotg(\varphi)))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00		(-)
$i_c = (1 - m \cdot T / (B^* \cdot cu \cdot N_c))$		0.84	0.85		(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \cotg(\varphi)))^{m+1}$		- -			(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	339.81	342.86		(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	--	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	2.82	>	1.4
		N_{max}	2.59	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.5.3.5 Verifica sismica a ribaltamento, scorrimento e carico limite verticale – C. Non drenate

Condizione sismica +

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 435.08 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 97.29 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\varphi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{2.18} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 1019.07 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 170.00 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{5.99} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} \text{ acc}) \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 435.08 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 444.60 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 97.29 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 821.85 \quad 846.12 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 91.82 \quad 87.54 \quad (\text{kNm/m})$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	75.00	(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00	(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	15.20	(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.21	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.78	(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* c u^* N_c))$		0.87	0.87	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		- -		(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	349.31	349.70	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	$F = q_{lim} * B^* / N$	N_{min}	3.03	>	1.2
		N_{max}	2.99	>	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

Condizione sismica –

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad 416.78 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} \quad 95.29 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$F_s = (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{2.13} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 1019.07 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{Sst} + M_{Ssq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts} \quad 217.91 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_r = M_s / M_r \quad \mathbf{4.68} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} \quad \begin{matrix} N_{min} \\ 416.78 \end{matrix} \quad \begin{matrix} N_{max} \\ 426.30 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p \quad 95.29 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \sum M \quad 790.03 \quad 814.30 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM \quad 85.21 \quad 80.92 \quad (\text{kNm/m})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

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

Fondazione Nastriforme

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

cu	res. al taglio nd terreno di fondaz.	75.00		(kN/mq)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	19.00		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d H_2'$	sovraccarico stabilizzante	15.20		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	0.20	0.19	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	3.79	3.82	(m)

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

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

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

$i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^m$	(1 in cond. nd)	1.00	1.00	(-)
$i_c = (1 - m T / (B^* c u^* N_c))$		0.87	0.87	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \varphi'))^{m+1}$		-	-	(-)

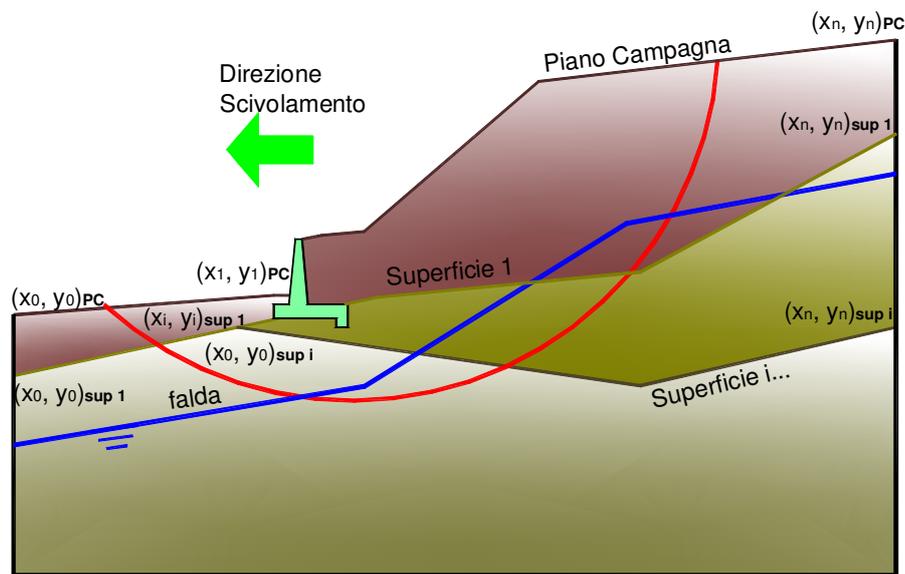
(fondazione nastriforme $m = 2$)

q _{lim}	(carico limite unitario)	350.55	350.93	(kN/m ²)
------------------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = q_{lim}*B*/ N	N _{min}	3.19	>	1.2
		N _{max}	3.14	>	

9.5.3.6 Verifica di stabilità globale – C. 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	26	75	Unità geotecnica 1 - a2
materiale 3				
materiale 4				



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
SOTTOVIA

SL31 - Sottovia NV02

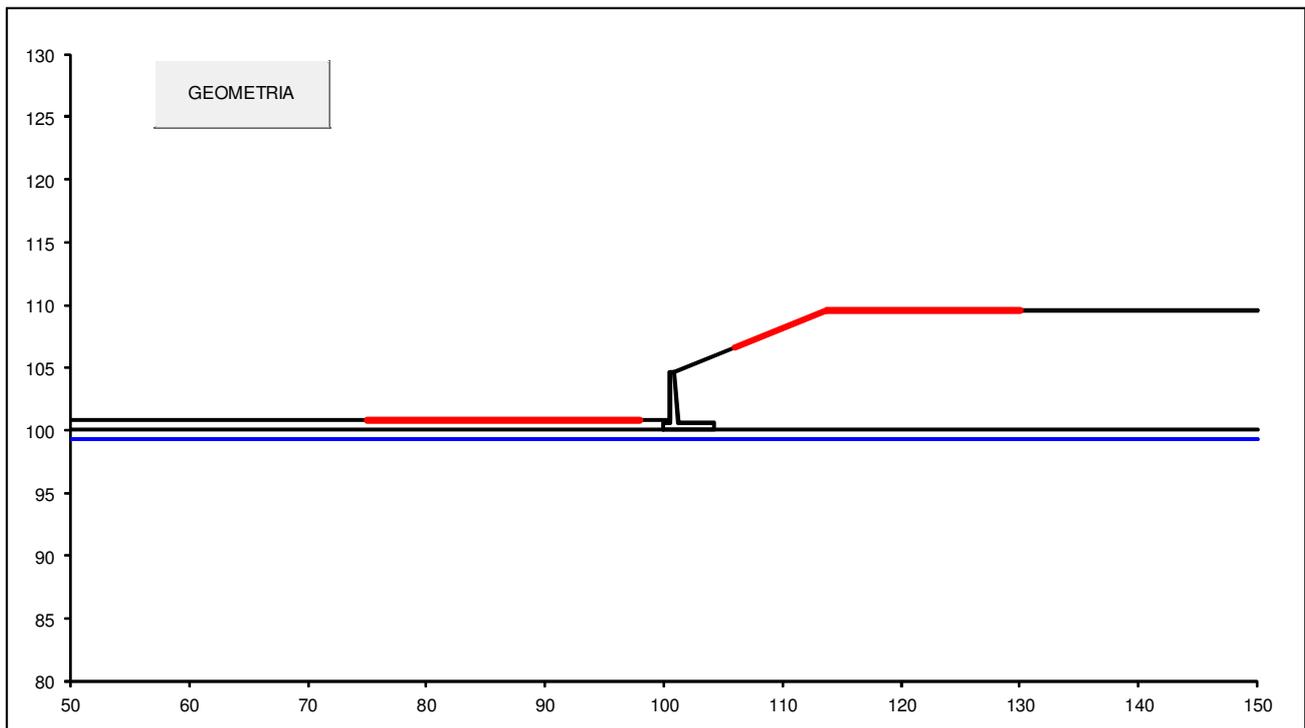
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	214 di 223

p.c. valle			p.c. monte			superficie 1		superficie 2		superficie 3		Ida	
materiale 1						materiale 2		materiale 3		materiale 4			
x	y		x	y		x	y	x	y	x	y	x	y
0	100.000	100.800	0	100.900	104.600	0	50.000	100.000	0		0	50.000	99.300
1	50.000	100.800	1	113.700	109.600	1	150.000	100.000	1		1	150.000	99.300
2			2	150.000	109.600	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"/>	109.900	14.42	112.500	14.42	20%
sovraccarico 2 <input type="checkbox"/>					



#strisce
30

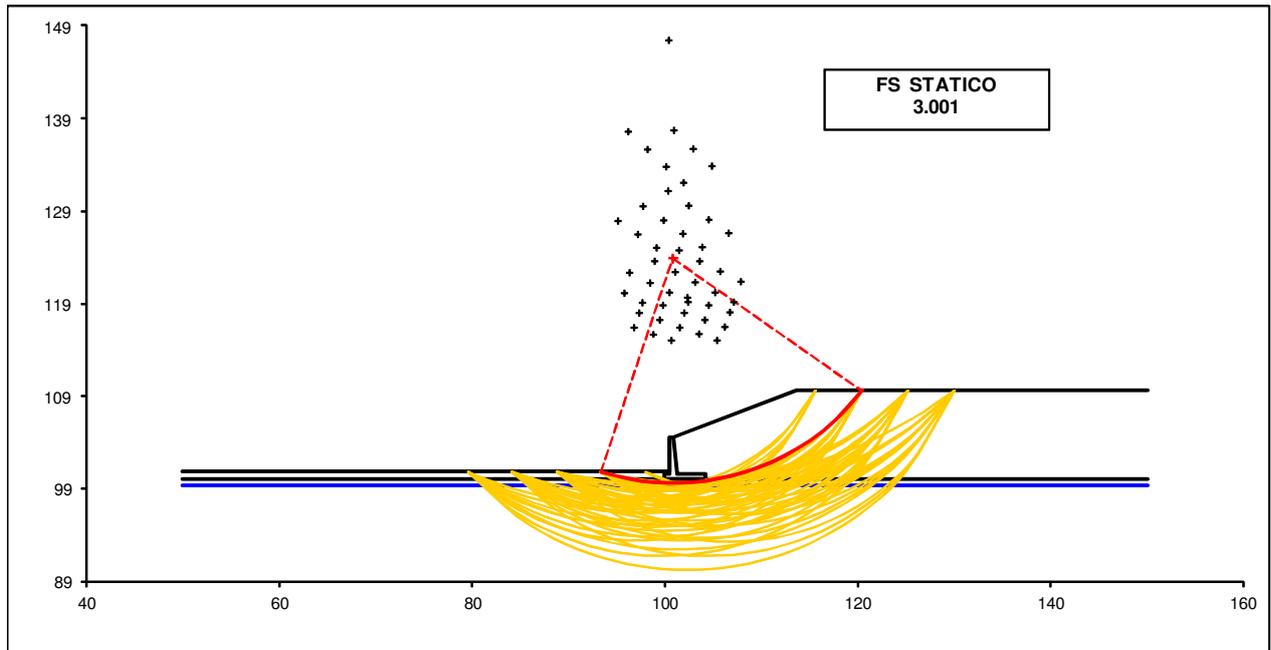
# Superfici Calcolate	FS Bishop	
	STATICO	3.001
62	SISMICO	2.024

SL31 - Sottovia NV02

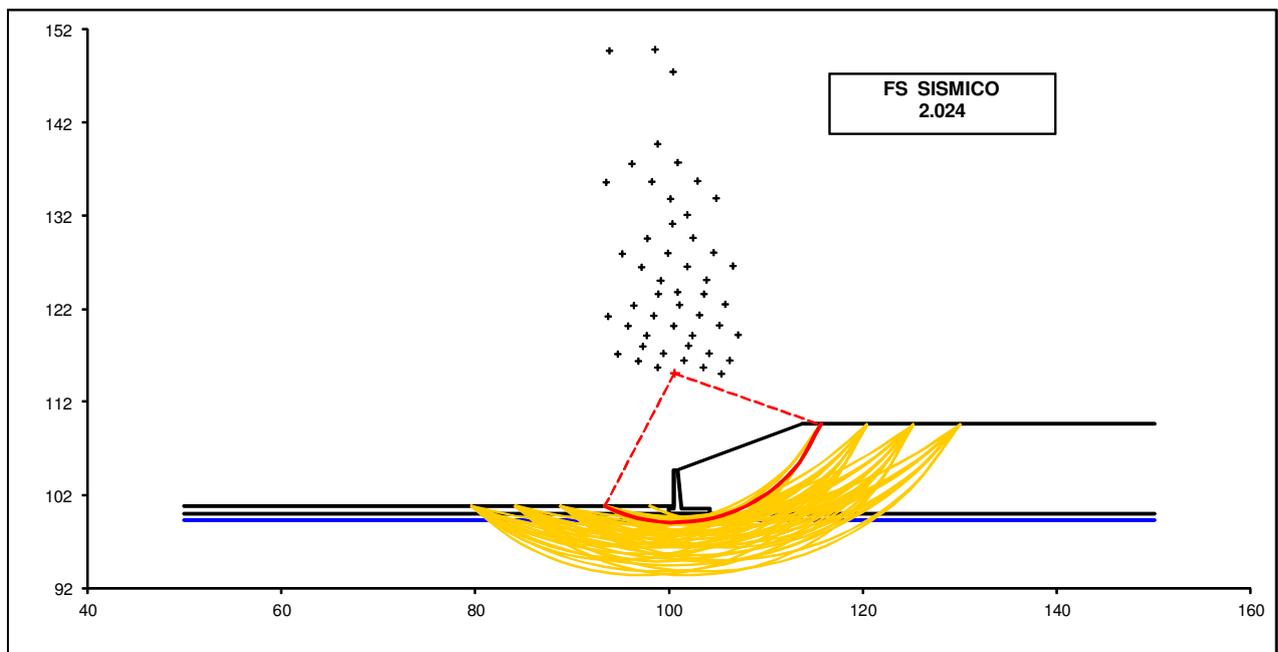
RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	215 di 223

Condizione statica



Condizione sismica



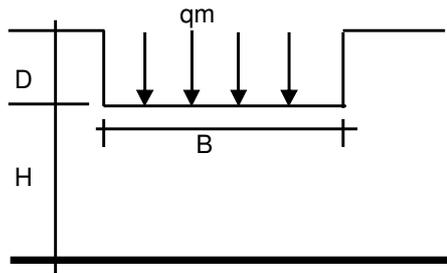
SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	216 di 223

9.5.3.7 Calcolo dei cedimenti

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

N	465.57	(kN/m)
M	224.14	(kNm/m)
e=M/N	0.48	(m)
B*	3.24	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

D =	0.80	(m)
D/B*	0.25	(m)
Hs/B*	2.47	(m)

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 148.90 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.950 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.76 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 4.96 \quad (\text{mm})$$

SL31 - Sottovia NV02

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	217 di 223

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

9.5.4 Verifiche strutturali

9.5.4.1 Calcolo delle sollecitazioni

Reazione del terreno

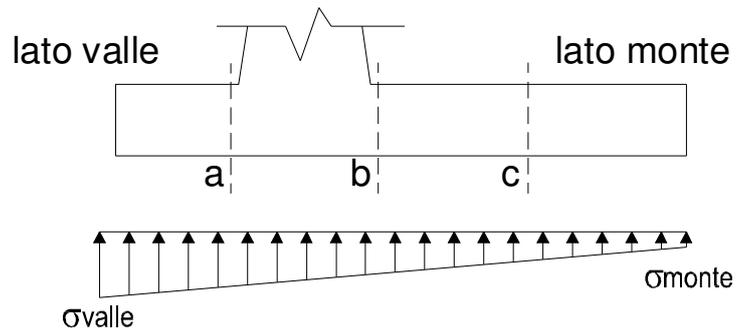
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

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

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

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	482.02	331.42	227.49	2.04
	551.02	300.37	233.36	29.03
sisma+	475.54	251.44	198.75	27.70
	485.06	247.16	199.56	31.42
sisma-	455.59	242.20	190.86	26.09
	465.11	237.92	191.66	29.82



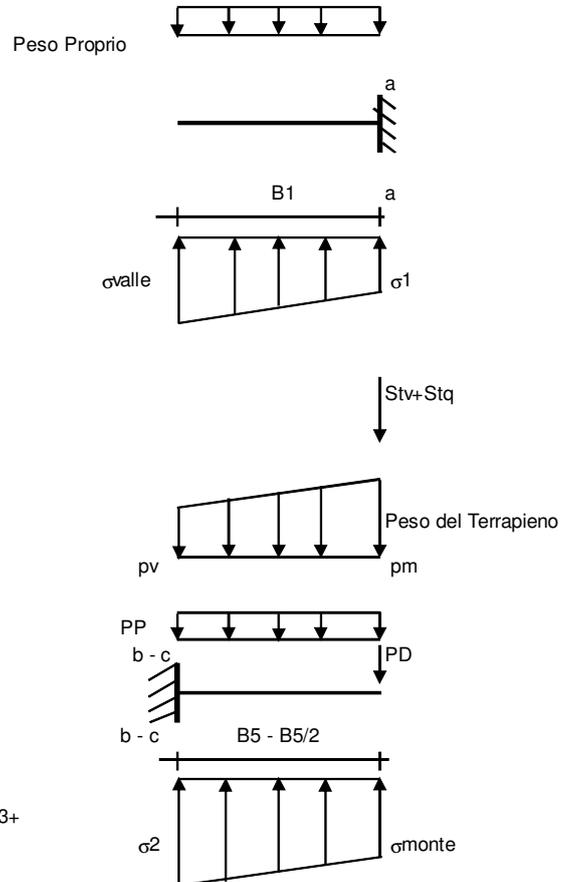
Mensola Lato Valle

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	227.49	200.65	25.44	99.54
	233.36	209.04	26.28	103.10
sisma+	198.75	178.38	22.08	91.72
	199.56	179.54	22.24	92.12
sisma-	190.86	171.24	21.20	87.77
	191.66	172.40	21.28	88.18



Mensola Lato Monte

PP = 15.00 (kN/m²)

PD = 0.00 (kN/m)

peso proprio soletta fondazione

peso proprio dente

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	125.62	146.53	128.51	(kN/m ²)
pvb	103.86	124.77	106.74	(kN/m ²)
pvc	114.74	135.65	117.62	(kN/m ²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H2/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + M_{sp} + Sp \cdot H2/2$$

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

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

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	M_b	V_b	σ_{2c}	M_c	V_c
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	2.04	162.54	-347.89	-141.87	82.29	-120.92	-141.50
	29.03	174.49	-343.12	-146.17	101.76	-116.93	-138.03
sisma+	27.70	149.47	-303.26	-131.09	88.59	-102.63	-119.36
	31.42	151.12	-302.87	-131.87	91.27	-102.15	-118.97
sisma-	26.09	143.39	-292.38	-126.50	84.74	-98.91	-115.06
	29.82	145.04	-291.46	-126.92	87.43	-98.29	-114.49

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

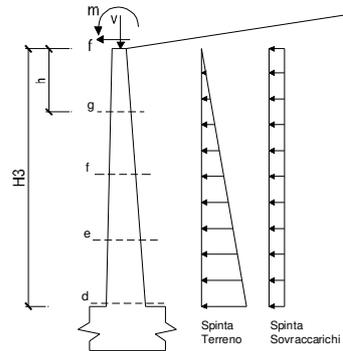
$$V_t \text{ stat} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

$$V_{ext} = f$$

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


condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.00	81.91	100.44	0.00	182.36	1.00	55.50	56.50
e-e	3.00	34.56	56.50	0.00	91.06	1.00	38.72	39.72
f-f	2.00	10.24	25.11	0.00	35.35	1.00	23.88	24.88
g-g	1.00	1.28	6.28	0.00	7.56	1.00	10.97	11.97

sezione	h	Vt	Vq	V _{ext}	V _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.00	61.44	50.22	0.00	111.66
e-e	3.00	34.56	37.67	0.00	72.22
f-f	2.00	15.36	25.11	0.00	40.47
g-g	1.00	3.84	12.56	0.00	16.40

condizione sismica +

sezione	h	M _{t stat}	M _{t sism}	M _q	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.00	63.01	8.28	51.07	0.00	4.17	126.54	1.00	56.65	57.65
e-e	3.00	26.58	3.50	28.73	0.00	2.23	61.03	1.00	39.52	40.52
f-f	2.00	7.88	1.04	12.77	0.00	0.94	22.62	1.00	24.37	25.37
g-g	1.00	0.98	0.13	3.19	0.00	0.22	4.53	1.00	11.20	12.20

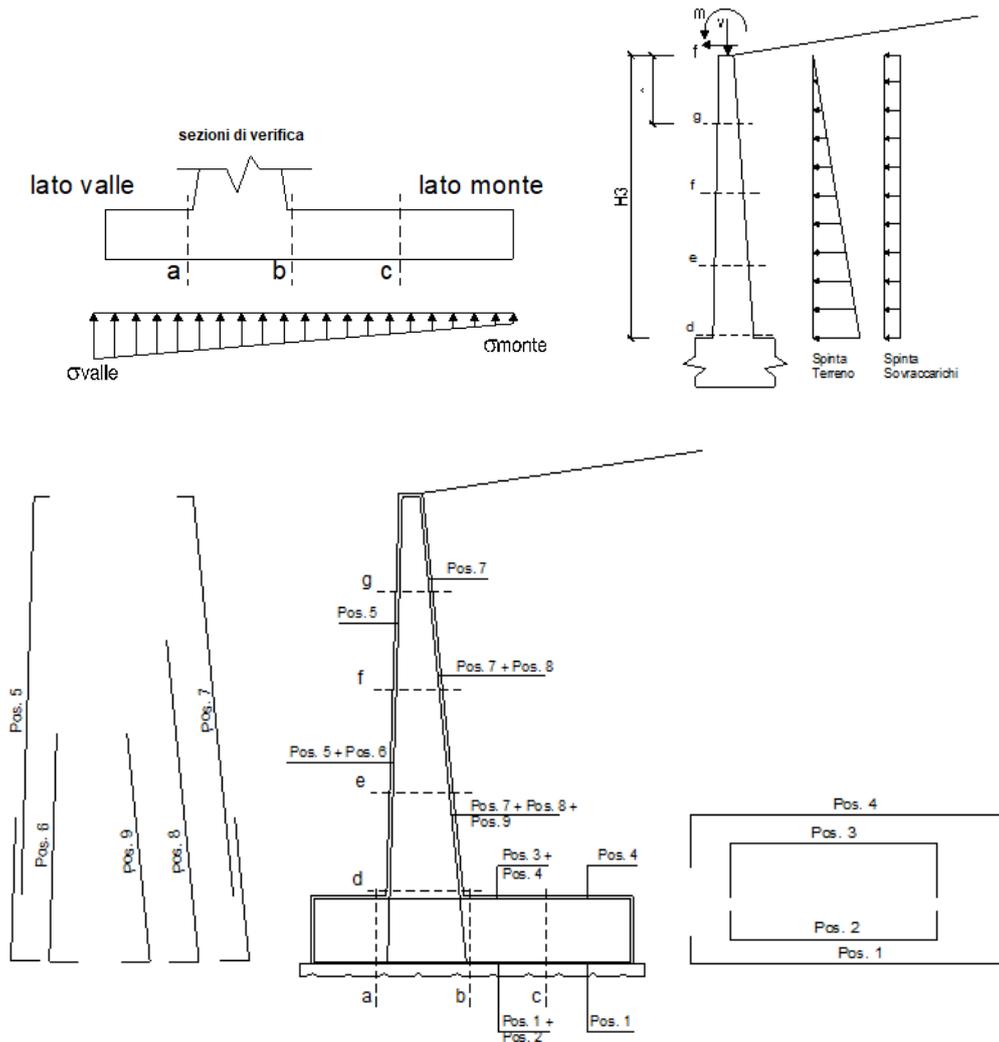
sezione	h	V _{t stat}	V _{t sism}	V _q	V _{ext}	V _{inerzia}	V _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.00	47.26	6.21	25.54	0.00	2.30	81.31
e-e	3.00	26.58	3.50	19.15	0.00	1.61	50.84
f-f	2.00	11.81	1.55	12.77	0.00	0.99	27.13
g-g	1.00	2.95	0.39	6.38	0.00	0.45	10.18

condizione sismica -

sezione	h	M _{t stat}	M _{t sism}	M _q	M _{ext}	M _{inerzia}	M _{tot}	N _{ext}	N _{pp+inerzia}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.00	63.01	5.69	51.30	0.00	4.17	124.17	1.00	54.35	55.35
e-e	3.00	26.58	2.40	28.86	0.00	2.23	60.07	1.00	37.92	38.92
f-f	2.00	7.88	0.71	12.82	0.00	0.94	22.35	1.00	23.38	24.38
g-g	1.00	0.98	0.09	3.21	0.00	0.22	4.50	1.00	10.74	11.74

sezione	h	V _{t stat}	V _{t sism}	V _q	V _{ext}	V _{inerzia}	V _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	4.00	47.26	4.27	25.65	0.00	2.30	79.48
e-e	3.00	26.58	2.40	19.24	0.00	1.61	49.83
f-f	2.00	11.81	1.07	12.82	0.00	0.99	26.70
g-g	1.00	2.95	0.27	6.41	0.00	0.45	10.09

9.5.4.2 Verifiche SLU



Armatura minima

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

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

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

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

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 26 CL	SL 31 00 001	A	220 di 223

Muro h = 6,0m 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	┌┐	6	0.0	0	┌┐
3	0.0	0	┌┐	7	10.0	20	
4	10.0	20		8	0.0	0	┌┐
				9	0.0	0	┌┐

Pertanto l'armatura secondaria sarà pari a:

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

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

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

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

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

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

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

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)
a - a	26.28	0.00	0.60	31.42	31.42	599.86
b - b	-347.89	0.00	0.60	31.42	31.42	599.86
c - c	-120.92	0.00	0.60	31.42	31.42	599.86
d - d	182.36	56.50	0.71	31.42	31.42	751.23
e - e	91.06	39.72	0.63	31.42	31.42	649.63
f - f	35.35	24.88	0.56	31.42	31.42	549.72
g - g	7.56	11.97	0.48	31.42	31.42	451.30

(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	103.10	0.60	267.98	10	20	20	21.8	916.23	Armatura a taglio non necessaria
b - b	146.17	0.60	267.98	10	20	20	21.8	916.23	Armatura a taglio non necessaria
c - c	141.50	0.60	267.98	10	20	20	21.8	916.23	Armatura a taglio non necessaria
d - d	111.66	0.71	301.12	10	20	20	21.8	1106.39	Armatura a taglio non necessaria
e - e	72.22	0.63	281.02	10	20	20	21.8	972.41	Armatura a taglio non necessaria
f - f	40.47	0.56	260.21	10	20	20	21.8	838.43	Armatura a taglio non necessaria
g - g	16.40	0.48	238.46	10	20	20	21.8	704.46	Armatura a taglio non necessaria

SL31 - Sottovia NV02

RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3T

30

D 26 CL

SL 31 00 001

A

221 di 223

9.5.4.3 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	21.33	0.00	0.60	31.42	31.42	0.42	14.38
b - b	-257.42	0.00	0.60	31.42	31.42	5.07	173.55
c - c	-88.63	0.00	0.60	31.42	31.42	1.75	59.75
d - d	136.34	56.50	0.71	31.42	31.42	2.03	66.79
e - e	67.83	39.72	0.63	31.42	31.42	1.25	37.00
f - f	26.21	24.88	0.56	31.42	31.42	0.62	15.72
g - g	5.57	11.97	0.48	31.42	31.42	0.18	3.22

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	22.20	0.00	0.60	31.42	31.42	0.44	14.96
b - b	-280.51	0.00	0.60	31.42	31.42	5.53	189.12
c - c	-96.95	0.00	0.60	31.42	31.42	1.91	65.36
d - d	126.54	55.35	0.71	31.42	31.42	1.89	61.56
e - e	61.03	38.92	0.63	31.42	31.42	1.13	32.82
f - f	22.62	24.38	0.56	31.42	31.42	0.54	13.15
g - g	4.53	11.74	0.48	31.42	31.42	0.15	2.35

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
	SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A

9.5.4.4 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	21.33	0.00	0.60	31.42	31.42	0.42	14.38	0.015	0.200
b - b	-257.42	0.00	0.60	31.42	31.42	5.07	173.55	0.194	0.200
c - c	-88.63	0.00	0.60	31.42	31.42	1.75	59.75	0.062	0.200
d - d	136.34	56.50	0.71	31.42	31.42	2.03	66.79	0.074	0.200
e - e	67.83	39.72	0.63	31.42	31.42	1.25	37.00	0.038	0.200
f - f	26.21	24.88	0.56	31.42	31.42	0.62	15.72	0.015	0.200
g - g	5.57	11.97	0.48	31.42	31.42	0.18	3.22	0.003	0.200

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

condizione Quasi Permanente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ^c	σ^f	wk	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	17.95	0.00	0.60	31.42	31.42	0.35	12.10	0.013	0.200
b - b	-200.17	0.00	0.60	31.42	31.42	3.94	134.95	0.140	0.200
c - c	-67.85	0.00	0.60	31.42	31.42	1.34	45.74	0.047	0.200
d - d	102.27	56.50	0.71	31.42	31.42	1.54	48.04	0.053	0.200
e - e	48.67	39.72	0.63	31.42	31.42	0.91	24.91	0.026	0.200
f - f	17.69	24.88	0.56	31.42	31.42	0.43	9.46	0.009	0.200
g - g	3.44	11.97	0.48	31.42	31.42	0.11	1.39	0.001	0.200

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) SOTTOVIA					
SL31 - Sottovia NV02 RELAZIONE DI CALCOLO SOTTOVIA SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL 31 00 001	REV. A	FOGLIO 223 di 223

9.5.4.5 Calcolo incidenza armatura

MURO a mensola TIPO1	
PARTE D'OPERA	INCIDENZA (Kg/mc)
Elevazione	100
Fondazione	90