

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

Opere di sostegno di linea

RI12: Muro a U MU57

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 78 CL MU5700 001 B

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

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Paolo Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 1187/8

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU.57.0.0.001</td> <td>B</td> <td>1 di 165</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	1 di 165
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	1 di 165								

1. PREMESSA	4
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	8
5. MATERIALI	10
5.1 CALCESTRUZZO MURI	10
5.2 ACCIAIO D'ARMATURA	11
6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	13
7. COMBINAZIONI DI CALCOLO	15
8. CRITERI DI VERIFICA MURO A U	16
8.1 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE	16
8.1.1 <i>Verifica a carico limite della fondazione</i>	16
8.2 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE	16
8.3 VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE).....	17
8.4 VERIFICHE STRUTTURALI SLU	17
8.4.1 <i>Criteria di verifica delle sezioni in c.a.</i>	17
8.4.2 <i>Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione</i>	18
8.4.3 <i>Verifica agli stati limite ultimi a taglio</i>	18
8.5 VERIFICHE STRUTTURALI (SLE)	20
8.5.1 <i>Verifiche alle tensioni</i>	20
8.5.2 <i>Verifiche a fessurazione</i>	21
9. CRITERI DI VERIFICA OPERA PROVVISORIALE	22
9.1 VERIFICHE GEOTECNICHE SLU IN CONDIZIONI STATICHE.....	22
9.2 VERIFICHE GEOTECNICHE SLV (CONDIZIONI SISMICHE).....	22
9.3 VERIFICHE GEOTECNICHE SLE.....	23

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

10. CARATTERIZZAZIONE SISMICA MURO A U	24
10.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	24
10.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	24
11. CARATTERIZZAZIONE SISMICA OPERA PROVVISORIALE	28
12. MURO AD U TIPO 1 H _{MAX} =5.00 M	29
12.1 MODELLAZIONE ADOTTATA.....	29
12.2 ANALISI DEI CARICHI	31
12.2.1 <i>Peso proprio della struttura</i>	31
12.2.2 <i>Carichi permanenti portati</i>	31
12.2.3 <i>Ballast</i>	32
12.2.4 <i>Spinta orizzontale dovuta al ballast</i>	33
12.2.5 <i>Spinta del terreno</i>	34
12.2.6 <i>Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore</i>	35
12.2.7 <i>Verifica requisiti s.t.i. per opere minori sottobinario: carico equivalente</i>	36
12.2.8 <i>Incremento di spinta dovuta al carico accidentale</i>	39
12.2.9 <i>Azione sismica</i>	40
12.3 COMBINAZIONI DI CALCOLO	43
12.4 RISULTATI E VERIFICHE	44
12.4.1 <i>Verifica piedritti s.0.8m</i>	47
12.4.2 <i>Verifica piedritti s.0.4m</i>	57
12.4.3 <i>Verifica soletta inferiore</i>	67
12.5 VERIFICA A CARICO LIMITE.....	80
13. MURO AD U TIPO 2 H _{MAX} =6.57M	87
13.1 MODELLAZIONE ADOTTATA.....	87
13.2 ANALISI DEI CARICHI	89
13.2.1 <i>Peso proprio della struttura</i>	89
13.2.2 <i>Carichi permanenti portati</i>	89

13.2.3	Ballast.....	90
13.2.4	Spinta orizzontale dovuta al ballast	90
13.2.5	Spinta del terreno.....	91
13.2.6	Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore.....	93
13.2.7	VERIFICA REQUISITI S.T.I. PER OPERE MINORI SOTTOBINARIO: CARICO EQUIVALENTE..	94
13.2.8	Incremento di spinta dovuta al carico accidentale	97
13.2.9	Azione sismica	98
13.3	COMBINAZIONI DI CALCOLO	101
13.4	RISULTATI E VERIFICHE	103
13.4.1	Verifica piedritti s.1.2m.....	106
13.4.2	Verifica piedritti s.0.8m.....	116
13.4.3	Verifica piedritti s.0.4m.....	126
13.4.4	Verifica soletta inferiore.....	136
13.5	VERIFICA A CARICO LIMITE.....	149
14.	PARATIA DI MICROPALI	156
14.1	DATI DI INPUT	156
14.2	FASI DI CALCOLO	157
14.1	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE	158
14.2	VERIFICA CEDIMENTO BINARIO ESISTENTE.....	162

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	4 di 165

1. PREMESSA

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

1.1 Descrizione dell'opera

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche del muro a U MU57, che si sviluppa per circa 1 km, dalla progressiva 24+425.11 km alla progressiva 25+430.00 km.

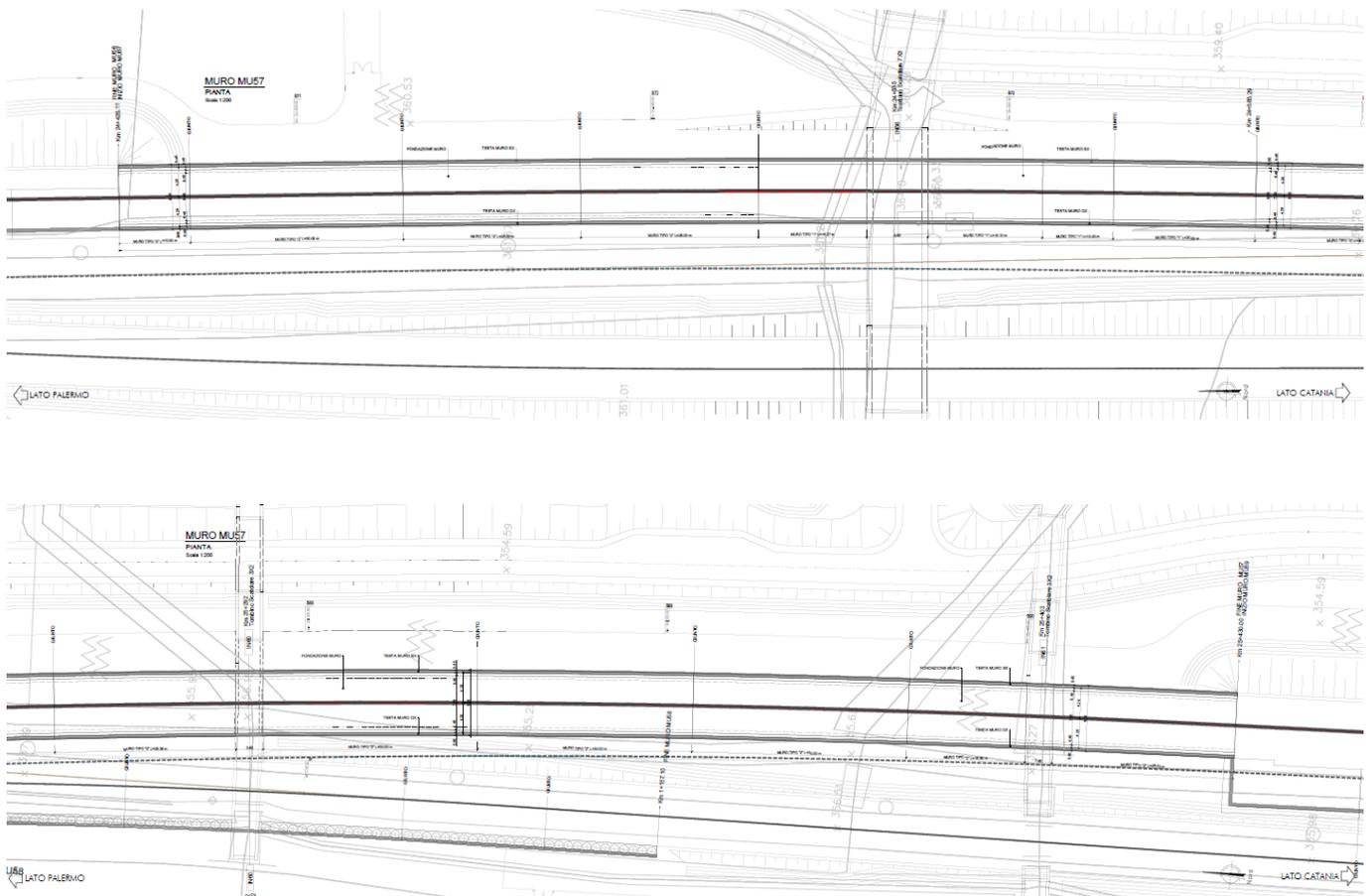


Figura 1-1 – RI12: Muro a U MU57 – Pianta.

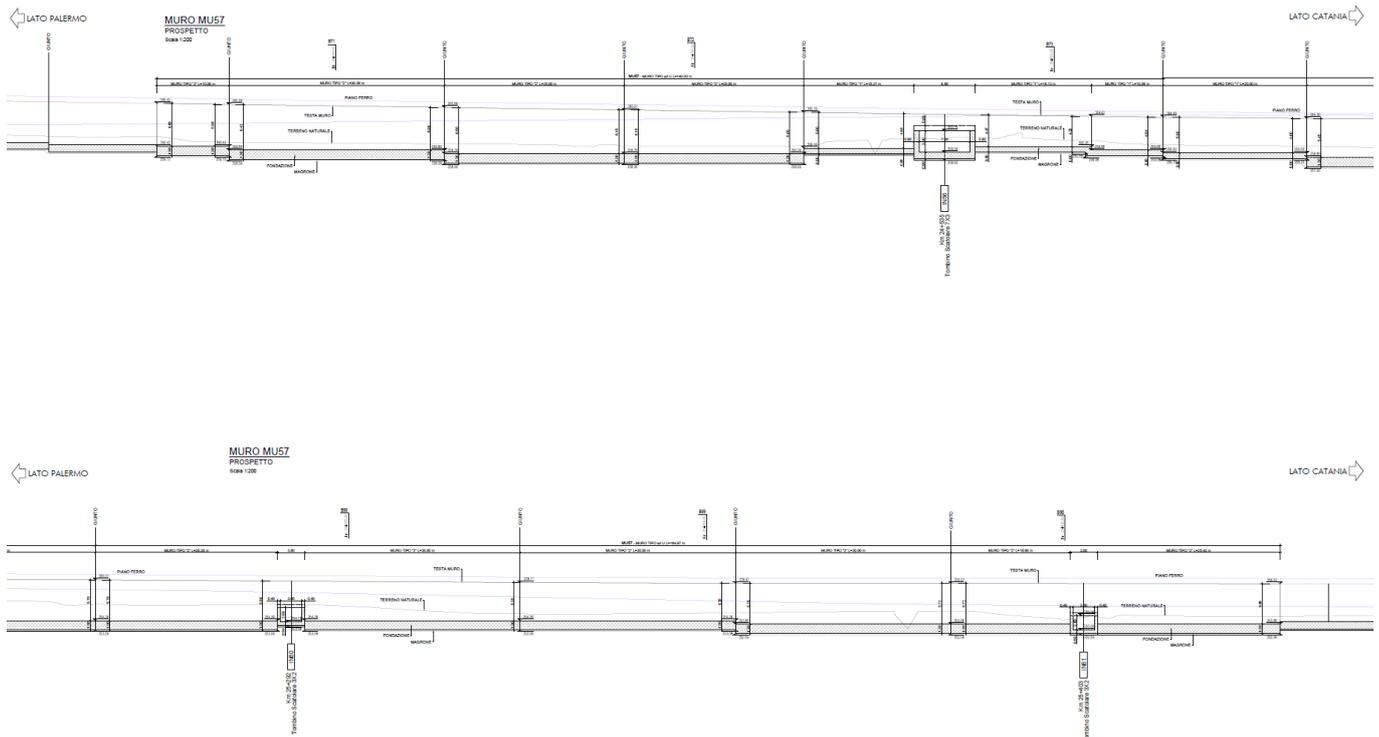


Figura 1-2 – RI12: Muro a U MU57 – Prospetto.

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

Sono state analizzate le due sezioni tipologiche presenti:

- la prima è caratterizzata da un'altezza massima del paramento di 5.00 m, con spessore variabile, pari a 0.8 m allo spiccatto e 0.4 m in sommità per un tratto di 0.90 m. La soletta di fondo ha uno spessore pari a 0.8 m e una lunghezza di 9.20 m.
- la seconda invece presenta un'altezza massima dei paramento di 6.57 m, con spessore variabile, pari a 1.20 allo spiccatto, 0.80 m nella parte centrale e 0.40 m in sommità per un tratto di 0.90 m. La soletta di fondo ha uno spessore pari a 1.30 m e una lunghezza di 9.20 m.

L'opera in esame viene realizzata per fasi, per consentire l'esercizio continuo della linea; pertanto è stato necessario inserire una paratia provvisoria di micropali a protezione della deviazione provvisoria.

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	6 di 165

MURO TIPO "1"

SEZIONE TRASVERSALE - PK. 24+515.19 + 24+585.29
Scala 1:100 - PK. 25+064.85 + 25+184.67

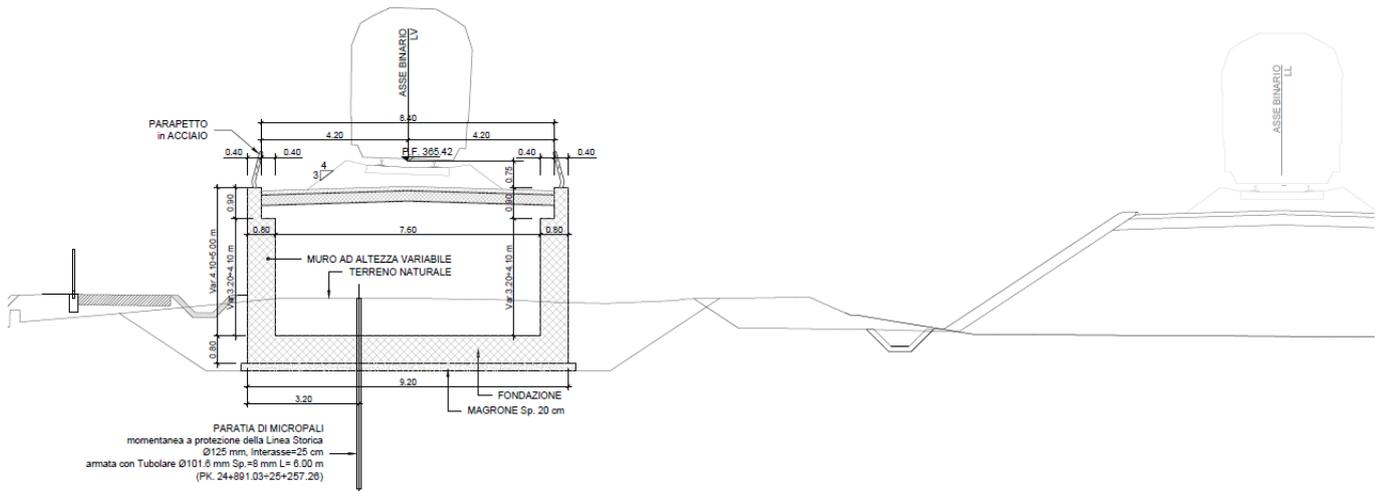


Figura 1-3 – Sezione tipo 1.

MURO TIPO "2"

SEZIONE TRASVERSALE - PK. 24+425.11 + 24+515.19
Scala 1:100 - PK. 24+585.29 + 25+064.85
- PK. 25+184.67 + 25+430.00

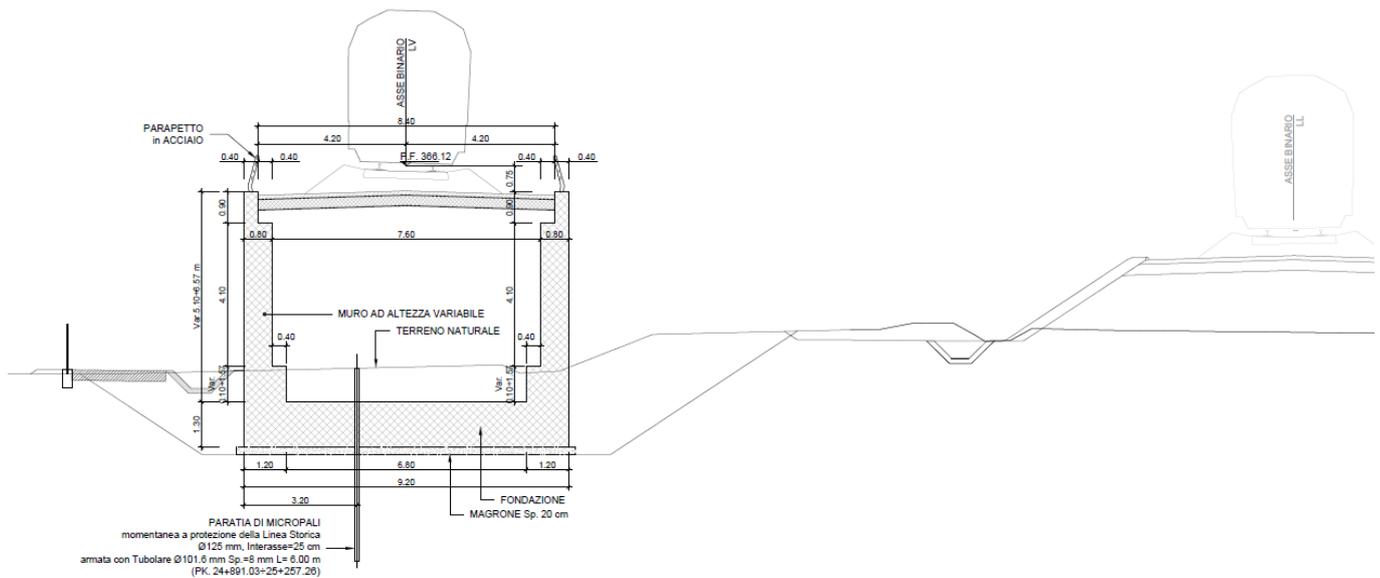


Figura 1-4 – Sezione tipo 2.

 <p>ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU.57.0.0.001</td> <td>B</td> <td>7 di 165</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	7 di 165
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	7 di 165								

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

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

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

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

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

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

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

RS3T.3.0.D.78.P9.MU.57.0.0.001: "Opere di sostegno di linea – Lotto 3b – RI12: Muro a U MU57 – Pianta, prospetto e sezioni";

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

RS3T.3.0.D.78.L6.IF.00.0.1.011.B: "Tracciati – Fasi realizzative – Planimetria delle fasi Marianopoli: Variante provvisoria di cantiere".

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

unità di misura principali

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

unità di misura derivate **kN**

(kiloNewton)	103N
MN (megaNewton)	106N
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)	103 N/m ²
MPa (megaPascal)	106 N/m ²
N/m ³	(peso specifico)
g (accelerazione di gravità)	~9.81 m/s ²

corrispondenze notevoli

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

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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>					
<p>RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU.57.0.0.001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 9 di 165</p>

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

5. MATERIALI

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

5.1 Calcestruzzo muri

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

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

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	33.2 N/mm ²
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2 N/mm ²
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	18.8 N/mm ²

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	3.10 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
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$	3.72 N/mm ²
$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$	2.60 N/mm ²
$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$	33642.8 N/mm ²

CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC 2018

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

Copriferro nominale Netto Staffe: 64 [mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 78 [mm]

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

- Elemento strutturale: fondazione muro a U – tipo 1

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali: 28 [mm]

Diametro staffe: 14 [mm]

Classe Calcestruzzo: C32/40

Condizioni ambientali: Aggressive

Vita nominale costruzione: 75 [anni]

Tolleranza di posa: 10 [mm]

Copriferro staffe:

Copriferro minimo c_{min} : 50 [mm]

Copriferro nominale Netto Staffe: 64 [mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 78 [mm]

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

5.2 Acciaio d'armatura

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

$f_{y, nom}$ 450 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:

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$ 391.3 N/mm²

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

Strutture di sostegno provvisionali

Calcestruzzo per micropali	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 14.17 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 29962 \text{ MPa}$
Acciaio per tubi e profilati	
Tipo	S 275 JR
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	cfr. 4.2.4 a 4.2.8 del D.M. 17/01/18

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

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

U.G.	da	a	γ	c'	c_u	ϕ'	E_{op}	ν
[-]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
a2	0	10	19	20	75	25	50	0.3
TRV	10	40	21	29	200	21	200	0.3

in cui:

γ = peso specifico del terreno;

c'_k = coesione efficace;

c_u = coesione non drenata;

ϕ'_k = angolo d'attrito efficace;

E'_{op} = modulo di Young

La falda è posta ad una profondità pari a 3.00 metri dal piano campagna.

Nel tratto in esame il terreno spingente si trova all'interno del muro a U ed è costituito da rilevato ferroviario, le cui caratteristiche sono:

- peso volume, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;
- angolo d'attrito, $\phi' = 38^\circ$;
- coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$.

Per l'inquadramento geotecnico si rimanda alla "Relazione geotecnica generale" e ai relativi profili geotecnici.

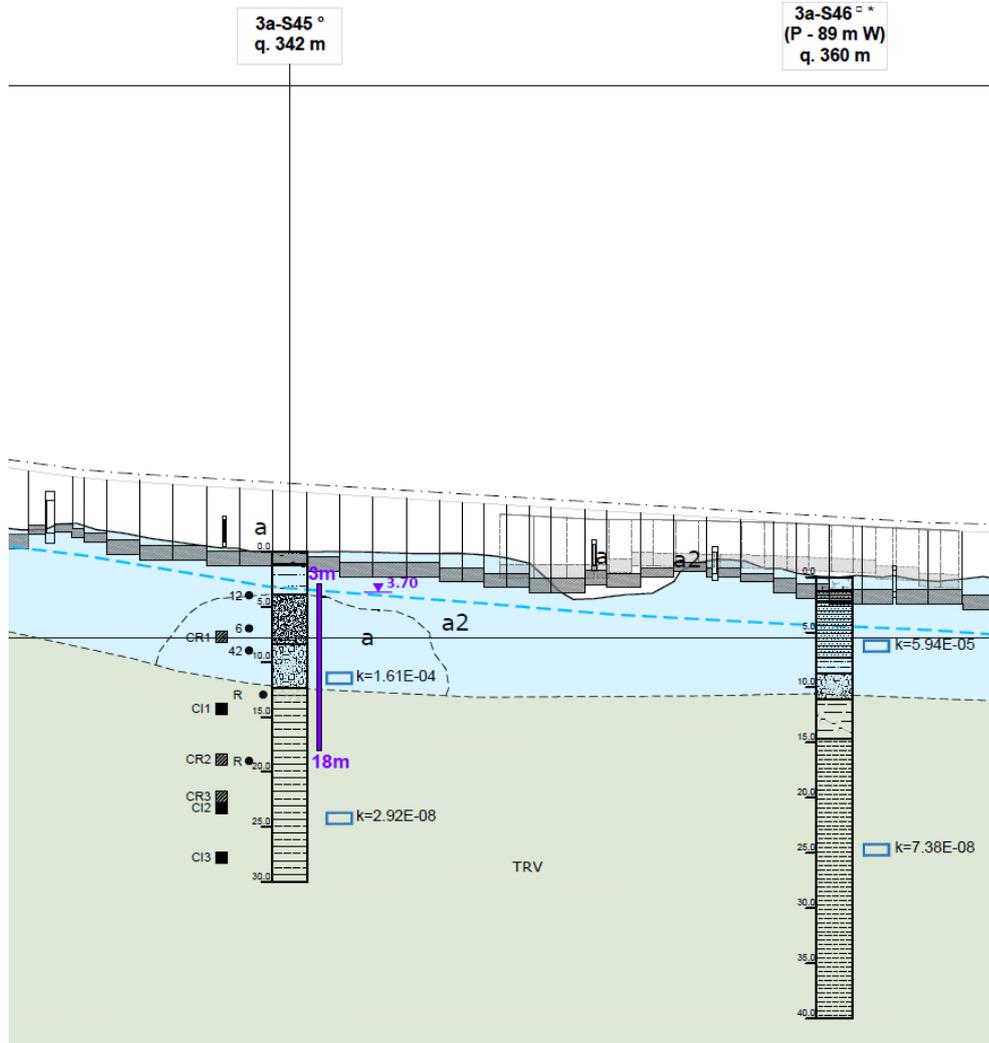


Figura 6-1 – Stralcio del profilo geotecnico.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

7. COMBINAZIONI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

8. CRITERI DI VERIFICA MURO A U

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

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

8.1.1 Verifica a carico limite della fondazione

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

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

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

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

8.2 Verifiche geotecniche (slv) in condizioni sismiche

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

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

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

8.3 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.

8.4 Verifiche strutturali sl_u

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

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

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

8.4.1 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) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

- verifiche per gli stati limite di esercizio.

8.4.2 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.

8.4.3 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

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

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

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

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

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

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

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

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

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

s è il passo delle staffe;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

8.5 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

8.5.1 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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

8.5.2 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	≤w ₂	ap. fessure	≤w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤w ₁	ap. fessure	≤w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤w ₁	ap. fessure	≤w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w ₁
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w ₁

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

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

Risultando:

w₁= 0.2 mm

w₂= 0.3 mm

w₃= 0.4 mm

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

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

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

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

9. CRITERI DI VERIFICA OPERA PROVVISORIALE

9.1 Verifiche geotecniche SLU in condizioni statiche

Le verifiche delle paratie sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi,
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Per le strutture di sostegno flessibili si adotta l'Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 17/01/2018):

- combinazione 1: A1 + M1 + R1
- combinazione 2: A2 + M2 + R1.

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 (A2+M2+R1); per le verifiche di stati limite ultimi STR l'analisi è stata invece condotta con la combinazione 1 (A1+M1+R1).

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo Paratie Plus.

9.2 Verifiche geotecniche SLV (condizioni sismiche)

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono pari all'unità. Si adotta il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 17/01/2018):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right)$$

dove:

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- α è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018);
- β è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018).

Per la definizione dell'azione sismica si rimanda al paragrafo 7.4. L'effetto del sisma sulle strutture di sostegno è ottenuto applicando un incremento di spinta (cfr § 7.11.6.3.1 del D.M. 17/01/2018 e § C7.11.6.3 della Circolare 7/19) del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$

dove: γ rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce, H rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), K_{aE} e K_a rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

Per la valutazione della spinta passiva si assume $\alpha=1$ (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018). Il coefficiente sismico verticale, k_v , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018).

I coefficienti di spinta attiva sono determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , si assume pari a 1/2 della resistenza al taglio del terreno naturale.

9.3 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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

10. CARATTERIZZAZIONE SISMICA MURO A U

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.

10.1 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.

10.2 Parametri di pericolosità sismica

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

Categoria sottosuolo B

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Elaborazioni numeriche

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Classe d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

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

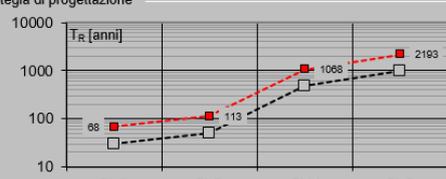
Stati limite di esercizio - SLE

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

Stati limite ultimi - SLU

Elaborazioni

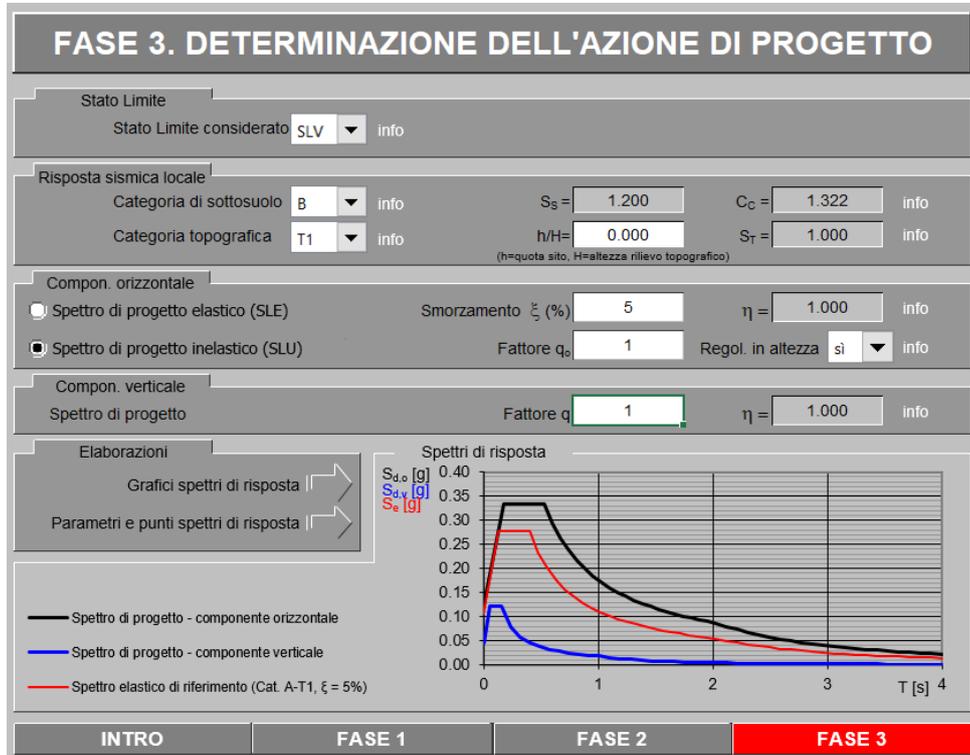
Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - □ - - - - Strategia scelta

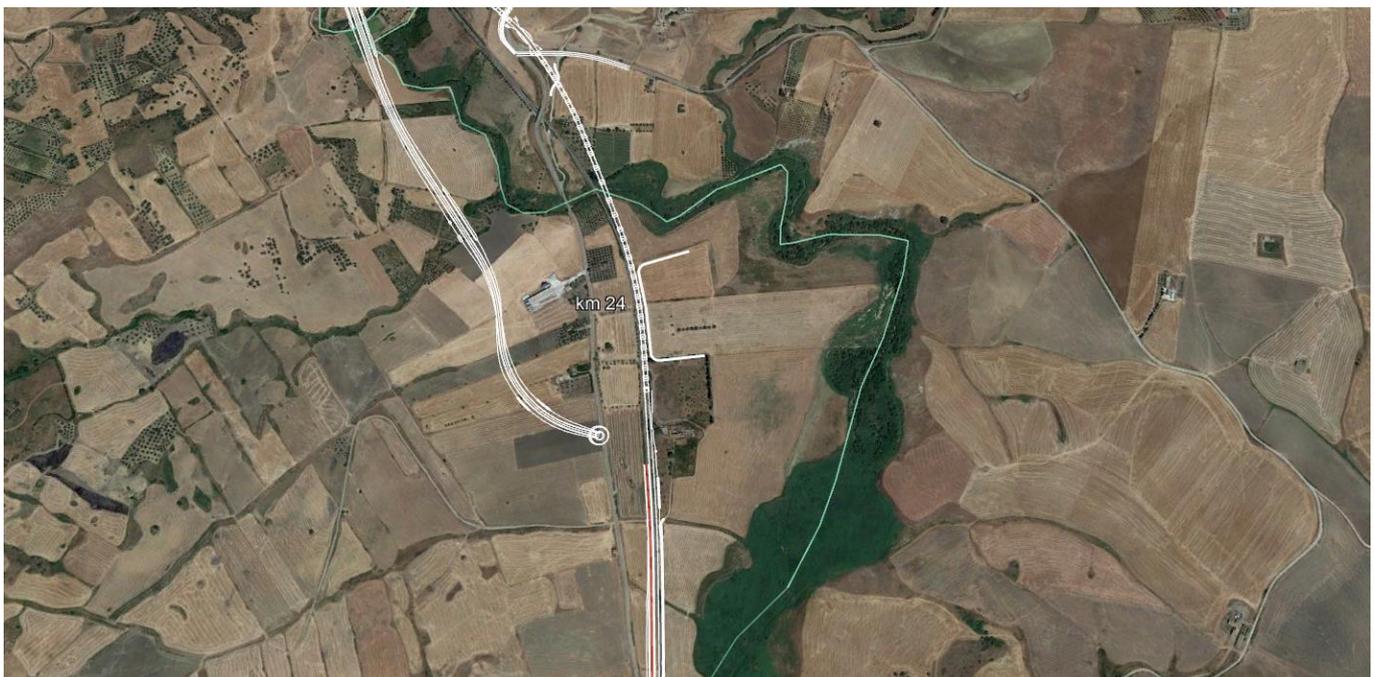
INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3



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

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

$T_c^* \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.106 g
F_0	2.633
T_C	0.399 s
S_s	1.200
C_C	1.322
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.176 s
T_C	0.528 s
T_D	2.023 s

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA												
RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU.57.0.0.001</td> <td>B</td> <td>28 di 165</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	28 di 165
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	28 di 165								

11. CARATTERIZZAZIONE SISMICA OPERA PROVVISORIALE

La paratia in oggetto è un'opera provvisoriale caratterizzata da una vita nominale di progetto inferiore a 2 anni e pertanto le verifiche sismiche potrebbero essere omesse.

Cautelativamente però si considera l'azione sismica con un periodo di riferimento pari a 35 anni e pertanto, con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita, si ha:

a_g	S_s	S_T
0.085 g	1.2	1.00

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12. MURO AD U TIPO 1 H_{MAX}=5.00 M

12.1 Modellazione adottata

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta pari a 4024 kN/m³.

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

$$\frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t} \quad (\text{formulazione di Vesic, rif. "Fondazioni" – Bowles})$$

dove:

E = modulo elastico del terreno;

ν = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

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

unità	E	ν	B	L	L/B	c_t	k_w
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m ³)
a2	50	0.3	9.2	30	3.26	1.48	4024

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

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

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

La dimensione interna è di 5 m, l'altezza totale, a partire dal piano campagna, è pari 5.8 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 0.80 m e i piedritti hanno spessore variabile.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU.57.0.0.001</td> <td>B</td> <td>30 di 165</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	30 di 165
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	30 di 165								



Figura 12-1 – Modello di calcolo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.2 Analisi dei carichi

12.2.1 *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.

12.2.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
γ_3	20.00	kN/m ³
S_3	5	m Spessore terreno
W_3	100	kN/m ²



Figura 12-2 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.2.3 Ballast

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

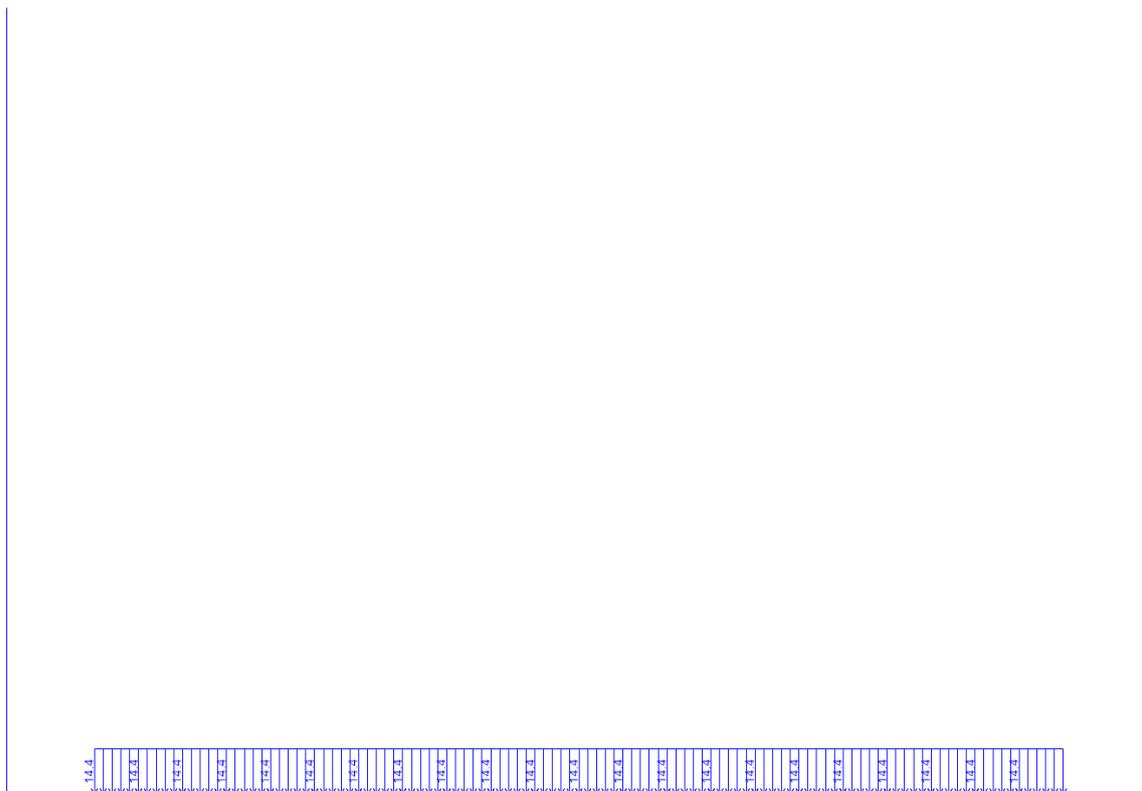


Figura 12-3 – Ballast.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.2.4 Spinta orizzontale dovuta al ballast

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

Spinta statica aggiuntiva	
	Ballast
K ₀	0.38
p _b	14.4 kN/m ²
Δp _d	5.53 kN/m ²



Figura 12-4 – Ballast.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.2.5 Spinta del terreno

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

SPINTA RIPOSO E SPINTA H ₂ O			
γ_t	20.00	kN/m ³	peso specifico terreno
Φ'_k	38	°	angolo attrito caratteristico
Φ'_d	38	°	angolo attrito di progetto
k_0	0.38	-	

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m ²)	σ_w (kN/m ²)
0	0.00	0.00
0.9	6.92	0.00
5.4	41.51	0.00



Figura 12-5 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B



Figura 12-6 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

12.2.6 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

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

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

Il treno di carico SW2 è schematizzato nella figura seguente.

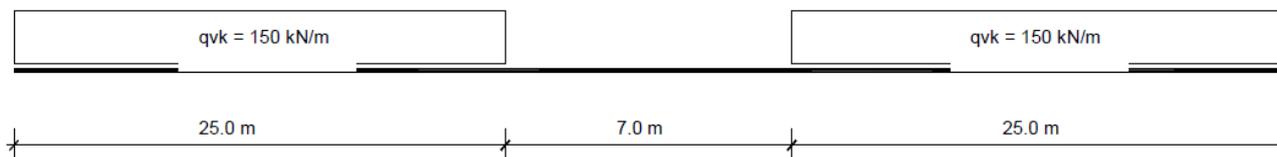


Figura 12-7 – Treno di carico SW2.

Per la ripartizione si considera

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

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

Figura 12-8 – Coefficienti α per modelli di carico.

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

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

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.

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

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

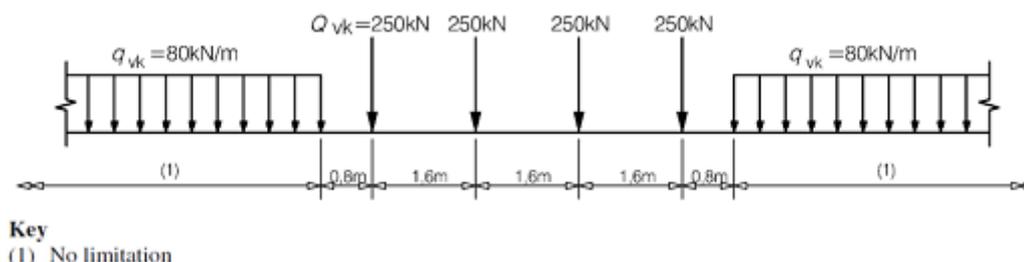


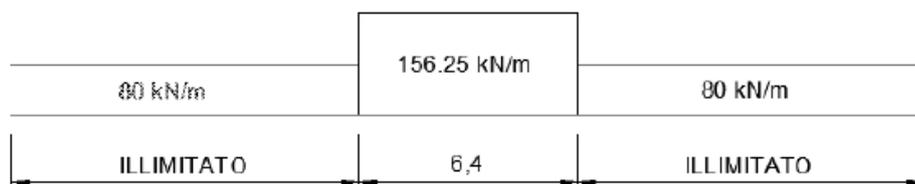
Figura 12-9 – Treno di carico LM71.

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.

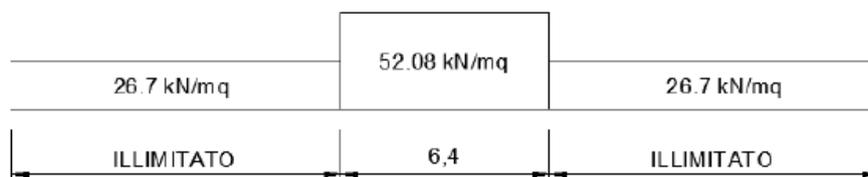
Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B



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:

Tabella 11

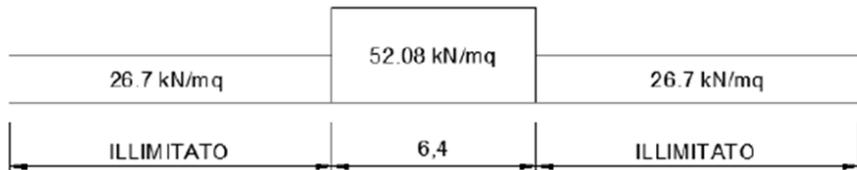
Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove

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

Tabella 12-1 – Fattore alfa per la progettazione di strutture nuove.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

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:

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

Ai fini delle verifiche del carico equivalente si considera, in tutte le relazioni di calcolo specifiche, a favore di sicurezza, il carico equivalente SW2 pari a 57.7 kN/m^2 a vantaggio di sicurezza rispetto ai 52.08 kN/m^2 calcolati con riferimento alle STI.

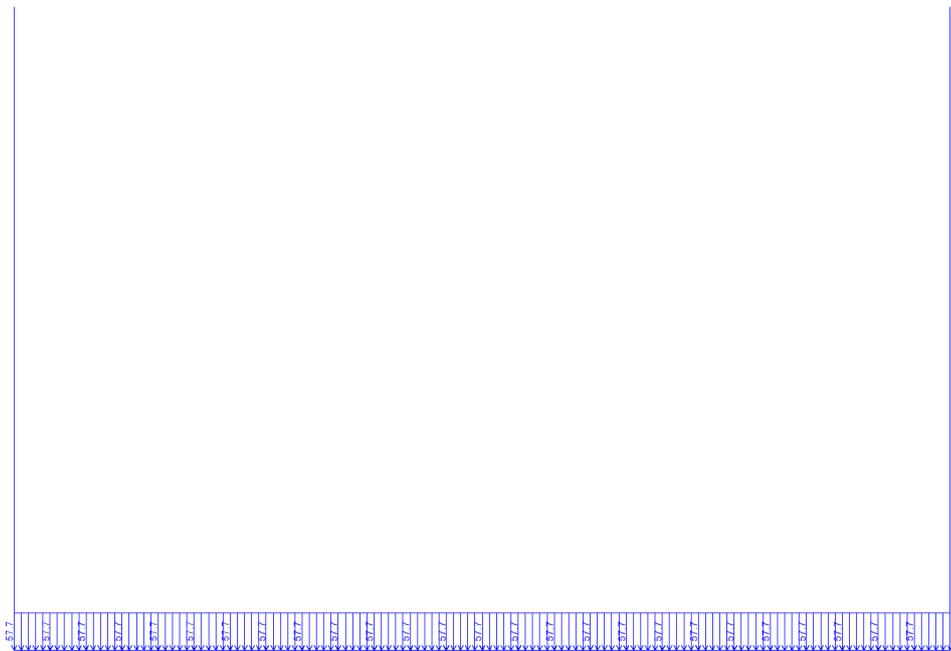


Figura 12-10 – Treno di carico LM71 singolo binario.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.2.8 Incremento di spinta dovuta al carico accidentale

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

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



Figura 12-11 – Incremento spinta treno di carico LM71 singolo binario.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.2.9 Azione sismica

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

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

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

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

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

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

a_g	0.106	g
S_S	1.2	
S_T	1	
a_{max}	0.127	g
β_m	1	
k_h	0.127	
k_v	0.064	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.27	kN/m^2	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	2.54	kN/m^2	peso proprio s. 0.8m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	5.8	m	altezza complessiva
Δp_d	14.73	kN/m^2	incremento di spinta

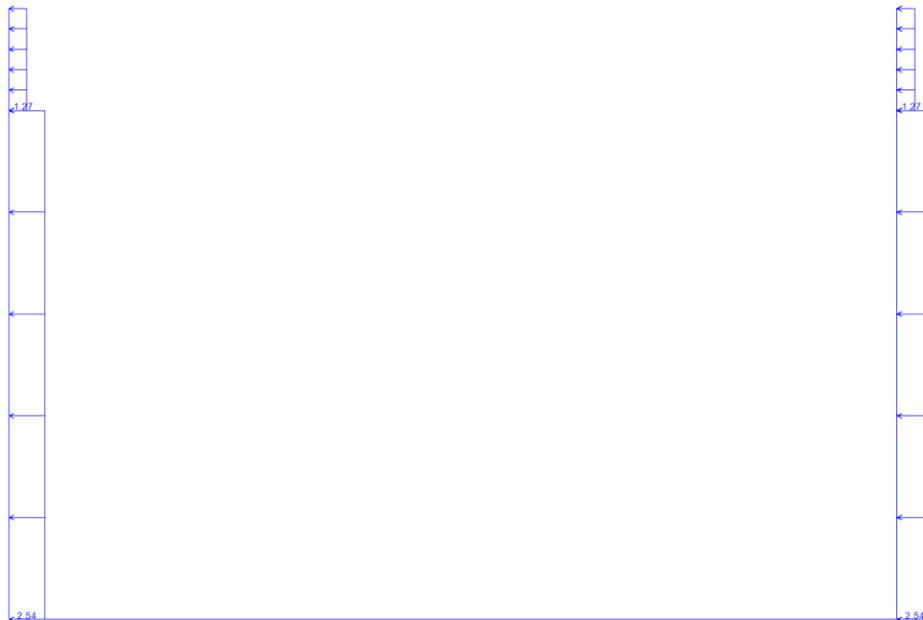


Figura 12-12 – Sisma orizzontale.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU.57.0.0.001</td> <td>B</td> <td>42 di 165</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	42 di 165
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	42 di 165								



Figura 12-13 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.3 Combinazioni di calcolo

Le azioni impiegate nella definizione delle combinazioni di carico sono riepilogate nella Tabella 13-1 .

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

Tabella 12-2 – Riepilogo carichi.

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

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

Tabella 12-3 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche.

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

Tabella 12-4 – Combinazioni di carico agli SLV

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

Tabella 12-5 – Combinazioni di carico agli SLE.

12.4 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.

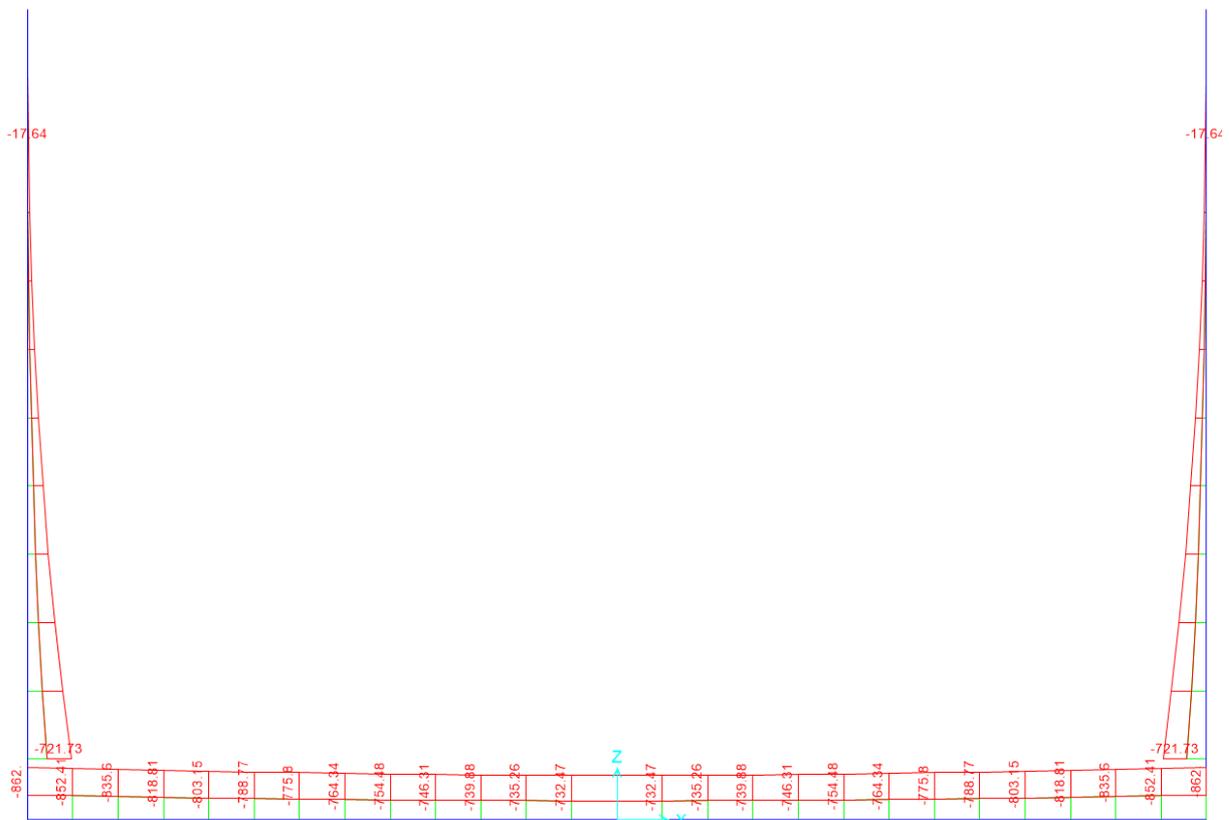


Figura 12-14 – Momento flettente enve-SLU.

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	45 di 165

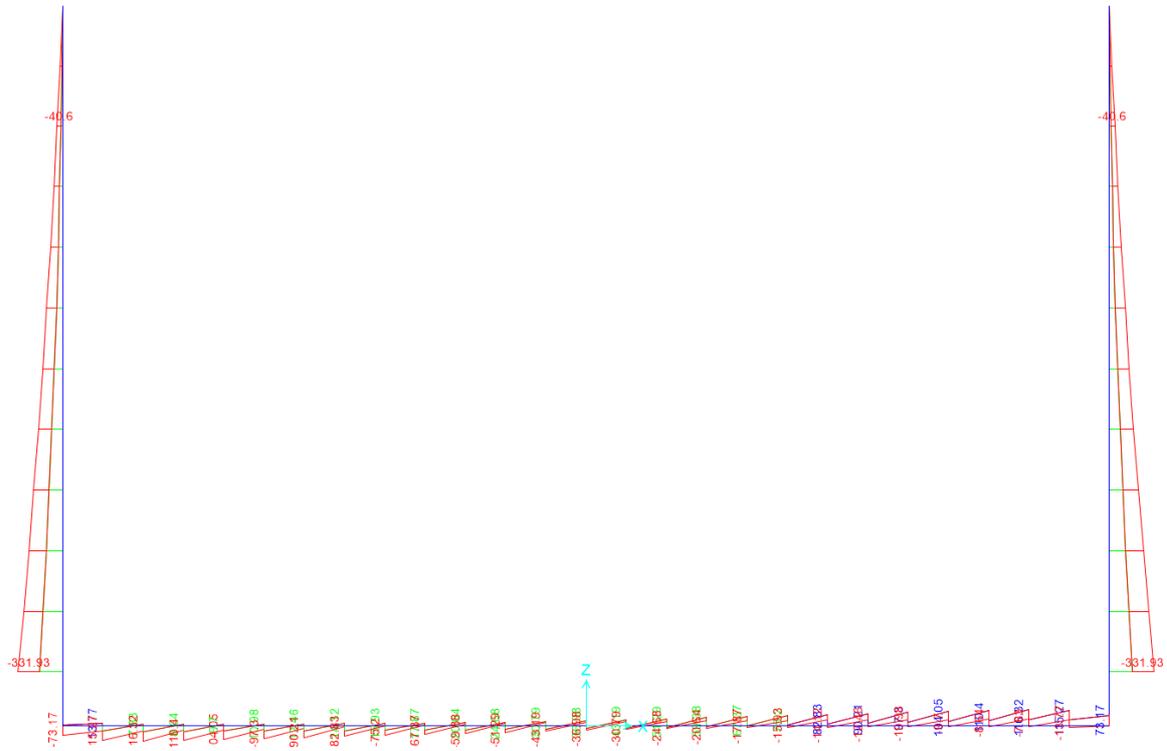


Figura 12-15 – Taglio enve-SLU.

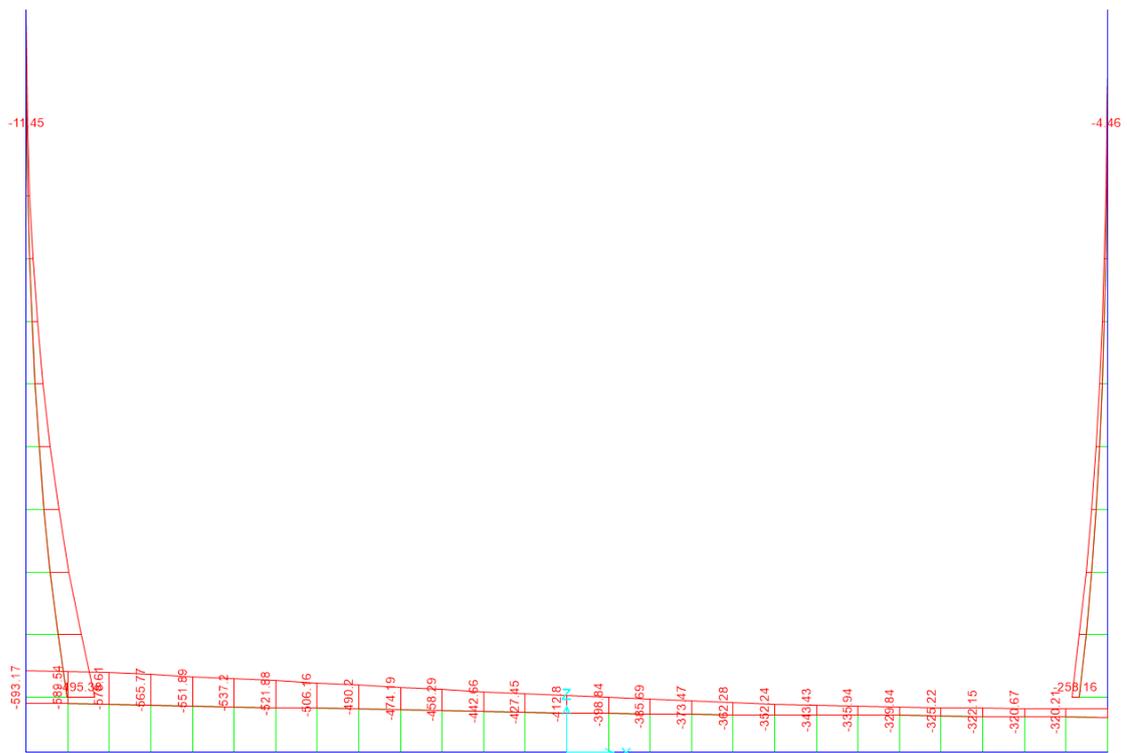


Figura 12-16 – Momento flettente enve-SLV.

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	46 di 165

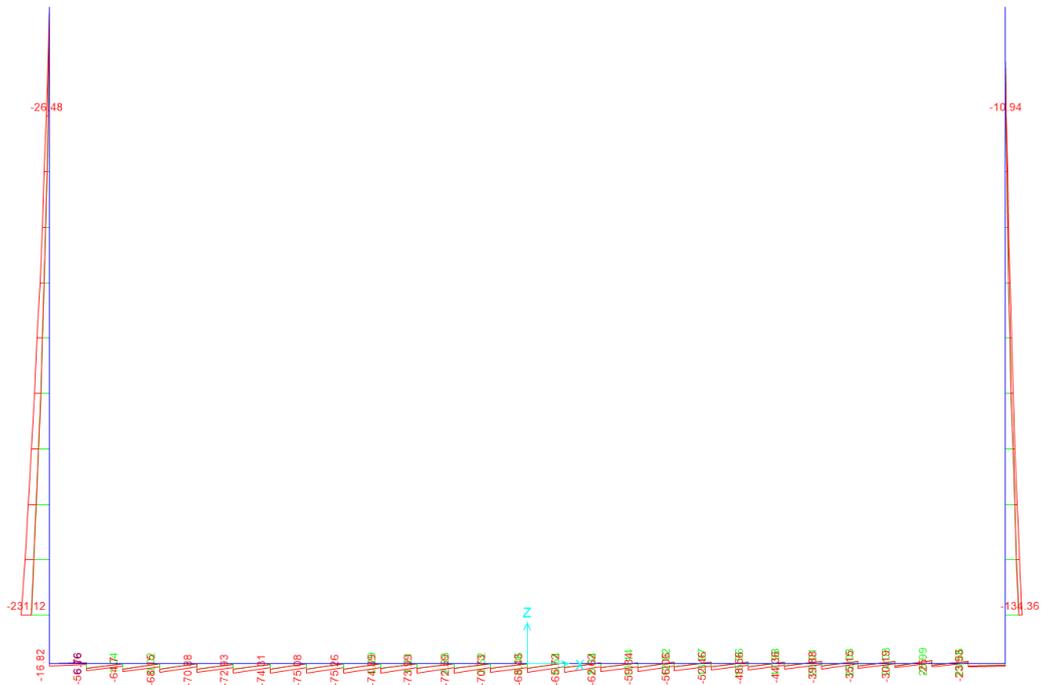


Figura 12-17 – Taglio enve-SLV.

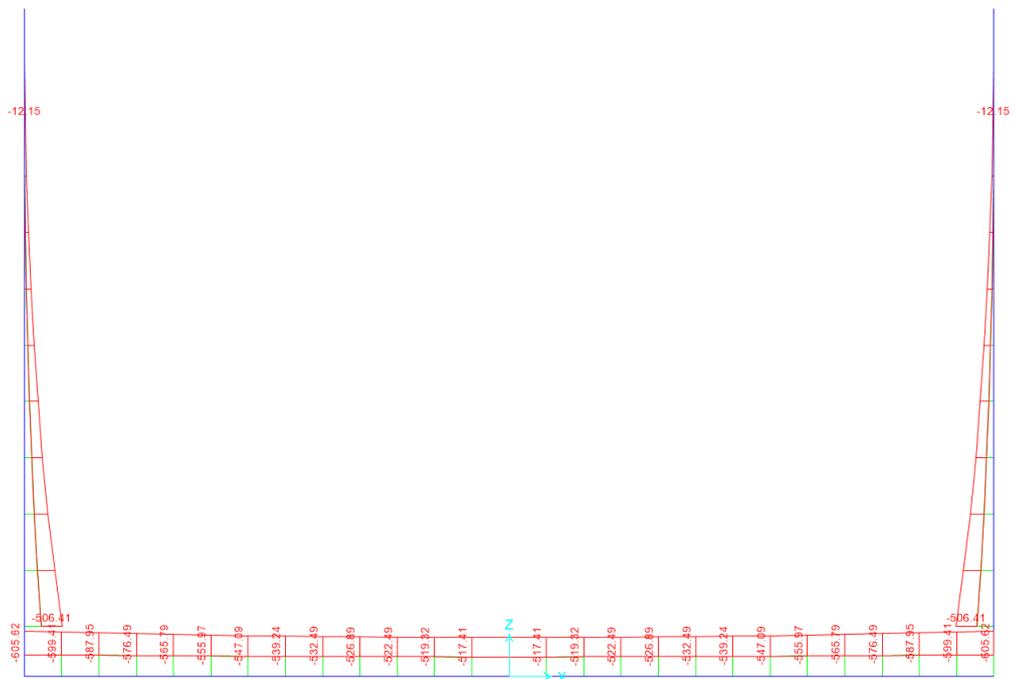


Figura 12-18 – Momento flettente enve-SLE.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.4.1 Verifica piedritti s.0.8m

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-9.00	-6.95	-2.66	64	4.50	sis1_nl
M3	min		-90.97	-231.12	-495.38	62	0.40	sis3_nl
V2	max		-9.00	-6.95	-2.66	64	4.50	sis1_nl
V2	min		-90.97	-231.12	-495.38	62	0.40	sis3_nl
P	max		-9.00	-22.49	-9.65	62	4.50	sis1_nl
P	min		-90.97	-208.95	-439.96	62	0.40	sis1_nl

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

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

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

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	48 di 165

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

12.4.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	c32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	37.20 daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. a snervamento fyk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:		3913.0 daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:		3913.0 daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef:		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. β1*β2:		1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2:		0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	49 di 165

Barre inferiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1215	-429	-1058	0
2	12281	-72171	-33192	0
3	1215	-429	-1058	0
4	12281	-72171	-33192	0
5	900	-462	-1167	0
6	12281	-26383	-13756	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317
2	9097	-50639
3	900	-317
4	9097	-50639
5	900	-317
6	9097	-22927

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317 (-85390)
2	9097	-45097 (-53358)
3	900	-317 (-85390)
4	9097	-45097 (-53358)
5	900	-1036 (-58951)
6	9097	-45097 (-53358)

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

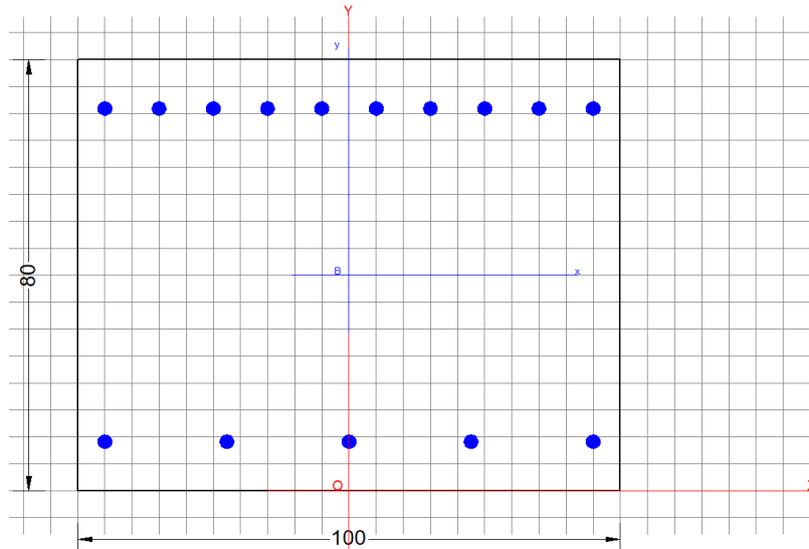
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317 (-85390)
2	9097	-22927 (-54881)

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	50 di 165

3	900	-317 (-85390)
4	9097	-22927 (-54881)
5	900	-317 (-85390)
6	9097	-22927 (-54881)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	1215	-429	1201	-136325	302.670	11.3	0.16	0.70	53.1 (15.2)
2	S	12281	-72171	12299	-139727	1.933	11.7	0.17	0.70	53.1 (15.2)
3	S	1215	-429	1201	-136325	302.670	11.3	0.16	0.70	53.1 (15.2)
4	S	12281	-72171	12299	-139727	1.933	11.7	0.17	0.70	53.1 (15.2)
5	S	900	-462	885	-136229	285.084	11.3	0.16	0.70	53.1 (15.2)
6	S	12281	-26383	12299	-139727	5.261	11.7	0.17	0.70	53.1 (15.2)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	51 di 165

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.01840	70.9
2	0.00350	0.0	0.00078	9.1	-0.01766	70.9
3	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.01840	70.9
4	0.00350	0.0	0.00078	9.1	-0.01766	70.9
5	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.01842	70.9
6	0.00350	0.0	0.00078	9.1	-0.01766	70.9

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d Altezza utile sezione [cm]
bw Larghezza minima sezione [cm]
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-1058	38182	70.9	100.0	0.0075	0.0
2	S	-33192	39653	70.9	100.0	0.0075	0.2
3	S	-1058	38182	70.9	100.0	0.0075	0.0
4	S	-33192	39653	70.9	100.0	0.0075	0.2
5	S	-1167	38020	70.9	100.0	0.0075	0.0
6	S	-13756	39653	70.9	100.0	0.0075	0.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
2	S	55.4	0.0	0.0	25.9	-1447	9.1	18.0	1805	53.1	9.1
3	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
4	S	55.4	0.0	0.0	25.9	-1447	9.1	18.0	1805	53.1	9.1
5	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
6	S	25.6	0.0	0.0	27.4	-613	9.1	17.6	1757	53.1	9.1

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

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	52 di 165

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
2	S	-0.00087	0.00042	0.50	0.60	0.000434 (0.000434)	415	0.180 (0.20)	-53191
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
4	S	-0.00087	0.00042	0.50	0.60	0.000434 (0.000434)	415	0.180 (0.20)	-53191
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
6	S	-0.00037	0.00019	0.50	0.60	0.000184 (0.000184)	411	0.076 (0.20)	-54881

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
2	S	49.4	0.0	0.0	26.0	-1280	9.1	18.0	1800	53.1	9.1
3	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
4	S	49.4	0.0	0.0	26.0	-1280	9.1	18.0	1800	53.1	9.1
5	S	1.2	0.0	0.0	32.9	-24	9.1	16.5	1647	53.1	9.1
6	S	49.4	0.0	0.0	26.0	-1280	9.1	18.0	1800	53.1	9.1

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
2	S	-0.00077	0.00037	0.50	0.60	0.000384 (0.000384)	415	0.159 (0.20)	-53358
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
4	S	-0.00077	0.00037	0.50	0.60	0.000384 (0.000384)	415	0.159 (0.20)	-53358
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	402	0.003 (0.20)	-58951
6	S	-0.00077	0.00037	0.50	0.60	0.000384 (0.000384)	415	0.159 (0.20)	-53358

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
2	S	25.6	0.0	0.0	27.4	-613	9.1	17.6	1757	53.1	9.1
3	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
4	S	25.6	0.0	0.0	27.4	-613	9.1	17.6	1757	53.1	9.1
5	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
6	S	25.6	0.0	0.0	27.4	-613	9.1	17.6	1757	53.1	9.1

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
2	S	-0.00037	0.00019	0.50	0.40	0.000184 (0.000184)	411	0.076 (0.20)	-54881
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
4	S	-0.00037	0.00019	0.50	0.40	0.000184 (0.000184)	411	0.076 (0.20)	-54881
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
6	S	-0.00037	0.00019	0.50	0.40	0.000184 (0.000184)	411	0.076 (0.20)	-54881

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	332 kN
N_{Ed}	122 kN

Calcestruzzo

c32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

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

Copriferro

c	91 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	709 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

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

Armatura longitudinale tesa

n **10**

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

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

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0075 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.1525 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

V_{\min}	0.27
------------	------

V_{Rd}	396.35 kN
----------	-----------

Verifica:

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

VERIFICATA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.4.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	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:	188.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	37.20	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	900	-266	-695	0
2	9097	-49538	-23112	0
3	900	-266	-695	0
4	9097	-49538	-23112	0
5	900	-965	-2249	0
6	9097	-43996	-20895	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	55 di 165

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	900	-266	904	-130947	492.282	21.9	0.31	0.83	53.1 (15.2)
2	S	9097	-49538	9086	-133334	2.692	22.3	0.31	0.83	53.1 (15.2)
3	S	900	-266	904	-130947	492.282	21.9	0.31	0.83	53.1 (15.2)
4	S	9097	-49538	9086	-133334	2.692	22.3	0.31	0.83	53.1 (15.2)
5	S	900	-965	904	-130947	135.697	21.9	0.31	0.83	53.1 (15.2)
6	S	9097	-43996	9086	-133334	3.031	22.3	0.31	0.83	53.1 (15.2)

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	0.00088	0.0	0.00051	9.1	-0.00196	70.9
2	0.00090	0.0	0.00053	9.1	-0.00196	70.9
3	0.00088	0.0	0.00051	9.1	-0.00196	70.9
4	0.00090	0.0	0.00053	9.1	-0.00196	70.9
5	0.00088	0.0	0.00051	9.1	-0.00196	70.9
6	0.00090	0.0	0.00053	9.1	-0.00196	70.9

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d Altezza utile sezione [cm]
bw Larghezza minima sezione [cm]
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [< 0.02]
Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
--------	-----	-----	------	---	----	----	-----

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	56 di 165

1	S	-695	38020	70.9	100.0	0.0075	0.0
2	S	-23112	39229	70.9	100.0	0.0075	0.1
3	S	-695	38020	70.9	100.0	0.0075	0.0
4	S	-23112	39229	70.9	100.0	0.0075	0.1
5	S	-2249	38020	70.9	100.0	0.0075	0.0
6	S	-20895	39229	70.9	100.0	0.0075	0.1

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	232 kN
N_{Ed}	91 kN

Calcestruzzo

c32/40

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

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

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

Copriferro

c	91 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	709 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

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

Armatura longitudinale tesa

n **10**

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

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

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0075 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.1138 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

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

V_{Rd}	392.23 kN
----------	-----------

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

12.4.2 Verifica piedritti s.0.4m

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	0.00	0.00	0.00	65	0.90	sis2_nl
M3	min		-9.00	-26.48	-11.45	63	0.00	sis3_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	63	0.90	sis1_nl
V2	min		-9.00	-26.48	-11.45	63	0.00	sis3_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	65	0.90	sis3_nl
P	min		-9.00	-22.49	-9.65	63	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	0.00	0.00	0.00	63	0.90	slu3_nl
M3	min		-12.15	-40.60	-17.64	63	0.00	slu3_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	65	0.90	slu5_nl
V2	min		-12.15	-40.60	-17.64	63	0.00	slu3_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	65	0.90	slu3_nl
P	min		-12.15	-11.67	-4.62	63	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	0.00	0.00	0.00	63	0.90	rar1_nl
M3	min		-9.00	-28.04	-12.15	63	0.00	rar2_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	63	0.90	rar2_nl
V2	min		-9.00	-28.04	-12.15	63	0.00	rar2_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	63	0.90	rar1_nl
P	min		-9.00	-8.09	-3.17	63	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	0.00	0.00	0.00	63	0.90	fre2_nl
M3	min		-9.00	-24.05	-10.36	63	0.00	fre1_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	63	0.90	fre2_nl
V2	min		-9.00	-24.05	-10.36	63	0.00	fre1_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	63	0.90	fre1_nl
P	min		-9.00	-24.05	-10.36	63	0.00	fre1_nl

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	58 di 165

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	0.00	0.00	0.00	63	0.90	qpe1_nl
M3	min	QPE	-9.00	-8.09	-3.17	65	0.00	qpe1_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	63	0.90	qpe1_nl
V2	min		-9.00	-8.09	-3.17	63	0.00	qpe1_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	63	0.90	qpe1_nl
P	min		-9.00	-8.09	-3.17	63	0.00	qpe1_nl

12.4.2.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. a snervamento fyk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:		3913.0 daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:		3913.0 daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef:		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. β1*β2:		1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2:		0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	59 di 165

Barre inferiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1215	-1764	-4060	0
2	1215	-1764	-4060	0
3	1215	-462	-1167	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-1215
2	900	-1215
3	900	-317

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-1036 (-11452)
2	900	-1036 (-11452)
3	900	-1036 (-11452)

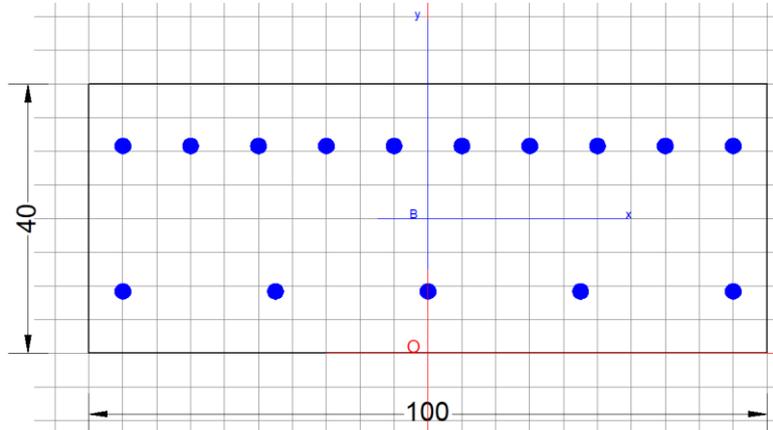
COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317 (-13055)
2	900	-317 (-13055)
3	900	-317 (-13055)

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	60 di 165



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	1215	-1764	1201	-52984	29.825	11.3	0.37	0.90	53.1 (5.5)
2	S	1215	-1764	1201	-52984	29.825	11.3	0.37	0.90	53.1 (5.5)
3	S	1215	-462	1201	-52984	111.588	11.3	0.37	0.90	53.1 (5.5)

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	0.0	0.00069	9.1	-0.00605	30.9
2	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.00605	30.9
3	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.00605	30.9

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-4060	25898	30.9	100.0	0.0172	0.0
2	S	-4060	25898	30.9	100.0	0.0172	0.0
3	S	-1167	25898	30.9	100.0	0.0172	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.6	0.0	0.0	16.2	-82	9.1	8.1	814	53.1	9.1
2	S	5.6	0.0	0.0	16.2	-82	9.1	8.1	814	53.1	9.1
3	S	1.5	0.0	0.0	19.1	-15	9.1	7.2	717	53.1	9.1

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000025 (0.000025)	333	0.008 (0.20)	-11362
2	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000025 (0.000025)	333	0.008 (0.20)	-11362
3	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000005 (0.000005)	325	0.001 (0.20)	-13055

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.8	0.0	0.0	16.3	-69	9.1	8.1	808	53.1	9.1
2	S	4.8	0.0	0.0	16.3	-69	9.1	8.1	808	53.1	9.1
3	S	4.8	0.0	0.0	16.3	-69	9.1	8.1	808	53.1	9.1

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	62 di 165

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00005	0.00004	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	332	0.007 (0.20)	-11452
2	S	-0.00005	0.00004	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	332	0.007 (0.20)	-11452
3	S	-0.00005	0.00004	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	332	0.007 (0.20)	-11452

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.5	0.0	0.0	19.1	-15	9.1	7.2	717	53.1	9.1
2	S	1.5	0.0	0.0	19.1	-15	9.1	7.2	717	53.1	9.1
3	S	1.5	0.0	0.0	19.1	-15	9.1	7.2	717	53.1	9.1

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000005 (0.000005)	325	0.001 (0.20)	-13055
2	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000005 (0.000005)	325	0.001 (0.20)	-13055
3	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000005 (0.000005)	325	0.001 (0.20)	-13055

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	41 kN
N_{Ed}	13 kN

Calcestruzzo

c32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

h	400 mm
-----	--------

Copriferro

c	91 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	309 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

A_c	400000 mm ²
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

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

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

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0172 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.0325 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.80 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

v_{\min}	0.30
------------	------

V_{Rd}	259.04 kN
----------	-----------

Verifica:

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

VERIFICATA

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.4.2.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	31.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	0	0	0
2	900	-1145	-2648	0
3	0	0	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	65 di 165

Copriferro netto minimo staffe: 3.7 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	0	-27	-51648	9999.000	14.7	0.47	1.00	53.1 (5.5)
2	S	900	-1145	872	-51750	44.829	14.7	0.48	1.00	53.1 (5.5)
3	S	0	0	-27	-51648	9999.000	14.7	0.47	1.00	53.1 (5.5)

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	0.00177	0.0	0.00067	9.1	-0.00196	30.9
2	0.00178	0.0	0.00068	9.1	-0.00196	30.9
3	0.00177	0.0	0.00067	9.1	-0.00196	30.9

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 d Altezza utile sezione [cm]
 bw Larghezza minima sezione [cm]
 Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [< 0.02]
 Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0	25758	30.9	100.0	0.0172	0.0
2	S	-2648	25758	30.9	100.0	0.0172	0.0
3	S	0	25758	30.9	100.0	0.0172	0.0

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	27 kN
N_{Ed}	9 kN

Calcestruzzo

c32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

h	400 mm
-----	--------

Copriferro

c	91 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	309 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

A_c	400000 mm ²
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

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

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

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0172 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.0225 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.80 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

v_{\min}	0.30
------------	------

V_{Rd}	258.58 kN
----------	-----------

Verifica:

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

VERIFICATA

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.4.3 Verifica soletta inferiore

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	129.37	11.00	-257.29	23	0.30	sis1_nl
M3	min		153.31	-56.16	-589.54	29	0.00	sis3_nl
V2	max		138.17	25.99	-274.88	22	0.30	sis2_nl
V2	min		153.31	-75.26	-490.20	2	0.00	sis3_nl
P	max		153.31	-75.08	-506.16	1	0.00	sis3_nl
P	min		129.37	-39.88	-272.81	15	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	196.10	24.39	-304.01	6	0.30	slu2_nl
M3	min		369.69	92.87	-852.41	23	0.30	slu3_nl
V2	max		369.69	116.32	-820.88	22	0.30	slu4_nl
V2	min		369.69	-116.32	-820.88	25	0.00	slu4_nl
P	max		369.69	-72.95	-764.34	1	0.00	slu3_nl
P	min		196.10	-39.15	-366.75	1	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	141.94	19.40	-257.15	6	0.30	rar1_nl
M3	min		261.66	64.88	-599.41	23	0.30	rar2_nl
V2	max		261.66	67.01	-587.95	22	0.30	rar2_nl
V2	min		261.66	-67.01	-587.95	25	0.00	rar2_nl
P	max		261.66	-51.32	-539.24	1	0.00	rar2_nl
P	min		141.94	-11.10	-265.04	13	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	141.94	19.40	-257.15	6	0.30	fre2_nl
M3	min		237.72	57.69	-536.49	23	0.30	fre1_nl
V2	max		237.72	60.17	-526.66	22	0.30	fre1_nl
V2	min		237.72	-60.17	-526.66	25	0.00	fre1_nl
P	max		237.72	-46.66	-484.40	1	0.00	fre1_nl
P	min		141.94	-11.10	-265.04	13	0.00	fre2_nl

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	68 di 165

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	141.94	19.40	-257.15	6	0.30	qpe1_nl
M3	min	QPE	141.94	28.95	-284.81	23	0.30	qpe1_nl
V2	max		141.94	32.78	-281.52	22	0.30	qpe1_nl
V2	min		141.94	-32.78	-281.52	25	0.00	qpe1_nl
P	max		141.94	-28.01	-265.04	1	0.00	qpe1_nl
P	min		141.94	-11.10	-265.04	13	0.00	qpe1_nl

12.4.3.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -
 Classe: C32/40
 Resis. compr. di progetto fcd: 188.00 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd': 94.00 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 336428 daN/cm²
 Resis. media a trazione fctm: 31.00 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Rare: 182.60 daN/cm²
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 182.60 daN/cm²
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 132.80 daN/cm²
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO -
 Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di progetto fyd: 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di progetto ftd: 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 3375.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	69 di 165

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.8	9.2	28
2	-40.8	70.8	28
3	40.8	70.8	28
4	40.8	9.2	28

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	10	28
2	2	3	10	28

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-19610	-30401	0	2439	0
2	-36969	-85241	0	9287	0
3	-36969	-82088	0	11632	0
4	-36969	-82088	0	-11632	0
5	-36969	-76434	0	-7295	0
6	-19610	-36675	0	-3915	0

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

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	70 di 165

My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-14194	-25715	0
2	-26166	-59941	0
3	-26166	-58795	0
4	-26166	-58795	0
5	-26166	-53924	0
6	-14194	-26504	0

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

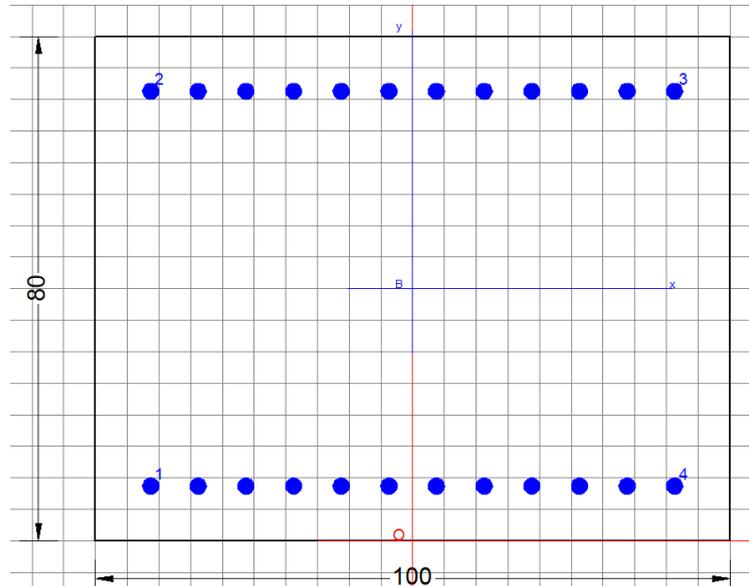
N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia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

N°Comb.	N	Mx	My
1	-14194	-25715 (-45453)	0 (0)
2	-23772	-53649 (-46175)	0 (0)
3	-23772	-52666 (-46119)	0 (0)
4	-23772	-52666 (-46119)	0 (0)
5	-23772	-48440 (-45856)	0 (0)
6	-14194	-26504 (-45561)	0 (0)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	-14194	-25715 (-45453)	0 (0)
2	-14194	-28481 (-45806)	0 (0)
3	-14194	-28152 (-45767)	0 (0)
4	-14194	-28152 (-45767)	0 (0)
5	-14194	-26504 (-45561)	0 (0)
6	-14194	-26504 (-45561)	0 (0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.6 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.4 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-19610	-30401	0	-19619	-179799	0	5.91	73.9(16.0)
2	S	-36969	-85241	0	-36950	-174464	0	2.05	73.9(16.0)
3	S	-36969	-82088	0	-36950	-174464	0	2.13	73.9(16.0)
4	S	-36969	-82088	0	-36950	-174464	0	2.13	73.9(16.0)
5	S	-36969	-76434	0	-36950	-174464	0	2.28	73.9(16.0)
6	S	-19610	-36675	0	-19619	-179799	0	4.90	73.9(16.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	72 di 165

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.160	-50.0	0.0	0.00066	-40.8	9.2	-0.01838	-40.8	70.8
2	0.00350	0.155	-50.0	0.0	0.00057	-40.8	9.2	-0.01902	-40.8	70.8
3	0.00350	0.155	-50.0	0.0	0.00057	-40.8	9.2	-0.01902	-40.8	70.8
4	0.00350	0.155	-50.0	0.0	0.00057	-40.8	9.2	-0.01902	-40.8	70.8
5	0.00350	0.155	-50.0	0.0	0.00057	-40.8	9.2	-0.01902	-40.8	70.8
6	0.00350	0.160	-50.0	0.0	0.00066	-40.8	9.2	-0.01838	-40.8	70.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000308982	0.003500000	0.160	0.700
2	0.000000000	-0.000318144	0.003500000	0.155	0.700
3	0.000000000	-0.000318144	0.003500000	0.155	0.700
4	0.000000000	-0.000318144	0.003500000	0.155	0.700
5	0.000000000	-0.000318144	0.003500000	0.155	0.700
6	0.000000000	-0.000308982	0.003500000	0.160	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	2439	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	1.0	15.4(0.0)
2	S	9287	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	3.7	15.4(0.0)
3	S	11632	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	4.7	15.4(0.0)
4	S	11632	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	4.7	15.4(0.0)
5	S	7295	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	2.9	15.4(0.0)
6	S	3915	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	1.6	15.4(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	73 di 165

Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	19.5	50.0	0.0	-652	-11.1	70.8	1950	73.9
2	S	46.3	50.0	0.0	-1475	-26.0	70.8	1900	73.9
3	S	45.3	50.0	0.0	-1450	11.1	70.8	1900	73.9
4	S	45.3	50.0	0.0	-1450	11.1	70.8	1900	73.9
5	S	41.3	50.0	0.0	-1344	11.1	70.8	1900	73.9
6	S	20.2	50.0	0.0	-669	33.4	70.8	1950	73.9

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00039	0	0.500	28.0	78	0.00020 (0.00020)	391	0.076 (0.20)	-45453	0
2	S	-0.00088	0	0.500	28.0	78	0.00044 (0.00044)	388	0.172 (0.20)	-46219	0
3	S	-0.00086	0	0.500	28.0	78	0.00044 (0.00044)	388	0.169 (0.20)	-46162	0
4	S	-0.00086	0	0.500	28.0	78	0.00044 (0.00044)	388	0.169 (0.20)	-46162	0
5	S	-0.00080	0	0.500	28.0	78	0.00040 (0.00040)	388	0.156 (0.20)	-45893	0
6	S	-0.00040	0	0.500	28.0	78	0.00020 (0.00020)	391	0.078 (0.20)	-45561	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	19.5	50.0	0.0	-652	-11.1	70.8	1950	73.9
2	S	41.4	50.0	0.0	-1322	11.1	70.8	1900	73.9
3	S	40.6	50.0	0.0	-1301	-3.7	70.8	1900	73.9
4	S	40.6	50.0	0.0	-1301	-3.7	70.8	1900	73.9
5	S	37.1	50.0	0.0	-1209	33.4	70.8	1900	73.9
6	S	20.2	50.0	0.0	-669	33.4	70.8	1950	73.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00039	0	0.500	28.0	78	0.00020 (0.00020)	391	0.076 (0.20)	-45453	0
2	S	-0.00079	0	0.500	28.0	78	0.00040 (0.00040)	388	0.154 (0.20)	-46175	0
3	S	-0.00077	0	0.500	28.0	78	0.00039 (0.00039)	388	0.151 (0.20)	-46119	0
4	S	-0.00077	0	0.500	28.0	78	0.00039 (0.00039)	388	0.151 (0.20)	-46119	0
5	S	-0.00072	0	0.500	28.0	78	0.00036 (0.00036)	388	0.141 (0.20)	-45856	0

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	74 di 165

6	S	-0.00040	0	0.500	28.0	78	0.00020 (0.00020)	391	0.078 (0.20)	-45561	0
---	---	----------	---	-------	------	----	-------------------	-----	--------------	--------	---

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	19.5	50.0	0.0	-652	-11.1	70.8	1950	73.9
2	S	21.8	50.0	0.0	-712	33.4	70.8	1900	73.9
3	S	21.5	50.0	0.0	-705	33.4	70.8	1950	73.9
4	S	21.5	50.0	0.0	-705	33.4	70.8	1950	73.9
5	S	20.2	50.0	0.0	-669	33.4	70.8	1950	73.9
6	S	20.2	50.0	0.0	-669	33.4	70.8	1950	73.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00039	0	0.500	28.0	78	0.00020 (0.00020)	391	0.076 (0.20)	-45453	0
2	S	-0.00042	0	0.500	28.0	78	0.00021 (0.00021)	388	0.083 (0.20)	-45806	0
3	S	-0.00042	0	0.500	28.0	78	0.00021 (0.00021)	391	0.083 (0.20)	-45767	0
4	S	-0.00042	0	0.500	28.0	78	0.00021 (0.00021)	391	0.083 (0.20)	-45767	0
5	S	-0.00040	0	0.500	28.0	78	0.00020 (0.00020)	391	0.078 (0.20)	-45561	0
6	S	-0.00040	0	0.500	28.0	78	0.00020 (0.00020)	391	0.078 (0.20)	-45561	0

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	117 kN
N_{Ed}	370 kN

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

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

Copriferro

c	92 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	708 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

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

Armatura longitudinale tesa

n **12**

\varnothing	28 mm
---------------	-------

A_{sl}	7385.28 mm ²
----------	-------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0104 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.4625 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

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

V_{Rd}	473.24 kN
----------	-----------

Verifica:

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

VERIFICATA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.4.3.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.00	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	94.00	daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	31.00	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.8	9.2	28
2	-40.8	70.8	28
3	40.8	70.8	28
4	40.8	9.2	28

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	77 di 165

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	10	28
2	2	3	10	28

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
Passo staffe: 20.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-12937	-25729	0	1100	0
2	-15331	-58954	0	-5616	0
3	-13817	-27488	0	2599	0
4	-15331	-49020	0	-7526	0
5	-15331	-50616	0	-7508	0
6	-12937	-27281	0	-3988	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.4 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-12937	-25729	0	-12923	-175712	0	6.83	73.9(16.0)
2	S	-15331	-58954	0	-15318	-175029	0	2.97	73.9(16.0)
3	S	-13817	-27488	0	-13802	-175461	0	6.38	73.9(16.0)
4	S	-15331	-49020	0	-15318	-175029	0	3.57	73.9(16.0)
5	S	-15331	-50616	0	-15318	-175029	0	3.46	73.9(16.0)
6	S	-12937	-27281	0	-12923	-175712	0	6.44	73.9(16.0)

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	78 di 165

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00099	0.337	-50.0	0.0	0.00061	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
2	0.00099	0.336	-50.0	0.0	0.00061	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
3	0.00099	0.336	-50.0	0.0	0.00061	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
4	0.00099	0.336	-50.0	0.0	0.00061	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
5	0.00099	0.336	-50.0	0.0	0.00061	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
6	0.00099	0.337	-50.0	0.0	0.00061	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000041675	0.000994092	0.337	0.861
2	0.000000000	-0.000041591	0.000988175	0.336	0.859
3	0.000000000	-0.000041644	0.000991918	0.336	0.861
4	0.000000000	-0.000041591	0.000988175	0.336	0.859
5	0.000000000	-0.000041591	0.000988175	0.336	0.859
6	0.000000000	-0.000041675	0.000994092	0.337	0.861

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1100	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	0.4	15.4(0.0)
2	S	5616	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	2.3	15.4(0.0)
3	S	2599	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	1.0	15.4(0.0)
4	S	7526	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	3.0	15.4(0.0)
5	S	7508	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	3.0	15.4(0.0)

6 S 3988 299484 38382 70.8 100.0 1.000 1.000 1.6 15.4(0.0)

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	76 kN
N_{Ed}	154 kN

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
----------	----------------------

f_{ck}	33.2 N/mm ²
----------	------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

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

Copriferro

c	92 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	708 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

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

Armatura longitudinale tesa

 n 12

\emptyset	28 mm
-------------	-------

A_{sl}	7385.28 mm ²
----------	-------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0104 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.1925 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

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

V_{Rd}	444.56 kN
----------	-----------

Verifica:
 $V_{Rd} > V_{Ed}$
VERIFICATA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

12.5 Verifica a carico limite

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

Condizioni drenate

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

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

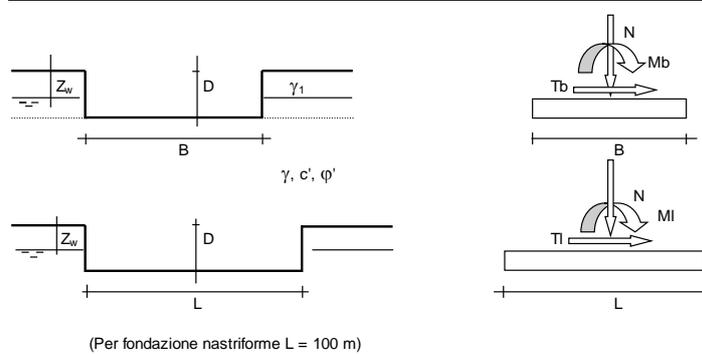
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

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

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	81 di 165



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

AZIONI

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

Peso unità di volume del terreno

γ_1 = 19.00 (kN/mc)
 γ = 19.00 (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

c' = 15.00 (kN/mq)
 ϕ' = 25.00 (°)

Valori di progetto

c' = 15.00 (kN/mq)
 ϕ' = 25.00 (°)

Profondità della falda

Z_w = 3.60 (m)

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

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

q : sovraccarico alla profondità D

q = 28.50 (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

γ = 11.28 (kN/mc)

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	82 di 165

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

$$Nq = 10.66$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 20.72$$

$$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N\gamma = 10.88$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.00$$

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

$$s_q = 1.00$$

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

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

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

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

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

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

$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

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

$$i_\gamma = 1.00$$

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

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

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

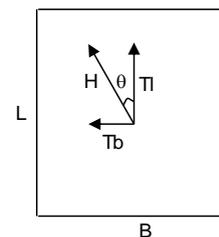
$$d_q = 1.31$$

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

$$d_c = 1.34$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 873.68 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

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

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 379.86 \geq q = 244.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica soddisfatta

Condizioni non drenate

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni totali

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

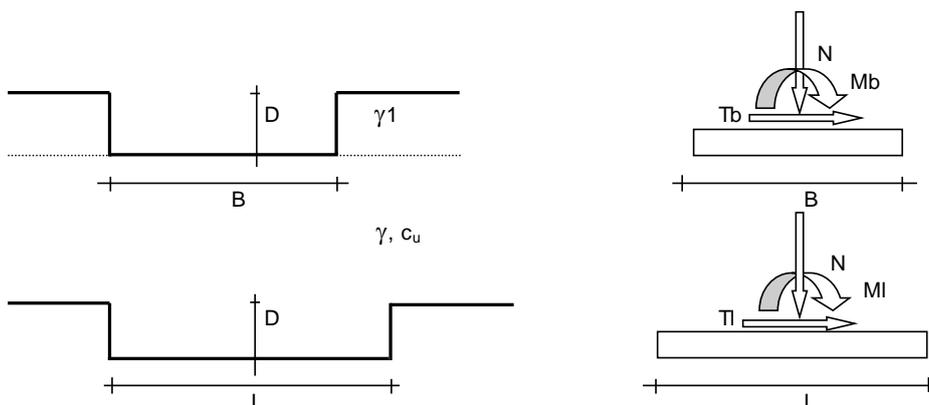
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

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

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

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
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.40	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.40	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	2.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazioni nastriformi $L=100$ m)

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

AZIONI

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

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

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

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

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

Valore di progetto

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

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

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

q : sovraccarico alla profondità D

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

γ : peso di volume del terreno di fondazione

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

Nc : coefficiente di capacità portante

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

s_c : fattori di forma

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

$$s_c = 1.00$$

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	86 di 165

i_c : fattore di inclinazione del carico

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

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

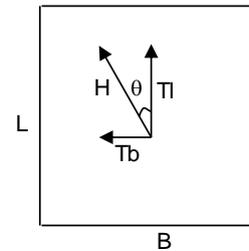
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

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

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

$$i_c = 1.00$$



d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

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

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

$$d_c = 1.39$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

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

$$b_c = 0.97$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

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

$$g_c = 0.93$$

Carico limite unitario

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

Pressione massima agente

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

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

Verifica di sicurezza capacità portante

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

Verifica sofsifatta

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13. MURO AD U TIPO 2 H_{MAX}=6.57M

13.1 Modellazione adottata

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta pari a 4024 kN/m³.

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

$$\frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t} \quad (\text{formulazione di Vesic, rif. "Fondazioni" – Bowles})$$

dove:

E = modulo elastico del terreno;

ν = coefficiente di Poisson =0.3;

B = larghezza della fondazione.

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

unità	E	ν	B	L	L/B	c_t	k_w
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m ³)
a2	50	0.3	9.2	30	3.26	1.48	4024

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

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

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

La dimensione interna è di 6.6 m, l'altezza totale, a partire dal piano campagna, è pari 7.9 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 1.30 m e i piedritti hanno spessore variabile.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>					
<p>RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU.57.0.0.001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 88 di 165</p>



Figura 13-1 – Modello di calcolo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.2 Analisi dei carichi

13.2.1 *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.

13.2.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
γ_3	20.00	kN/m ³
S_3	6.57	m spessore terreno
W_3	132	kN/m ²

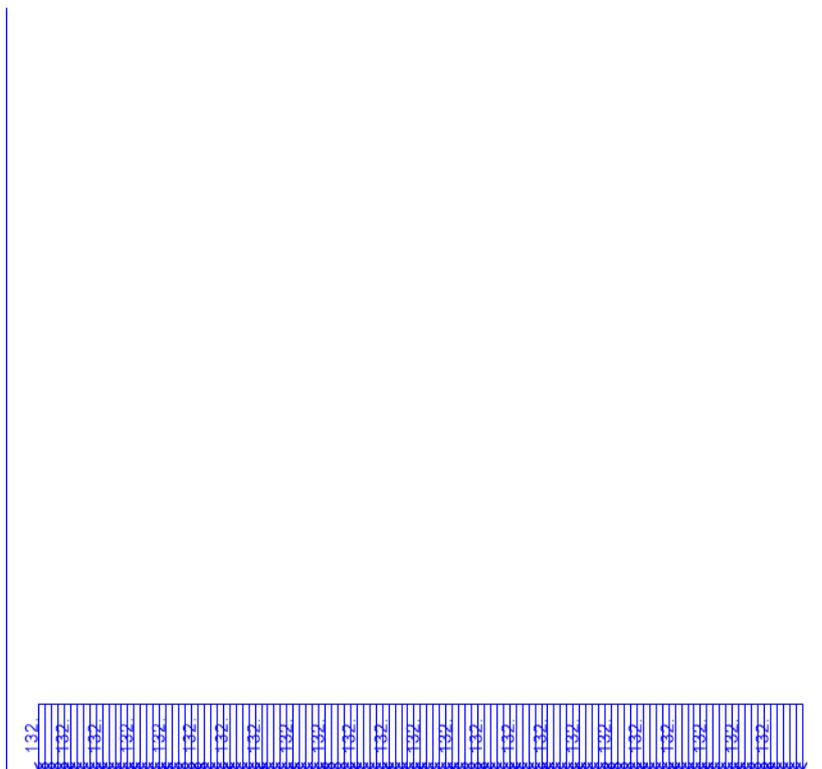


Figura 13-2 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.2.3 Ballast

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



Figura 13-3 – Ballast.

13.2.4 Spinta orizzontale dovuta al ballast

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B



Figura 13-4 – Ballast_H.

13.2.5 Spinta del terreno

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

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	92 di 165

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m ²)	σ_w (kN/m ²)
0	0.00	0.00
0.9	6.92	0.00
5	38.43	0.00
7.25	55.73	0.00

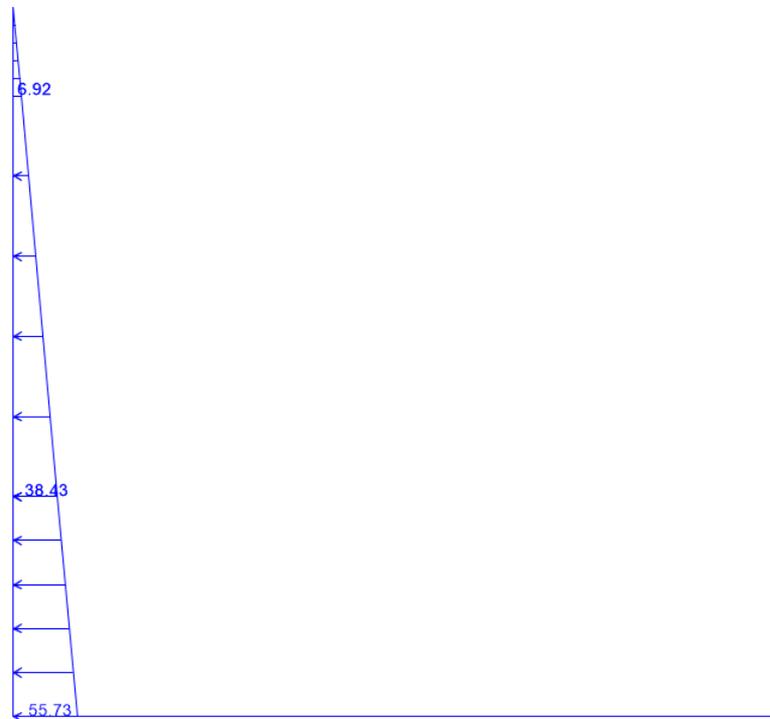


Figura 13-5 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

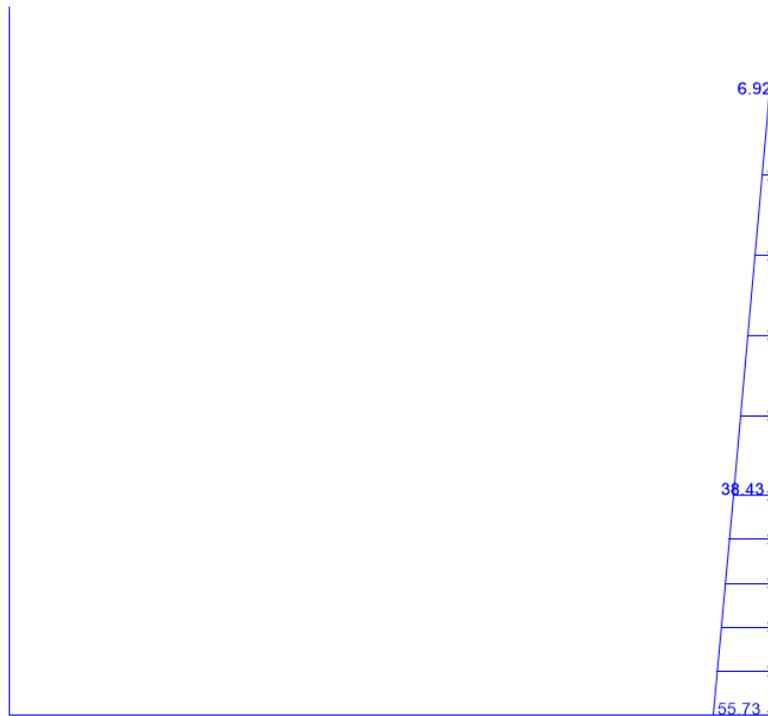


Figura 13-6 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

13.2.6 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

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

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

Il treno di carico SW2 è schematizzato nella figura seguente.

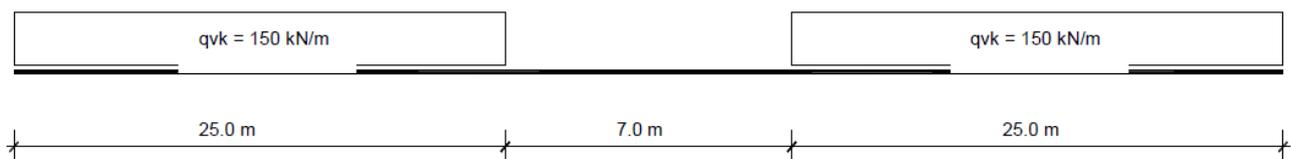


Figura 13-7 – Treno di carico SW2.

Per la ripartizione si considera

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

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

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

Figura 13-8 – Coefficienti α per modelli di carico.

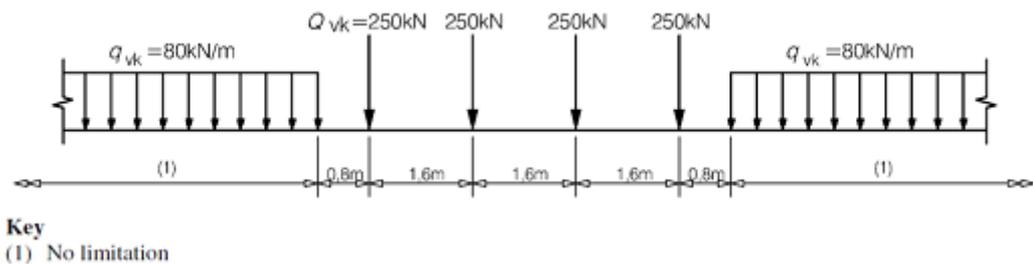
Il valore considerato di carico distribuito in corrispondenza della zona sopra la soletta, risulta dunque:

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

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.

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

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

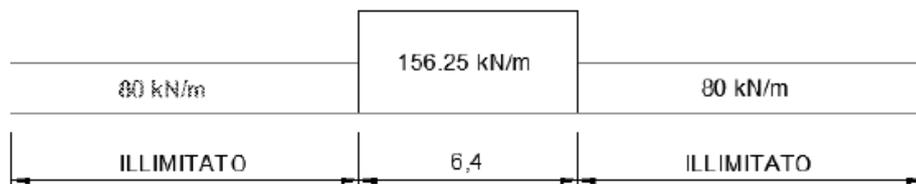


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

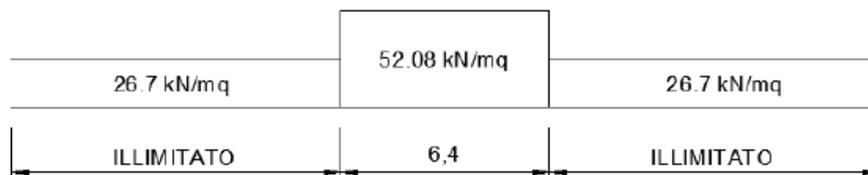
Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B



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:

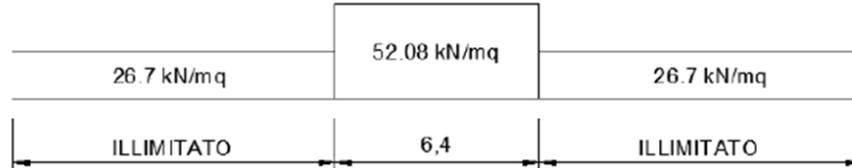
Tabella 11

Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

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:

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

Ai fini delle verifiche del carico equivalente si considera, in tutte le relazioni di calcolo specifiche, a favore di sicurezza, il carico equivalente SW2 pari a 57.7 kN/m^2 a vantaggio di sicurezza rispetto ai 52.08 kN/m^2 calcolati con riferimento alle STI.

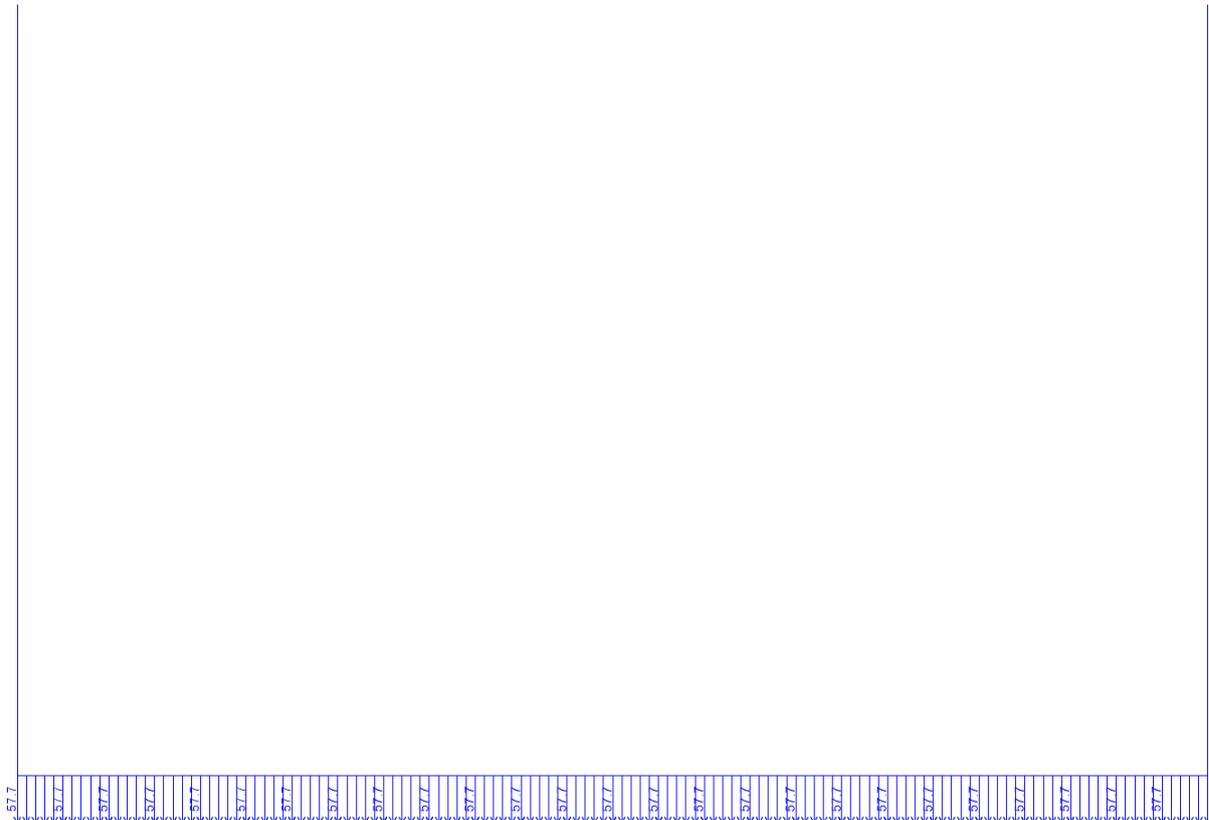


Figura 13-9 – Treno di carico LM71 singolo binario.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.2.8 Incremento di spinta dovuta al carico accidentale

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

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



Figura 13-10 – Incremento spinta treno di carico LM71 singolo binario.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.2.9 Azione sismica

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

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

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

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

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

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

a_g	0.106	g
S_S	1.2	
S_T	1	
a_{max}	0.127	g
β_m	1	
k_h	0.127	
k_v	0.064	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.27	kN/m ²	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	2.54	kN/m ²	peso proprio s. 0.8m
$k_h \cdot W_{P3}$	3.81	kN/m ²	peso proprio s. 1.2m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	7.9	m	altezza complessiva
Δp_d	20	kN/m ²	incremento di spinta

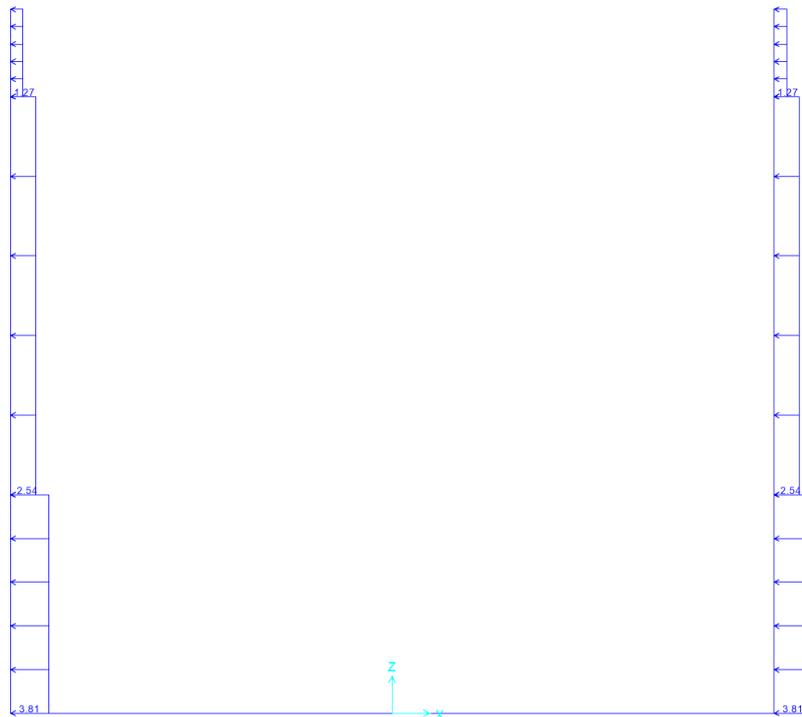


Figura 13-11 – Sisma orizzontale.

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	100 di 165

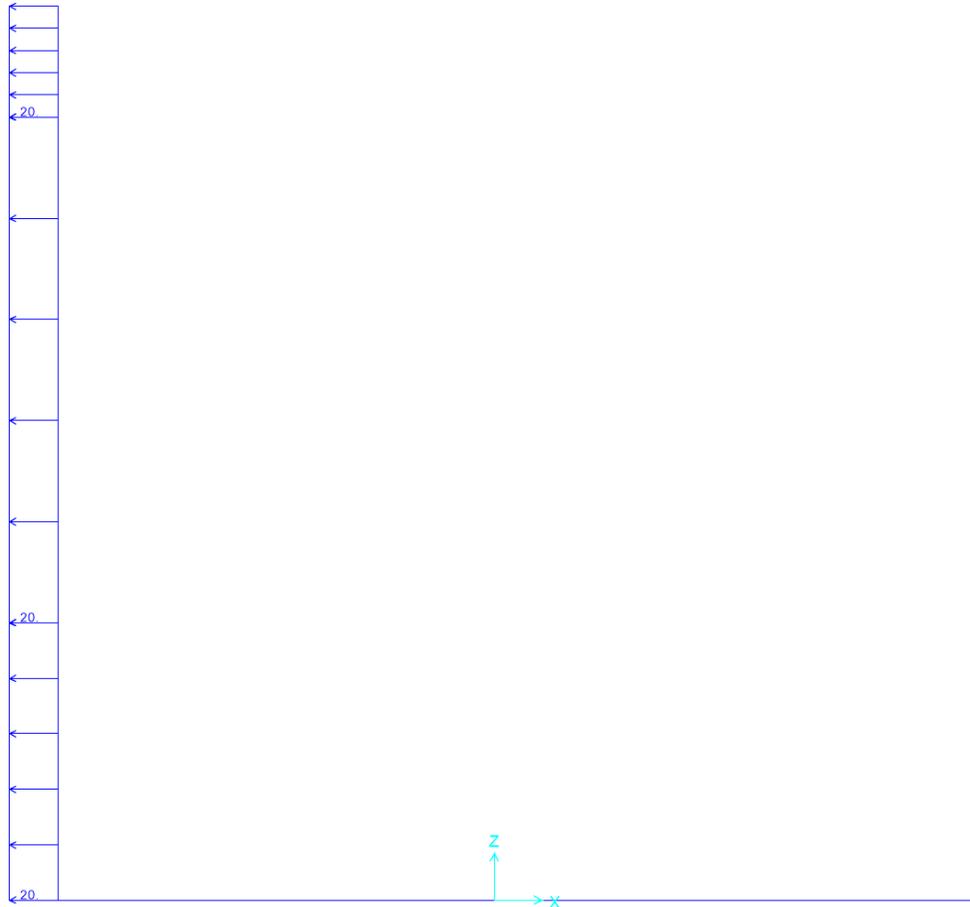


Figura 13-12 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.3 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:

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

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 13-1 .

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro	spinta_sx_k0
spinta a riposo del terreno sul piedritto destro	spinta_dx_k0
incremento di spinta dovuta al carico accidentale sul piedritto sinistro	spinta_q1k_sx
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario agente su tutta la soletta inferiore	acc_inf
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_H
incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma	sovraspinta_sismica
spinta dell'acqua sul piedritto sinistro	spinta_acqua_sx
spinta dell'acqua sul piedritto destro	spinta_acqua_dx

Tabella 13-1 – Riepilogo carichi.

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

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche								
	slu1	slu2	slu3	slu4	slu5	slu6	slu7	slu8
DEAD	1.35	1.35	1	1	1.35	1.35	1	1.35
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1.35	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1.5	1	1
spinta_sx_k0	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_q1k_sx	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	1.35
acc_inf	0	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45

Tabella 13-2 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche.

combinazioni di carico agli SLV			
	sis1	sis2	sis3
DEAD	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1
ballast	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1
spinta_q1k_sx	0	0	0
acc_inf	0	0	0.2
sisma_H	1	0.3	1
sovraspinta_sismica	1	0.3	1

Tabella 13-3 – Combinazioni di carico agli SLV

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

Tabella 13-4 – Combinazioni di carico agli SLE.

13.4 Risultati e verifiche

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

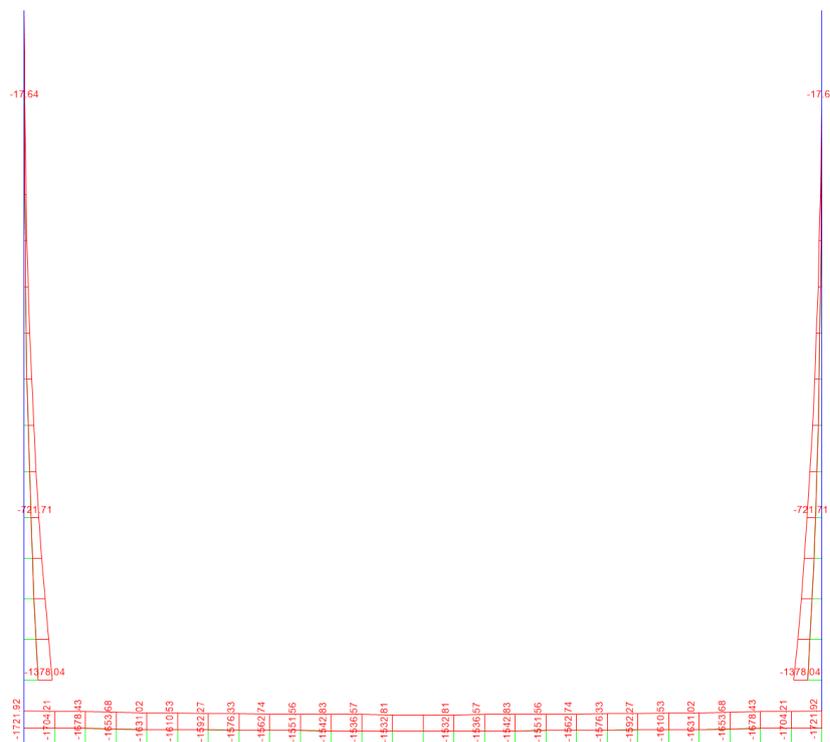


Figura 13-13 – Momento flettente env-SLU.

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	104 di 165

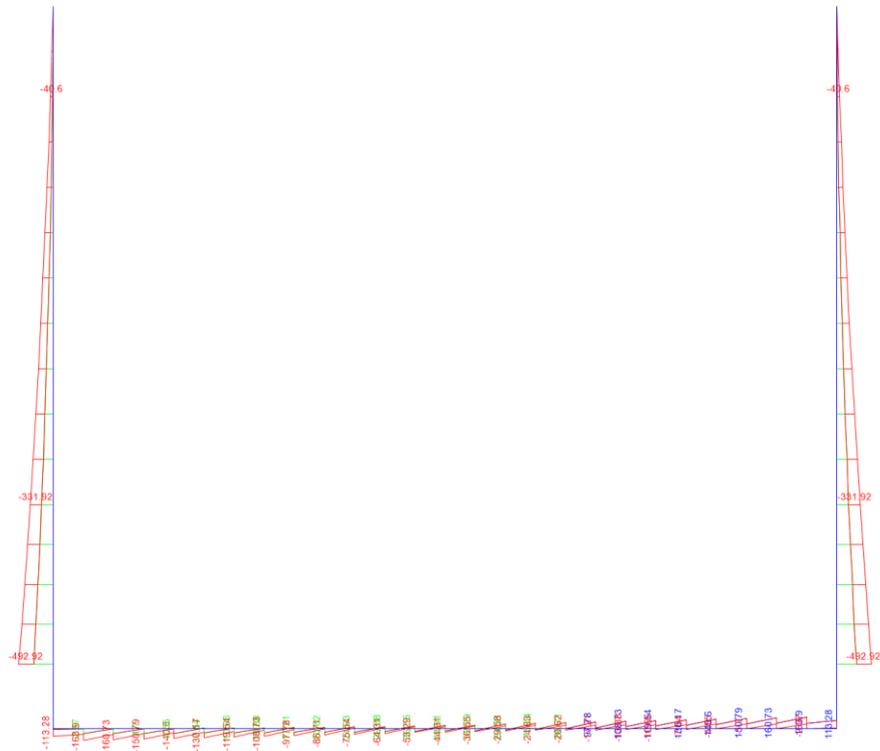


Figura 13-14 – Taglio enve-SLU.

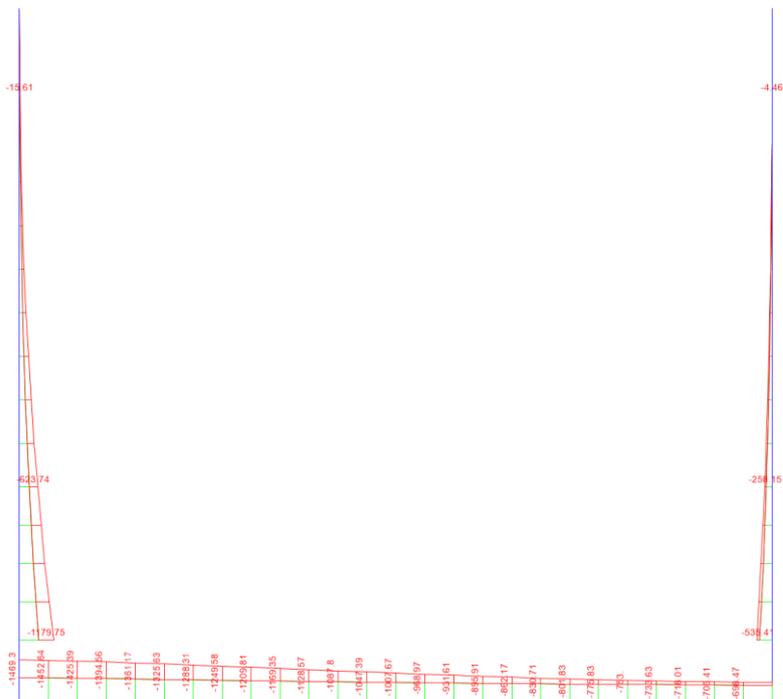


Figura 13-15 – Momento flettente enve-SLV.



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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	105 di 165

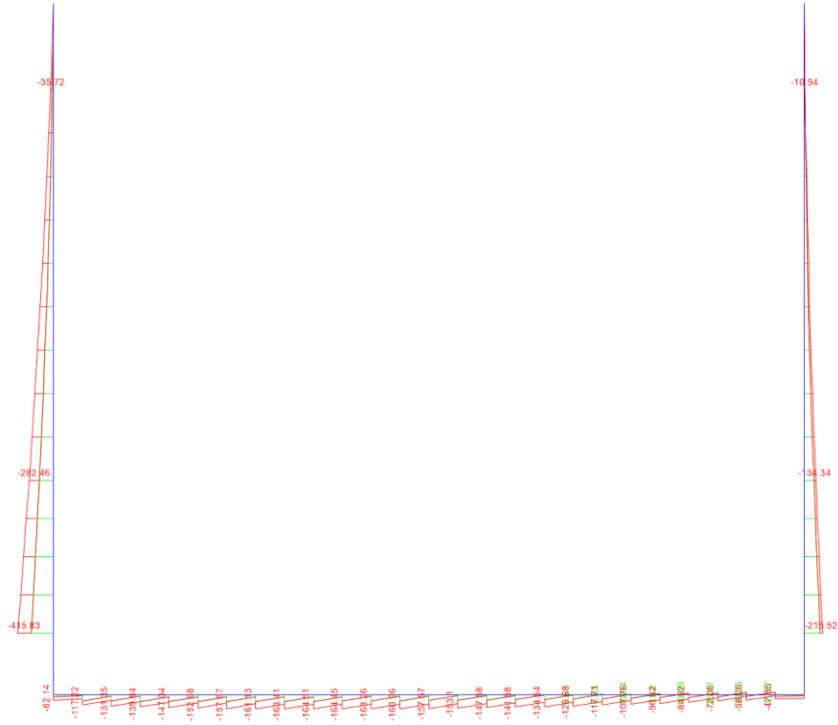


Figura 13-16 – Taglio enve-SLV.

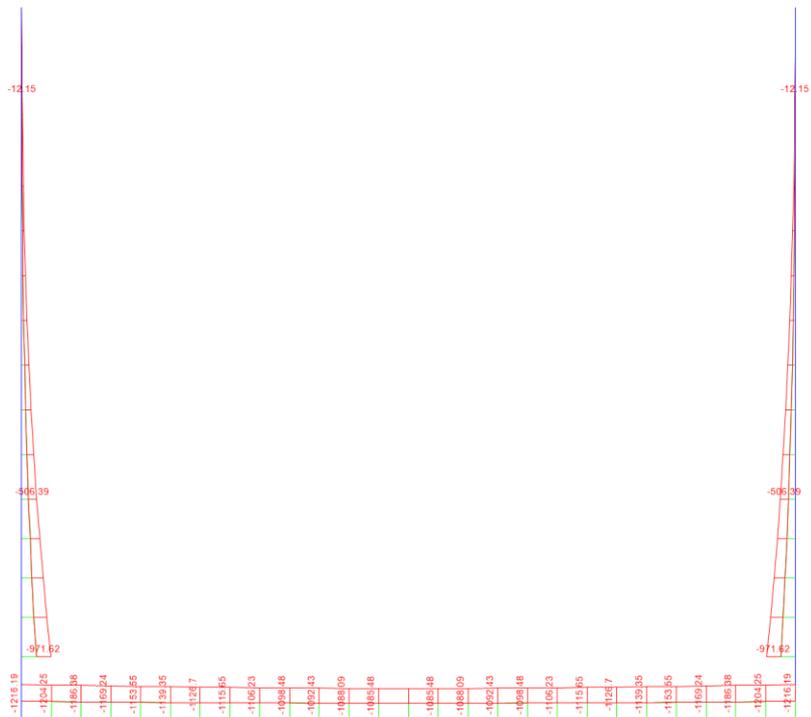


Figura 13-17 – Momento flettente enve-SLE.

13.4.1 Verifica piedritti s.1.2m

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-90.97	-112.17	-202.72	64	2.25	sis1_nl
M3	min		-138.96	-415.83	-1179.75	62	0.65	sis3_nl
V2	max		-90.97	-112.17	-202.72	64	2.25	sis1_nl
V2	min		-138.96	-415.83	-1179.75	62	0.65	sis3_nl
P	max		-90.97	-260.29	-568.32	62	2.25	sis1_nl
P	min		-138.96	-386.56	-1083.18	62	0.65	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-122.81	-171.19	-319.88	62	2.25	slu1_nl
M3	min		-187.60	-492.92	-1378.04	62	0.65	slu3_nl
V2	max		-122.81	-171.19	-319.88	62	2.25	slu1_nl
V2	min		-187.60	-492.92	-1378.04	62	0.65	slu3_nl
P	max		-90.97	-171.19	-319.88	62	2.25	slu2_nl
P	min		-187.60	-280.75	-677.89	62	0.65	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-90.97	-123.73	-229.27	62	2.25	rar1_nl
M3	min		-138.96	-350.23	-971.62	62	0.65	rar2_nl
V2	max		-90.97	-123.73	-229.27	62	2.25	rar1_nl
V2	min		-138.96	-350.23	-971.62	62	0.65	rar2_nl
P	max		-90.97	-123.73	-229.27	62	2.25	rar1_nl
P	min		-138.96	-203.91	-488.76	62	0.65	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-90.97	-123.73	-229.27	62	2.25	fre2_nl
M3	min		-138.96	-320.97	-875.05	62	0.65	fre1_nl
V2	max		-90.97	-123.73	-229.27	62	2.25	fre2_nl
V2	min		-138.96	-320.97	-875.05	62	0.65	fre1_nl
P	max		-90.97	-212.41	-450.97	62	2.25	fre1_nl
P	min		-138.96	-320.97	-875.05	62	0.65	fre1_nl

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	107 di 165

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-90.97	-123.73	-229.27	62	2.25	qpe1_nl
M3	min	QPE	-138.96	-203.91	-488.76	62	0.65	qpe1_nl
V2	max		-90.97	-123.73	-229.27	62	2.25	qpe1_nl
V2	min		-138.96	-203.91	-488.76	62	0.65	qpe1_nl
P	max		-90.97	-123.73	-229.27	62	2.25	qpe1_nl
P	min		-138.96	-203.91	-488.76	62	0.65	qpe1_nl

13.4.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	120.0	cm

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	108 di 165

Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	14Ø26	(74.3 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.3	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	12281	-31988	-17119	0
2	18760	-137804	-49292	0
3	12281	-31988	-17119	0
4	18760	-137804	-49292	0
5	9097	-31988	-17119	0
6	18760	-67789	-28075	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	9097	-22927
2	13896	-97162
3	9097	-22927
4	13896	-97162
5	9097	-22927
6	13896	-48876

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	9097	-22927 (-111576)
2	13896	-87505 (-105406)
3	9097	-22927 (-111576)
4	13896	-87505 (-105406)
5	9097	-45097 (-106468)
6	13896	-87505 (-105406)

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

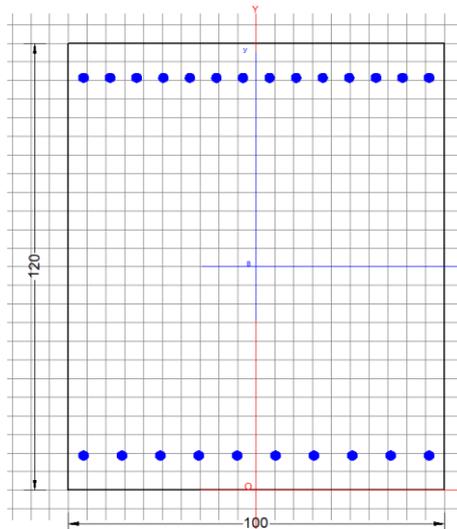
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	9097	-22927 (-111576)
2	13896	-48876 (-108572)

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	109 di 165

3	9097	-22927 (-111576)
4	13896	-48876 (-108572)
5	9097	-22927 (-111576)
6	13896	-48876 (-108572)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.5	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.7	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	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	12281	-31988	12287	-308856	9.605	13.0	0.12	0.70	74.3 (19.8)
2	S	18760	-137804	18748	-312090	2.262	13.2	0.12	0.70	74.3 (19.8)
3	S	12281	-31988	12287	-308856	9.605	13.0	0.12	0.70	74.3 (19.8)
4	S	18760	-137804	18748	-312090	2.262	13.2	0.12	0.70	74.3 (19.8)
5	S	9097	-31988	9120	-307270	9.569	12.9	0.12	0.70	74.3 (19.8)
6	S	18760	-67789	18748	-312090	4.589	13.2	0.12	0.70	74.3 (19.8)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	110 di 165

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00099	9.3	-0.02634	110.7
2	0.00350	0.0	0.00103	9.3	-0.02592	110.7
3	0.00350	0.0	0.00099	9.3	-0.02634	110.7
4	0.00350	0.0	0.00103	9.3	-0.02592	110.7
5	0.00350	0.0	0.00098	9.3	-0.02654	110.7
6	0.00350	0.0	0.00103	9.3	-0.02592	110.7

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d Altezza utile sezione [cm]
bw Larghezza minima sezione [cm]
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-17119	54977	110.7	100.0	0.0067	0.1
2	S	-49292	55873	110.7	100.0	0.0067	0.2
3	S	-17119	54977	110.7	100.0	0.0067	0.1
4	S	-49292	55873	110.7	100.0	0.0067	0.2
5	S	-17119	54536	110.7	100.0	0.0067	0.1
6	S	-28075	55873	110.7	100.0	0.0067	0.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	10.4	0.0	0.0	42.0	-256	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
2	S	42.5	0.0	0.0	37.8	-1230	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
3	S	10.4	0.0	0.0	42.0	-256	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
4	S	42.5	0.0	0.0	37.8	-1230	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
5	S	10.4	0.0	0.0	42.0	-256	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
6	S	21.8	0.0	0.0	40.1	-578	9.3	23.3	2325	74.3	6.3

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	111 di 165

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 = $(e1 + e3)/(2 \cdot e3)$ 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	-0.00015	0.00008	-0.00010	0.85	0.60	0.000077 (0.000077)	507	0.039 (0.20)	-111576
2	S	-0.00069	0.00032	-0.00050	0.86	0.60	0.000369 (0.000369)	509	0.188 (0.20)	-105021
3	S	-0.00015	0.00008	-0.00010	0.85	0.60	0.000077 (0.000077)	507	0.039 (0.20)	-111576
4	S	-0.00069	0.00032	-0.00050	0.86	0.60	0.000369 (0.000369)	509	0.188 (0.20)	-105021
5	S	-0.00015	0.00008	-0.00010	0.85	0.60	0.000077 (0.000077)	507	0.039 (0.20)	-111576
6	S	-0.00033	0.00016	-0.00023	0.85	0.60	0.000173 (0.000173)	508	0.088 (0.20)	-108572

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	10.4	0.0	0.0	42.0	-256	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
2	S	38.4	0.0	0.0	38.1	-1100	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
3	S	10.4	0.0	0.0	42.0	-256	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
4	S	38.4	0.0	0.0	38.1	-1100	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
5	S	19.9	0.0	0.0	38.8	-555	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
6	S	38.4	0.0	0.0	38.1	-1100	9.3	23.3	2325	74.3	6.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00015	0.00008	-0.00010	0.85	0.60	0.000077 (0.000077)	507	0.039 (0.20)	-111576
2	S	-0.00062	0.00029	-0.00044	0.86	0.60	0.000330 (0.000330)	509	0.168 (0.20)	-105406
3	S	-0.00015	0.00008	-0.00010	0.85	0.60	0.000077 (0.000077)	507	0.039 (0.20)	-111576
4	S	-0.00062	0.00029	-0.00044	0.86	0.60	0.000330 (0.000330)	509	0.168 (0.20)	-105406
5	S	-0.00031	0.00015	-0.00022	0.86	0.60	0.000167 (0.000167)	509	0.085 (0.20)	-106468
6	S	-0.00062	0.00029	-0.00044	0.86	0.60	0.000330 (0.000330)	509	0.168 (0.20)	-105406

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	10.4	0.0	0.0	42.0	-256	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
2	S	21.8	0.0	0.0	40.1	-578	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
3	S	10.4	0.0	0.0	42.0	-256	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
4	S	21.8	0.0	0.0	40.1	-578	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
5	S	10.4	0.0	0.0	42.0	-256	9.3	23.3	2325	74.3	6.3
6	S	21.8	0.0	0.0	40.1	-578	9.3	23.3	2325	74.3	6.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00015	0.00008	-0.00010	0.85	0.40	0.000077 (0.000077)	507	0.039 (0.20)	-111576
2	S	-0.00033	0.00016	-0.00023	0.85	0.40	0.000173 (0.000173)	508	0.088 (0.20)	-108572
3	S	-0.00015	0.00008	-0.00010	0.85	0.40	0.000077 (0.000077)	507	0.039 (0.20)	-111576
4	S	-0.00033	0.00016	-0.00023	0.85	0.40	0.000173 (0.000173)	508	0.088 (0.20)	-108572
5	S	-0.00015	0.00008	-0.00010	0.85	0.40	0.000077 (0.000077)	507	0.039 (0.20)	-111576

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	112 di 165

6 S -0.00033 0.00016 -0.00023 0.85 0.40 0.000173 (0.000173) 508 0.088 (0.20) -108572

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	493 kN
N_{Ed}	188 kN

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

h	1200 mm
-----	---------

Copriferro

c	91 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	1109 mm
-----	---------

Area Calcestruzzo

A_c	1200000 mm ²
-------	-------------------------

Armatura longitudinale tesa

 n **14**

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

A_{sl}	7429.24 mm ²
----------	-------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0067 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.1567 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.42 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

v_{\min}	0.26
------------	------

V_{Rd}	559.24 kN
----------	-----------

Verifica:
 $V_{Rd} > V_{Ed}$
VERIFICATA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.4.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	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:	188.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	31.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	14Ø26	(74.3 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.3	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	9097	-20272	-11217	0
2	13896	-117975	-41583	0
3	9097	-20272	-11217	0
4	13896	-117975	-41583	0
5	9097	-56832	-26029	0
6	13896	-108318	-38656	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	114 di 165

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.5 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.7 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	9097	-20272	9080	-293843	14.403	33.8	0.31	0.82	74.3 (19.8)
2	S	13896	-117975	13896	-295963	2.506	34.0	0.31	0.82	74.3 (19.8)
3	S	9097	-20272	9080	-293843	14.403	33.8	0.31	0.82	74.3 (19.8)
4	S	13896	-117975	13896	-295963	2.506	34.0	0.31	0.82	74.3 (19.8)
5	S	9097	-56832	9080	-293843	5.160	33.8	0.31	0.82	74.3 (19.8)
6	S	13896	-108318	13896	-295963	2.729	34.0	0.31	0.82	74.3 (19.8)

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	0.00086	0.0	0.00062	9.3	-0.00196	110.7
2	0.00087	0.0	0.00063	9.3	-0.00196	110.7
3	0.00086	0.0	0.00062	9.3	-0.00196	110.7
4	0.00087	0.0	0.00063	9.3	-0.00196	110.7
5	0.00086	0.0	0.00062	9.3	-0.00196	110.7
6	0.00087	0.0	0.00063	9.3	-0.00196	110.7

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d Altezza utile sezione [cm]
bw Larghezza minima sezione [cm]
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [< 0.02]
Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
--------	-----	-----	------	---	----	----	-----

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	115 di 165

1	S	-11217	54536	110.7	100.0	0.0067	0.1
2	S	-41583	55200	110.7	100.0	0.0067	0.1
3	S	-11217	54536	110.7	100.0	0.0067	0.1
4	S	-41583	55200	110.7	100.0	0.0067	0.1
5	S	-26029	54536	110.7	100.0	0.0067	0.1
6	S	-38656	55200	110.7	100.0	0.0067	0.1

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} 416 kN
 N_{Ed} 139 kN

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck} 40 N/mm²

f_{ck} 33.2 N/mm²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} 18.81 N/mm²

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c 1.5

Altezza sezione

h 1200 mm

Copriferro

c 91 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w 1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

d 1109 mm

Area Calcestruzzo

A_c 1200000 mm²

Armatura longitudinale tesa

n 14

\varnothing 26 mm

A_{sl} 7429.24 mm²

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 0.0067 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} 0.1158 ≤ 0.2 f_{cd} **ok**

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

k 1.42 ≤ 2 **ok**

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

v_{\min} 0.26

V_{Rd} 552.45 kN

Verifica:

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

VERIFICATA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.4.2 Verifica piedritti s.0.8m

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-9.00	-6.95	-2.66	65	4.10	sis1_nl
M3	min		-90.97	-282.46	-623.74	63	0.00	sis3_nl
V2	max		-9.00	-6.95	-2.66	65	4.10	sis1_nl
V2	min		-90.97	-282.46	-623.74	63	0.00	sis3_nl
P	max		-9.00	-31.73	-13.81	63	4.10	sis1_nl
P	min		-90.97	-260.29	-568.32	63	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-12.15	-11.67	-4.62	63	4.10	slu1_nl
M3	min		-122.81	-331.92	-721.71	63	0.00	slu3_nl
V2	max		-12.15	-11.67	-4.62	63	4.10	slu1_nl
V2	min		-122.81	-331.92	-721.71	63	0.00	slu3_nl
P	max		-9.00	-11.67	-4.62	63	4.10	slu2_nl
P	min		-122.81	-171.19	-319.88	63	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-9.00	-8.09	-3.17	63	4.10	rar1_nl
M3	min		-90.97	-234.58	-506.39	63	0.00	rar2_nl
V2	max		-9.00	-8.09	-3.17	63	4.10	rar1_nl
V2	min		-90.97	-234.58	-506.39	63	0.00	rar2_nl
P	max		-9.00	-8.09	-3.17	63	4.10	rar1_nl
P	min		-90.97	-123.73	-229.27	63	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-9.00	-8.09	-3.17	63	4.10	fre2_nl
M3	min		-90.97	-212.41	-450.97	63	0.00	fre1_nl
V2	max		-9.00	-8.09	-3.17	63	4.10	fre2_nl
V2	min		-90.97	-212.41	-450.97	63	0.00	fre1_nl
P	max		-9.00	-24.05	-10.36	63	4.10	fre1_nl
P	min		-90.97	-212.41	-450.97	63	0.00	fre1_nl

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	117 di 165

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-9.00	-8.09	-3.17	63	4.10	qpe1_nl
M3	min	QPE	-90.97	-123.73	-229.27	63	0.00	qpe1_nl
V2	max		-9.00	-8.09	-3.17	63	4.10	qpe1_nl
V2	min		-90.97	-123.73	-229.27	63	0.00	qpe1_nl
P	max		-9.00	-8.09	-3.17	63	4.10	qpe1_nl
P	min		-90.97	-123.73	-229.27	63	0.00	qpe1_nl

13.4.2.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	c32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	37.20 daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. a snervamento fyk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:		4500.0 daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:		3913.0 daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:		3913.0 daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef:		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. β1*β2:		1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2:		0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	118 di 165

Barre inferiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1215	-462	-1167	0
2	12281	-72171	-33192	0
3	1215	-462	-1167	0
4	12281	-72171	-33192	0
5	900	-462	-1167	0
6	12281	-31988	-17119	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317
2	9097	-50639
3	900	-317
4	9097	-50639
5	900	-317
6	9097	-22927

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317 (-85000)
2	9097	-45097 (-53199)
3	900	-317 (-85000)
4	9097	-45097 (-53199)
5	900	-1036 (-58758)
6	9097	-45097 (-53199)

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

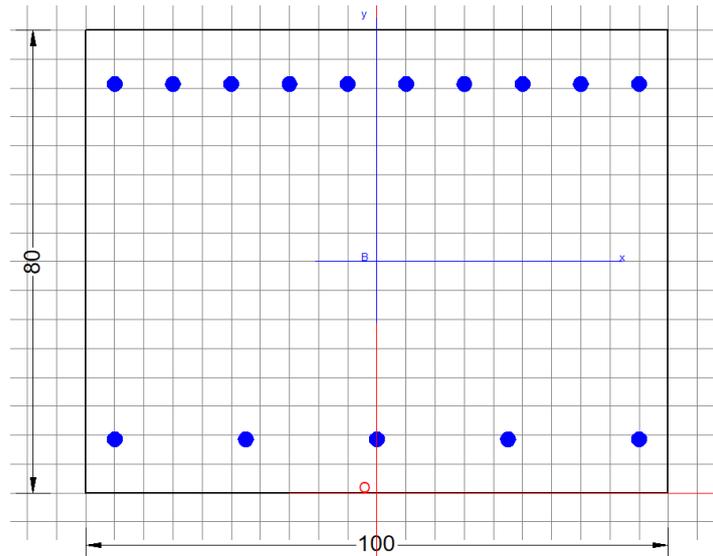
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317 (-85000)
2	9097	-22927 (-54713)

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	119 di 165

3	900	-317 (-85000)
4	9097	-22927 (-54713)
5	900	-317 (-85000)
6	9097	-22927 (-54713)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	1215	-462	1194	-135830	281.068	11.4	0.16	0.70	53.1 (15.2)
2	S	12281	-72171	12305	-139219	1.926	11.8	0.17	0.70	53.1 (15.2)
3	S	1215	-462	1194	-135830	281.068	11.4	0.16	0.70	53.1 (15.2)
4	S	12281	-72171	12305	-139219	1.926	11.8	0.17	0.70	53.1 (15.2)
5	S	900	-462	879	-135734	284.109	11.4	0.16	0.70	53.1 (15.2)
6	S	12281	-31988	12305	-139219	4.330	11.8	0.17	0.70	53.1 (15.2)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	120 di 165

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00065	9.3	-0.01813	70.7
2	0.00350	0.0	0.00075	9.3	-0.01740	70.7
3	0.00350	0.0	0.00065	9.3	-0.01813	70.7
4	0.00350	0.0	0.00075	9.3	-0.01740	70.7
5	0.00350	0.0	0.00065	9.3	-0.01815	70.7
6	0.00350	0.0	0.00075	9.3	-0.01740	70.7

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d Altezza utile sezione [cm]
bw Larghezza minima sezione [cm]
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-1167	38128	70.7	100.0	0.0075	0.0
2	S	-33192	39595	70.7	100.0	0.0075	0.2
3	S	-1167	38128	70.7	100.0	0.0075	0.0
4	S	-33192	39595	70.7	100.0	0.0075	0.2
5	S	-1167	37967	70.7	100.0	0.0075	0.0
6	S	-17119	39595	70.7	100.0	0.0075	0.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.3	-3	9.3	10.6	1059	53.1	9.0
2	S	55.8	0.0	0.0	25.8	-1452	9.3	18.1	1806	53.1	9.0
3	S	0.4	0.0	0.0	57.3	-3	9.3	10.6	1059	53.1	9.0
4	S	55.8	0.0	0.0	25.8	-1452	9.3	18.1	1806	53.1	9.0
5	S	0.4	0.0	0.0	57.3	-3	9.3	10.6	1059	53.1	9.0
6	S	25.8	0.0	0.0	27.3	-615	9.3	17.6	1759	53.1	9.0

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

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	121 di 165

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	360	0.000 (0.20)	-85000
2	S	-0.00088	0.00042	0.50	0.60	0.000436 (0.000436)	422	0.184 (0.20)	-53033
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	360	0.000 (0.20)	-85000
4	S	-0.00088	0.00042	0.50	0.60	0.000436 (0.000436)	422	0.184 (0.20)	-53033
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	360	0.000 (0.20)	-85000
6	S	-0.00037	0.00019	0.50	0.60	0.000185 (0.000185)	418	0.077 (0.20)	-54713

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.3	-3	9.3	10.6	1059	53.1	9.0
2	S	49.7	0.0	0.0	26.0	-1285	9.3	18.0	1801	53.1	9.0
3	S	0.4	0.0	0.0	57.3	-3	9.3	10.6	1059	53.1	9.0
4	S	49.7	0.0	0.0	26.0	-1285	9.3	18.0	1801	53.1	9.0
5	S	1.2	0.0	0.0	32.9	-24	9.3	16.5	1649	53.1	9.0
6	S	49.7	0.0	0.0	26.0	-1285	9.3	18.0	1801	53.1	9.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	360	0.000 (0.20)	-85000
2	S	-0.00078	0.00037	0.50	0.60	0.000385 (0.000385)	422	0.163 (0.20)	-53199
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	360	0.000 (0.20)	-85000
4	S	-0.00078	0.00037	0.50	0.60	0.000385 (0.000385)	422	0.163 (0.20)	-53199
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	409	0.003 (0.20)	-58758
6	S	-0.00078	0.00037	0.50	0.60	0.000385 (0.000385)	422	0.163 (0.20)	-53199

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.3	-3	9.3	10.6	1059	53.1	9.0
2	S	25.8	0.0	0.0	27.3	-615	9.3	17.6	1759	53.1	9.0
3	S	0.4	0.0	0.0	57.3	-3	9.3	10.6	1059	53.1	9.0
4	S	25.8	0.0	0.0	27.3	-615	9.3	17.6	1759	53.1	9.0
5	S	0.4	0.0	0.0	57.3	-3	9.3	10.6	1059	53.1	9.0
6	S	25.8	0.0	0.0	27.3	-615	9.3	17.6	1759	53.1	9.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	360	0.000 (0.20)	-85000
2	S	-0.00037	0.00019	0.50	0.40	0.000185 (0.000185)	418	0.077 (0.20)	-54713
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	360	0.000 (0.20)	-85000
4	S	-0.00037	0.00019	0.50	0.40	0.000185 (0.000185)	418	0.077 (0.20)	-54713
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	360	0.000 (0.20)	-85000
6	S	-0.00037	0.00019	0.50	0.40	0.000185 (0.000185)	418	0.077 (0.20)	-54713

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	332 kN
N_{Ed}	113 kN

Calcestruzzo

c32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

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

Copriferro

c	90 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	710 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

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

Armatura longitudinale tesa

n **10**

\varnothing	24 mm
---------------	-------

A_{sl}	4521.6 mm ²
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0064 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.1413 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

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

V_{Rd}	375.68 kN
----------	-----------

Verifica:

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

VERIFICATA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.4.2.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	31.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	900	-266	-695	0
2	9097	-62374	-28246	0
3	900	-266	-695	0
4	9097	-62374	-28246	0
5	900	-1381	-3173	0
6	9097	-56832	-26029	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	124 di 165

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	900	-266	913	-129868	460.895	23.4	0.33	0.85	53.1 (12.7)
2	S	9097	-62374	9104	-132176	2.116	23.8	0.34	0.86	53.1 (12.7)
3	S	900	-266	913	-129868	460.895	23.4	0.33	0.85	53.1 (12.7)
4	S	9097	-62374	9104	-132176	2.116	23.8	0.34	0.86	53.1 (12.7)
5	S	900	-1381	913	-129868	92.986	23.4	0.33	0.85	53.1 (12.7)
6	S	9097	-56832	9104	-132176	2.322	23.8	0.34	0.86	53.1 (12.7)

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	0.00097	0.0	0.00058	9.3	-0.00196	70.7
2	0.00099	0.0	0.00060	9.3	-0.00196	70.7
3	0.00097	0.0	0.00058	9.3	-0.00196	70.7
4	0.00099	0.0	0.00060	9.3	-0.00196	70.7
5	0.00097	0.0	0.00058	9.3	-0.00196	70.7
6	0.00099	0.0	0.00060	9.3	-0.00196	70.7

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d Altezza utile sezione [cm]
bw Larghezza minima sezione [cm]
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [< 0.02]
Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
--------	-----	-----	------	---	----	----	-----

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	125 di 165

1	S	-695	37967	70.7	100.0	0.0075	0.0
2	S	-28246	39173	70.7	100.0	0.0075	0.1
3	S	-695	37967	70.7	100.0	0.0075	0.0
4	S	-28246	39173	70.7	100.0	0.0075	0.1
5	S	-3173	37967	70.7	100.0	0.0075	0.0
6	S	-26029	39173	70.7	100.0	0.0075	0.1

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	283 kN
N_{Ed}	91 kN

Calcestruzzo

c32/40

R_{ck}	40 N/mm²
----------	----------------------------

f_{ck}	33.2 N/mm²
----------	------------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd}	18.81 N/mm²
----------	-------------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	------------

Altezza sezione

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

Copriferro

c	90 mm
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	710 mm
-----	---------------

Area Calcestruzzo

A_c	800000 mm²
-------	------------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

\varnothing	24 mm
---------------	--------------

A_{sl}	4521.6 mm²
----------	------------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0064 ≤ 0.02	ok
----------	----------------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.1138 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	------------------------------------	-----------

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

k	1.53 ≤ 2	ok
-----	-----------------	-----------

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

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

V_{Rd}	372.75 kN
----------	------------------

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.4.3 Verifica piedritti s.0.4m

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	0.00	0.00	0.00	59	0.90	sis1_nl
M3	min		-9.00	-35.73	-15.61	59	0.00	sis3_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	59	0.90	sis3_nl
V2	min		-9.00	-35.73	-15.61	59	0.00	sis3_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	61	0.90	sis3_nl
P	min		-9.00	-31.73	-13.81	59	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	0.00	0.00	0.00	59	0.90	slu5_nl
M3	min		-12.15	-40.60	-17.64	59	0.00	slu3_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	59	0.90	slu2_nl
V2	min		-12.15	-40.60	-17.64	59	0.00	slu3_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	59	0.90	slu3_nl
P	min		-12.15	-11.67	-4.62	59	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	0.00	0.00	0.00	61	0.90	rar1_nl
M3	min		-9.00	-28.04	-12.15	59	0.00	rar2_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	59	0.90	rar2_nl
V2	min		-9.00	-28.04	-12.15	59	0.00	rar2_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	59	0.90	rar1_nl
P	min		-9.00	-8.09	-3.17	59	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	0.00	0.00	0.00	61	0.90	fre2_nl
M3	min		-9.00	-24.05	-10.36	59	0.00	fre1_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	61	0.90	fre1_nl
V2	min		-9.00	-24.05	-10.36	59	0.00	fre1_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	59	0.90	fre1_nl
P	min		-9.00	-24.05	-10.36	59	0.00	fre1_nl



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

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

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	127 di 165

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	0.00	0.00	0.00	61	0.90	qpe1_nl
M3	min	QPE	-9.00	-8.09	-3.17	61	0.00	qpe1_nl
V2	max		0.00	0.00	0.00	59	0.90	qpe1_nl
V2	min		-9.00	-8.09	-3.17	59	0.00	qpe1_nl
P	max		0.00	0.00	0.00	59	0.90	qpe1_nl
P	min		-9.00	-8.09	-3.17	59	0.00	qpe1_nl

13.4.3.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	128 di 165

Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	0	0	0
2	1215	-1764	-4060	0
3	0	0	0	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	0
2	900	-1215
3	0	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	0 (0)
2	900	-1036 (-11746)
3	0	0 (0)

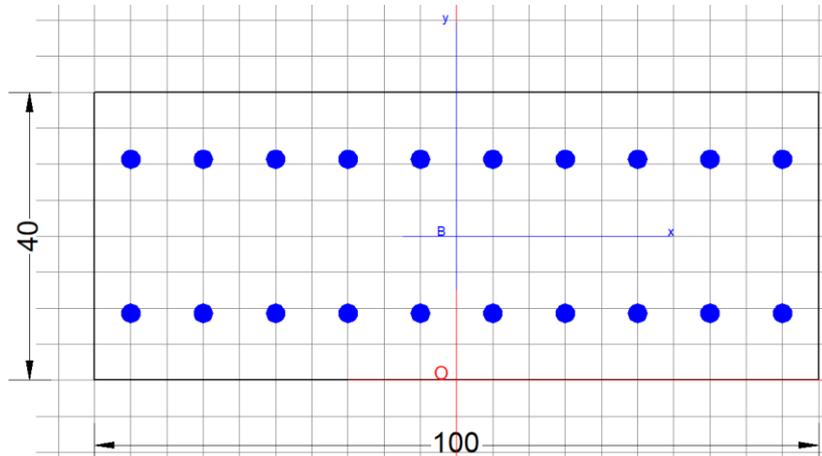
COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	0 (0)
2	900	-317 (-13556)
3	0	0 (0)

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	129 di 165



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	0	2	-52348	9999.000	10.6	0.35	0.87	53.1 (5.5)
2	S	1215	-1764	1235	-52482	29.752	10.6	0.35	0.87	53.1 (5.5)
3	S	0	0	2	-52348	9999.000	10.6	0.35	0.87	53.1 (5.5)

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	0.0	0.00043	9.3	-0.00662	30.7
2	0.00350	0.0	0.00044	9.3	-0.00659	30.7
3	0.00350	0.0	0.00043	9.3	-0.00662	30.7

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	130 di 165

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d Altezza utile sezione [cm]
bw Larghezza minima sezione [cm]
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0	25684	30.7	100.0	0.0173	0.0
2	S	-4060	25823	30.7	100.0	0.0173	0.0
3	S	0	25684	30.7	100.0	0.0173	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.3	0.0	1059	0.0	0.0
2	S	5.2	0.0	0.0	15.3	-84	9.3	8.4	841	53.1	9.0
3	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.3	8.4	1059	53.1	0.0

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0
2	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000025 (0.000025)	342	0.009 (0.20)	-11645
3	S	-0.00007	0.00004	---	---	---	---	---	0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.3	8.4	1059	53.1	0.0
2	S	4.5	0.0	0.0	15.5	-70	9.3	8.4	836	53.1	9.0
3	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.3	8.4	1059	53.1	0.0

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	131 di 165

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00007	0.00004	---	---	---	---	---	0
2	S	-0.00006	0.00003	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	342	0.007 (0.20)	-11746
3	S	-0.00006	0.00003	---	---	---	---	---	0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.3	8.4	1059	53.1	0.0
2	S	1.4	0.0	0.0	18.1	-16	9.3	7.5	750	53.1	9.0
3	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.3	7.5	1059	53.1	0.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00006	0.00003	---	---	---	---	---	0
2	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000005 (0.000005)	334	0.002 (0.20)	-13556
3	S	-0.00001	0.00001	---	---	---	---	---	0

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	40 kN
N_{Ed}	12 kN

Calcestruzzo

c32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

h	400 mm
-----	--------

Copriferro

c	90 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	310 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

A_c	400000 mm ²
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

\varnothing	24 mm
---------------	-------

A_{sl}	4521.6 mm ²
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0146 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.0300 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.80 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

v_{\min}	0.30
------------	------

V_{Rd}	245.90 kN
----------	-----------

Verifica:

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

VERIFICATA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.4.3.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	31.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	0	0	0
2	900	-1561	-3573	0
3	0	0	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifero netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	134 di 165

Copriferro netto minimo staffe: 3.7 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	0	-20	-50971	9999.000	13.8	0.45	1.00	53.1 (5.5)
2	S	900	-1561	891	-51076	32.720	13.8	0.45	1.00	53.1 (5.5)
3	S	0	0	-20	-50971	9999.000	13.8	0.45	1.00	53.1 (5.5)

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	0.00160	0.0	0.00052	9.3	-0.00196	30.7
2	0.00160	0.0	0.00053	9.3	-0.00196	30.7
3	0.00160	0.0	0.00052	9.3	-0.00196	30.7

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 d Altezza utile sezione [cm]
 bw Larghezza minima sezione [cm]
 Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [< 0.02]
 Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0	25684	30.7	100.0	0.0173	0.0
2	S	-3573	25684	30.7	100.0	0.0173	0.0
3	S	0	25684	30.7	100.0	0.0173	0.0

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed}	36 kN
N_{Ed}	9 kN

Calcestruzzo

c32/40

R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

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

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c	1.5
------------	-----

Altezza sezione

h	400 mm
-----	--------

Copriferro

c	90 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

d	310 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

A_c	400000 mm ²
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

\varnothing	24 mm
---------------	-------

A_{sl}	4521.6 mm ²
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1	0.0146 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp}	0.0225 ≤ 0.2 f_{cd}	ok
---------------	-----------------------	----

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

k	1.80 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

v_{\min}	0.30
------------	------

V_{Rd}	245.55 kN
----------	-----------

Verifica:

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

VERIFICATA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.4.4 Verifica soletta inferiore

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	0.00	0.00	0.00	59	0.90	sis1_nl
M3	min		254.12	-117.22	-1452.64	29	0.00	sis3_nl
V2	max		236.07	31.37	-618.41	23	0.30	sis2_nl
V2	min		254.12	-164.51	-1169.35	3	0.00	sis3_nl
P	max		254.12	-161.14	-1249.58	1	0.00	sis3_nl
P	min		-9.00	-31.73	-13.81	59	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	0.00	0.00	0.00	59	0.90	slu5_nl
M3	min		565.92	131.78	-1704.21	23	0.30	slu3_nl
V2	max		565.92	163.90	-1693.17	23	0.30	slu4_nl
V2	min		565.92	-163.90	-1693.17	29	0.00	slu4_nl
P	max		565.92	-94.39	-1576.33	1	0.00	slu3_nl
P	min		-12.15	-11.67	-4.62	59	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	0.00	0.00	0.00	61	0.90	rar1_nl
M3	min		402.84	92.89	-1204.25	23	0.30	rar2_nl
V2	max		402.84	92.89	-1204.25	23	0.30	rar2_nl
V2	min		402.84	-92.89	-1204.25	29	0.00	rar2_nl
P	max		402.84	-66.88	-1115.65	1	0.00	rar2_nl
P	min		-9.00	-8.09	-3.17	59	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	0.00	0.00	0.00	61	0.90	fre2_nl
M3	min		370.69	84.04	-1090.01	23	0.30	fre1_nl
V2	max		370.69	84.32	-1074.28	22	0.30	fre1_nl
V2	min		370.69	-84.32	-1074.28	25	0.00	fre1_nl
P	max		370.69	-61.57	-1011.66	1	0.00	fre1_nl
P	min		-9.00	-24.05	-10.36	59	0.00	fre1_nl



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

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

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	137 di 165

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	0.00	0.00	0.00	61	0.90	qpe1_nl
M3	min	QPE	242.10	48.64	-633.06	23	0.30	qpe1_nl
V2	max		242.10	51.10	-625.88	22	0.30	qpe1_nl
V2	min		242.10	-51.10	-625.88	25	0.00	qpe1_nl
P	max		242.10	-40.33	-595.68	1	0.00	qpe1_nl
P	min		-9.00	-8.09	-3.17	59	0.00	qpe1_nl

13.4.4.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di progetto fcd: 188.00 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd': 94.00 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 336428 daN/cm²
 Resis. media a trazione fctm: 31.00 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Rare: 182.60 daN/cm²
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 182.60 daN/cm²
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 132.80 daN/cm²
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di progetto fyd: 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di progetto ftd: 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 3375.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	138 di 165

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.7	9.3	26
2	-40.7	120.7	26
3	40.7	120.7	26
4	40.7	9.3	26
5	-40.7	113.0	26
6	40.7	113.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	0	0	0	0
2	-56592	-170421	0	13178	0
3	-56592	-169317	0	16390	0
4	-56592	-169317	0	-16390	0
5	-56592	-157633	0	-9439	0

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

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	139 di 165

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	0	0
2	-40284	-120425	0
3	-40284	-120425	0
4	-40284	-120425	0
5	-40284	-111565	0

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

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

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	0 (0)	0 (0)
2	-37069	-109001 (-114751)	0 (0)
3	-37069	-107428 (-114627)	0 (0)
4	-37069	-107428 (-114627)	0 (0)
5	-37069	-101166 (-114097)	0 (0)

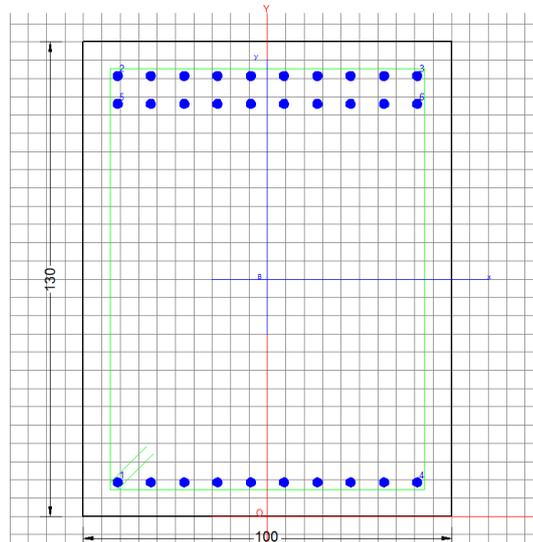
COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	0 (0)	0 (0)
2	-24210	-63306 (-113703)	0 (0)
3	-24210	-62588 (-113596)	0 (0)
4	-24210	-62588 (-113596)	0 (0)
5	-24210	-59568 (-113118)	0 (0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.1 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.6 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	0	0	0	247158	0	999.00	106.2(26.0)
2	S	-56592	-170421	0	-56599	-422494	0	2.56	106.2(26.0)
3	S	-56592	-169317	0	-56599	-422494	0	2.58	106.2(26.0)
4	S	-56592	-169317	0	-56599	-422494	0	2.58	106.2(26.0)
5	S	-56592	-157633	0	-56599	-422494	0	2.78	106.2(26.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	141 di 165

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.110	-50.0	130.0	0.00104	-40.7	120.7	-0.02836	-40.7	9.3
2	0.00350	0.121	-50.0	0.0	0.00128	-40.7	9.3	-0.02532	-40.7	120.7
3	0.00350	0.121	-50.0	0.0	0.00128	-40.7	9.3	-0.02532	-40.7	120.7
4	0.00350	0.121	-50.0	0.0	0.00128	-40.7	9.3	-0.02532	-40.7	120.7
5	0.00350	0.121	-50.0	0.0	0.00128	-40.7	9.3	-0.02532	-40.7	120.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000263984	-0.030817870	0.110	0.700
2	0.000000000	-0.000238786	0.003500000	0.121	0.700
3	0.000000000	-0.000238786	0.003500000	0.121	0.700
4	0.000000000	-0.000238786	0.003500000	0.121	0.700
5	0.000000000	-0.000238786	0.003500000	0.121	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	0.0	15.4(0.0)
2	S	13178	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	3.1	15.4(0.0)
3	S	16390	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	3.9	15.4(0.0)
4	S	16390	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	3.9	15.4(0.0)
5	S	9439	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	2.2	15.4(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	142 di 165

1	S	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	---	---
2	S	38.8	-50.0	0.0	-1328	31.7	120.7	3100	106.2
3	S	38.8	-50.0	0.0	-1328	31.7	120.7	3100	106.2
4	S	38.8	-50.0	0.0	-1328	31.7	120.7	3100	106.2
5	S	35.6	-50.0	0.0	-1244	31.7	120.7	3100	106.2

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0	0
2	S	-0.00074	0	0.500	26.0	80	0.00040 (0.00040)	401	0.160 (0.20)	-114890	0
3	S	-0.00074	0	0.500	26.0	80	0.00040 (0.00040)	401	0.160 (0.20)	-114890	0
4	S	-0.00074	0	0.500	26.0	80	0.00040 (0.00040)	401	0.160 (0.20)	-114890	0
5	S	-0.00069	0	0.500	26.0	80	0.00037 (0.00037)	401	0.150 (0.20)	-114229	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	---	---
2	S	35.0	-50.0	0.0	-1205	31.7	120.7	3100	106.2
3	S	34.5	-50.0	0.0	-1190	31.7	120.7	3100	106.2
4	S	34.5	-50.0	0.0	-1190	31.7	120.7	3100	106.2
5	S	32.3	-50.0	0.0	-1130	31.7	120.7	3150	106.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0	0
2	S	-0.00067	0	0.500	26.0	80	0.00036 (0.00036)	401	0.145 (0.20)	-114751	0
3	S	-0.00066	0	0.500	26.0	80	0.00036 (0.00036)	401	0.143 (0.20)	-114627	0
4	S	-0.00066	0	0.500	26.0	80	0.00036 (0.00036)	401	0.143 (0.20)	-114627	0
5	S	-0.00063	0	0.500	26.0	80	0.00034 (0.00034)	403	0.137 (0.20)	-114097	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	---	---
2	S	20.1	-50.0	0.0	-712	31.7	120.7	3150	106.2
3	S	19.9	-50.0	0.0	-705	31.7	120.7	3150	106.2
4	S	19.9	-50.0	0.0	-705	31.7	120.7	3150	106.2

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	143 di 165

5 S 18.8 -50.0 0.0 -677 31.7 120.7 3150 106.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0	0
2	S	-0.00040	0	0.500	26.0	80	0.00021 (0.00021)	403	0.086 (0.20)	-113703	0
3	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00021 (0.00021)	403	0.085 (0.20)	-113596	0
4	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00021 (0.00021)	403	0.085 (0.20)	-113596	0
5	S	-0.00038	0	0.500	26.0	80	0.00020 (0.00020)	403	0.082 (0.20)	-113118	0

13.4.4.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione: Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali: Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	188.00 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	94.00 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0 daN/cm ²	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice: X [cm] Y [cm]

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	144 di 165

1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.7	9.3	26
2	-40.7	120.7	26
3	40.7	120.7	26
4	40.7	9.3	26
5	-40.7	113.0	26
6	40.7	113.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 14 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-25600	-53649	0	-3883	0
2	-48000	-137457	0	-5847	0
3	-22400	-59202	0	3213	0
4	-38400	-103167	0	-16685	0
5	-54400	-108850	0	-16337	0
6	-12800	-66647	0	-12056	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	145 di 165

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-16400	-31009	0
2	-22953	-52393	0
3	-22953	-51069	0
4	-21600	-48658	0
5	-22953	-45817	0
6	-15600	-31387	0

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	-12800	-17122 (-105407)	0 (0)
2	-17600	-49430 (-114353)	0 (0)
3	-18811	-40494 (-111726)	0 (0)
4	-22400	-43292 (-110489)	0 (0)
5	-22400	-36952 (-108472)	0 (0)
6	-8000	-20022 (-113285)	0 (0)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	-18811	-34813 (-109960)	0 (0)
2	-22000	-50343 (-112381)	0 (0)
3	-18811	-40494 (-111726)	0 (0)
4	-21600	-49212 (-112336)	0 (0)
5	-22400	-43276 (-110484)	0 (0)
6	-18810	-37847 (-110963)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	146 di 165

N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-25600	-53649	0	-25627	-399287	0	7.98	106.2(26.0)
2	S	-48000	-137457	0	-48028	-389054	0	2.94	106.2(26.0)
3	S	-22400	-59202	0	-22394	-400751	0	7.14	106.2(26.0)
4	S	-38400	-103167	0	-38415	-393459	0	3.99	106.2(26.0)
5	S	-54400	-108850	0	-54418	-386113	0	3.77	106.2(26.0)
6	S	-12800	-66647	0	-12776	-405100	0	6.24	106.2(26.0)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00094	0.325	-50.0	0.0	0.00072	-40.7	9.3	-0.00196	-40.7	120.7
2	0.00090	0.316	-50.0	0.0	0.00068	-40.7	9.3	-0.00196	-40.7	120.7
3	0.00095	0.327	-50.0	0.0	0.00073	-40.7	9.3	-0.00196	-40.7	120.7
4	0.00092	0.320	-50.0	0.0	0.00070	-40.7	9.3	-0.00196	-40.7	120.7
5	0.00089	0.313	-50.0	0.0	0.00067	-40.7	9.3	-0.00196	-40.7	120.7
6	0.00097	0.331	-50.0	0.0	0.00074	-40.7	9.3	-0.00196	-40.7	120.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000024031	0.000943983	0.325	0.847
2	0.000000000	-0.000023702	0.000904380	0.316	0.835
3	0.000000000	-0.000024078	0.000949658	0.327	0.848
4	0.000000000	-0.000023843	0.000921405	0.320	0.840
5	0.000000000	-0.000023608	0.000893030	0.313	0.832
6	0.000000000	-0.000024218	0.000966562	0.331	0.853

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	147 di 165

Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	3883	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	0.9	15.4(0.0)
2	S	5847	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	1.4	15.4(0.0)
3	S	3213	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	0.8	15.4(0.0)
4	S	16685	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	3.9	15.4(0.0)
5	S	16337	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	3.8	15.4(0.0)
6	S	12056	510561	65434	120.7	100.0	1.000	1.000	2.8	15.4(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.4	-50.0	0.0	-370	31.7	120.7	3200	106.2
2	S	16.4	-50.0	0.0	-603	31.7	120.7	3150	106.2
3	S	15.9	-50.0	0.0	-590	31.7	120.7	3200	106.2
4	S	15.2	-50.0	0.0	-561	31.7	120.7	3150	106.2
5	S	14.0	-50.0	0.0	-540	31.7	120.7	3200	106.2
6	S	9.6	-50.0	0.0	-370	31.7	120.7	3200	106.2

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00020	0	0.500	26.0	80	0.00011 (0.00011)	405	0.045 (0.20)	-110224	0
2	S	-0.00033	0	0.500	26.0	80	0.00018 (0.00018)	403	0.073 (0.20)	-112355	0

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	148 di 165

3	S	-0.00033	0	0.500	26.0	80	0.00018 (0.00018)	405	0.072 (0.20)	-112084	0
4	S	-0.00031	0	0.500	26.0	80	0.00017 (0.00017)	403	0.068 (0.20)	-112216	0
5	S	-0.00030	0	0.500	26.0	80	0.00016 (0.00016)	405	0.066 (0.20)	-110870	0
6	S	-0.00020	0	0.500	26.0	80	0.00011 (0.00011)	405	0.045 (0.20)	-110963	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.8	-50.0	0.0	-222	31.7	120.7	3300	106.2
2	S	15.8	-50.0	0.0	-550	31.7	120.7	3100	106.2
3	S	12.6	-50.0	0.0	-471	31.7	120.7	3200	106.2
4	S	13.2	-50.0	0.0	-514	31.7	120.7	3200	106.2
5	S	10.9	-50.0	0.0	-454	31.7	120.7	3250	106.2
6	S	6.3	-50.0	0.0	-227	31.7	120.7	3150	106.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00012	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	409	0.027 (0.20)	-105407	0
2	S	-0.00031	0	0.500	26.0	80	0.00016 (0.00016)	401	0.066 (0.20)	-114353	0
3	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00014 (0.00014)	405	0.057 (0.20)	-111726	0
4	S	-0.00028	0	0.500	26.0	80	0.00015 (0.00015)	405	0.062 (0.20)	-110489	0
5	S	-0.00025	0	0.500	26.0	80	0.00014 (0.00014)	407	0.055 (0.20)	-108472	0
6	S	-0.00013	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	403	0.027 (0.20)	-113285	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.5	-50.0	0.0	-417	31.7	120.7	3250	106.2
2	S	15.7	-50.0	0.0	-579	31.7	120.7	3150	106.2
3	S	12.6	-50.0	0.0	-471	31.7	120.7	3200	106.2
4	S	15.4	-50.0	0.0	-566	31.7	120.7	3150	106.2
5	S	13.2	-50.0	0.0	-514	31.7	120.7	3200	106.2
6	S	11.6	-50.0	0.0	-446	31.7	120.7	3200	106.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	407	0.051 (0.20)	-109960	0
2	S	-0.00032	0	0.500	26.0	80	0.00017 (0.00017)	403	0.070 (0.20)	-112381	0
3	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00014 (0.00014)	405	0.057 (0.20)	-111726	0
4	S	-0.00031	0	0.500	26.0	80	0.00017 (0.00017)	403	0.068 (0.20)	-112336	0
5	S	-0.00028	0	0.500	26.0	80	0.00015 (0.00015)	405	0.062 (0.20)	-110484	0
6	S	-0.00025	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	405	0.054 (0.20)	-110963	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

13.5 Verifica a carico limite

SLU-SLV		FX	FZ	MY	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text
MY	max	221.51	1,705.78	781.42	sis2_nl
MY	min	0.00	2,848.14	0.00	slu3_nl
FZ	max	0.00	2,848.14	0.00	slu3_nl
FZ	min	66.45	1,615.77	234.43	sis2_nl
FX	max	221.51	1,705.78	781.42	sis3_nl
FX	min	0.00	2,848.14	0.00	slu3_nl

Condizioni drenate

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

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 ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

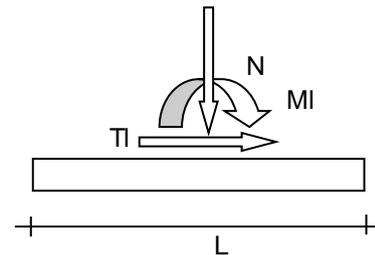
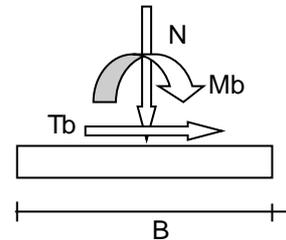
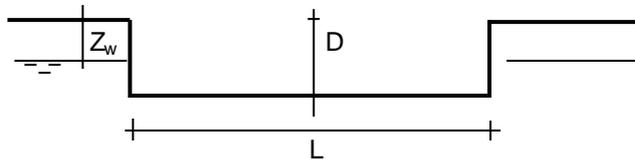
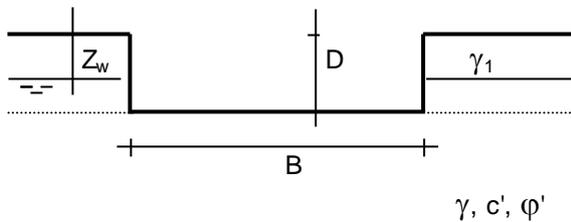
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	150 di 165



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

$B = 9.20$ (m)
 $L = 100.00$ (m)
 $D = 2.50$ (m)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2848.14		2848.14
Mb [kNm]	0.00		0.00
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

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

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 20.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 25.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 20.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 25.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 3.00$ (m)

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

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

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	151 di 165

q : sovraccarico alla profondità D

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

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.54 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

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

$$Nq = 10.66$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 20.72$$

$$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N\gamma = 10.88$$

s_c, s_q, s _{γ} : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.00$$

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

$$s_q = 1.00$$

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

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i _{γ} : fattori di inclinazione del carico

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

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

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

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

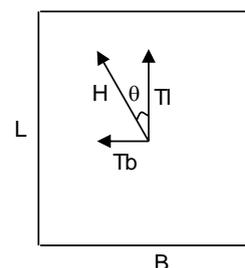
$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

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

$$i_\gamma = 1.00$$



RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	152 di 165

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

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

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

$$d_q = 1.37$$

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

$$d_c = 1.41$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1329.42 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 309.58 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 578.01 \geq q = 309.58 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Condizioni non drenate

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni totali

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

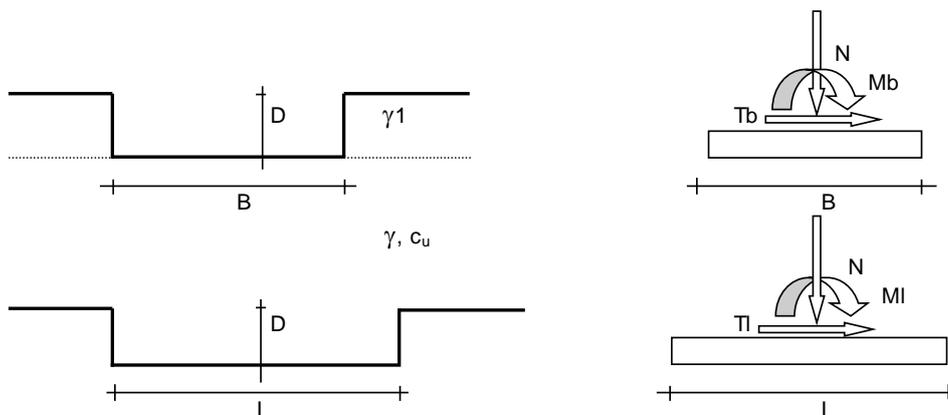
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

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

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

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
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.40	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.40	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	2.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazioni nastriformi $L=100$ m)

B = 9.20 (m)
L = 100.00 (m)
D = 2.50 (m)

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	154 di 165

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2848.14		2848.14
Mb [kNm]			0.00
MI [kNm]			0.00
Tb [kN]			0.00
TI [kN]			0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

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

Valore caratteristico di resistenza del terreno

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

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

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

Valore di progetto

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

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

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

q : sovraccarico alla profondità D

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

γ : peso di volume del terreno di fondazione

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

N_c : coefficiente di capacità portante

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

s_c : fattori di forma

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

$$s_c = 1.00$$

i_c : fattore di inclinazione del carico

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

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

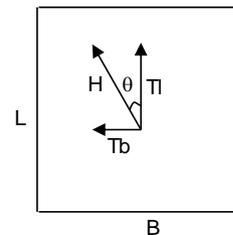
$$\theta = \arctg(T_b/T_I) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 2.00$$

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

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

$$i_c = 1.00$$



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

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

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

$$d_c = 1.48$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

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

$$\beta_f + \beta_p = 15.00$$

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

$$b_c = 0.97$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

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

$$\beta_f + \beta_p = 15.00$$

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

$$g_c = 0.93$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 717.04 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 309.58 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 311.76 \geq q = 309.58 \quad (\text{kN/m}^2)$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

14. PARATIA DI MICROPALI

Per garantire l'esercizio continuo della linea l'opera è stata realizzata per fasi, pertanto è stata inserita una paratia di micropali provvisoria durante la costruzione parziale del muro.

La paratia è costituita da micropali $\Phi 125$ posti ad interasse di 25 cm ed armati con tubolare $\Phi 101.6$, spessore 8 mm e lunghezza pari a 6 m, si veda il dettaglio nella seguente Figura 14-1

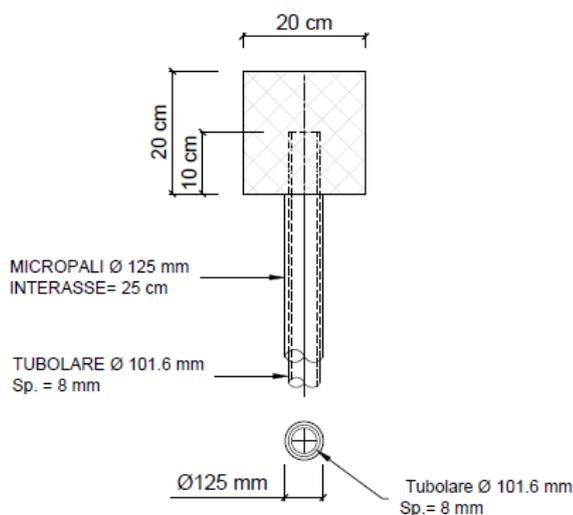


Figura 14-1 – Dettaglio del micropalo.

14.1 Dati di input

Di seguito le caratteristiche della sezione di calcolo.

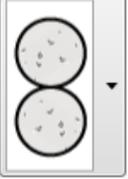
Diaframma o Pali		Calcestruzzo		Acciaio			
	Materiale	C25/30			Materiale	S275	
	Spessore	Ct	0.6 m		Profilo	CHS101.6*8	
	Diametro	Cd	0.125 m		Passo	Ss	0.25 m
	Passo	Cs	0.25 m		Diametro	Sod	0.1016 m
	Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidità [0-1]	ac	1		Spessore	Sot	0.008 m

Figura 14-2 – Caratteristiche micropali.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

14.2 Fasi di calcolo

Nel programma di calcolo Paratie Plus sono state implementate le seguenti fasi di calcolo:

- 1) Applicazione sovraccarico permanente (ballast);
- 2) Applicazione sovraccarico variabile (traffico ferroviario);
- 3) Realizzazione della paratia;
- 4) Scavo fino a quota di progetto;
- 5) Applicazione azione sismica.

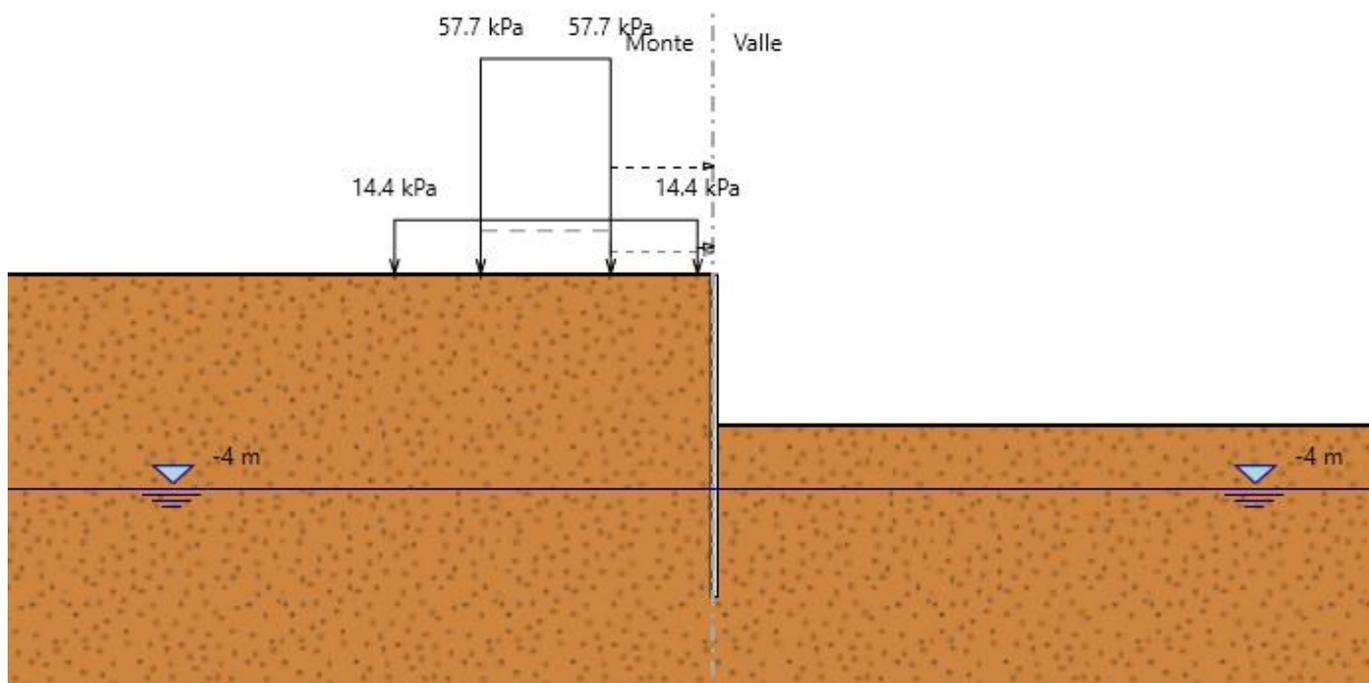


Figura 14-3 – Schema di calcolo paratia: modello 01.

14.1 Risultati delle analisi e verifiche

A seguire si riportano i diagrammi delle sollecitazioni agli stati limite ultimi statici e sismici e la verifica del tubolare di acciaio.

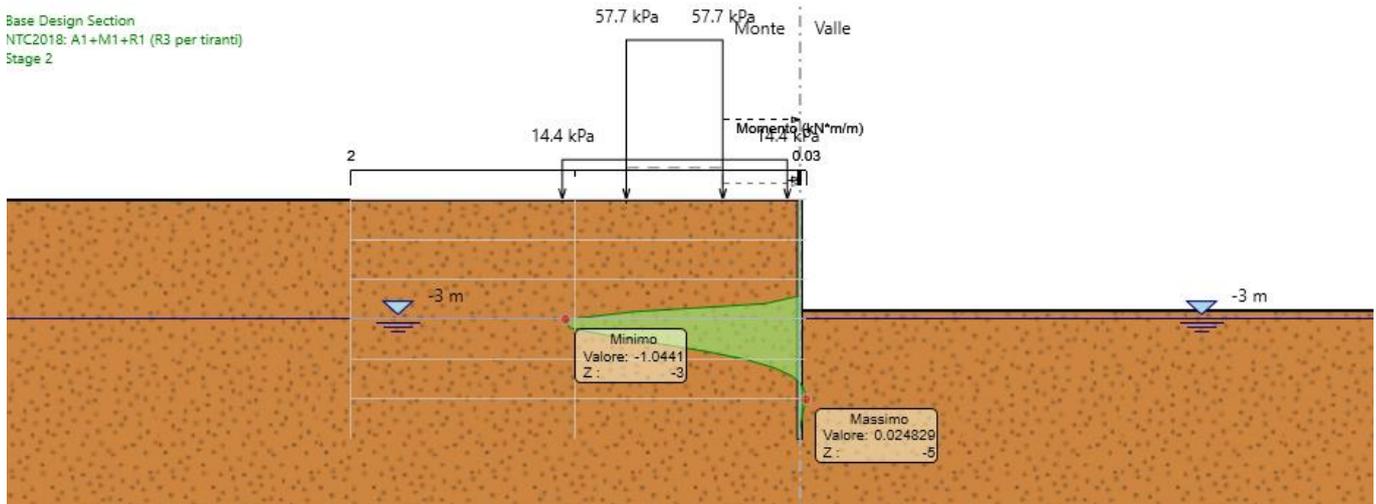


Figura 14-4 – Modello 01: Momento SLU.

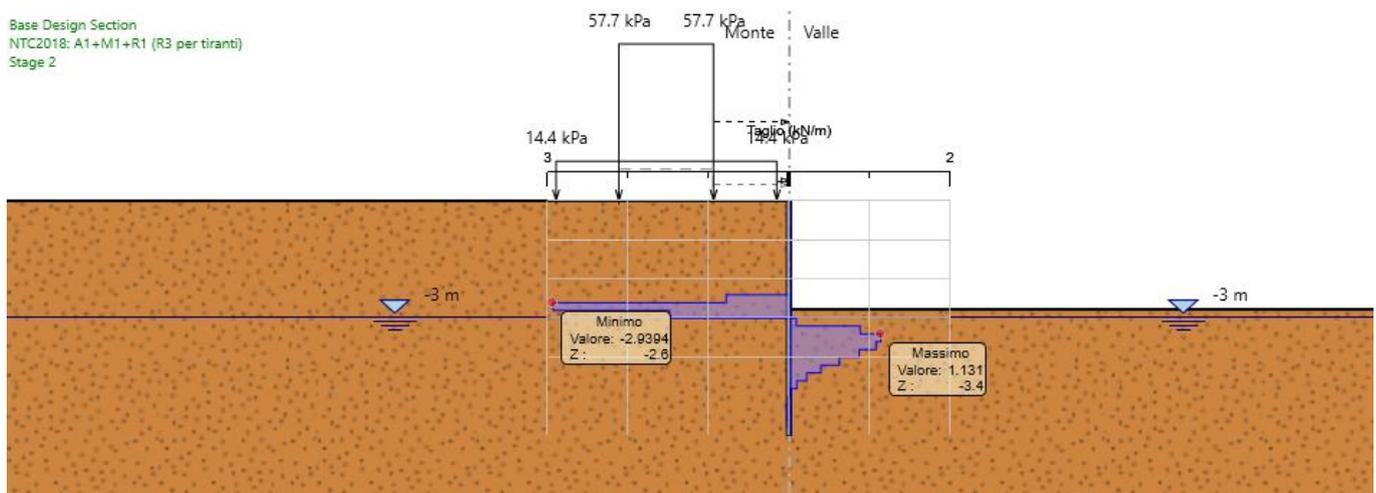


Figura 14-5 – Modello 01: Taglio SLU.

Base Design Section
NTC2018: SISMICA STR
Stage 4

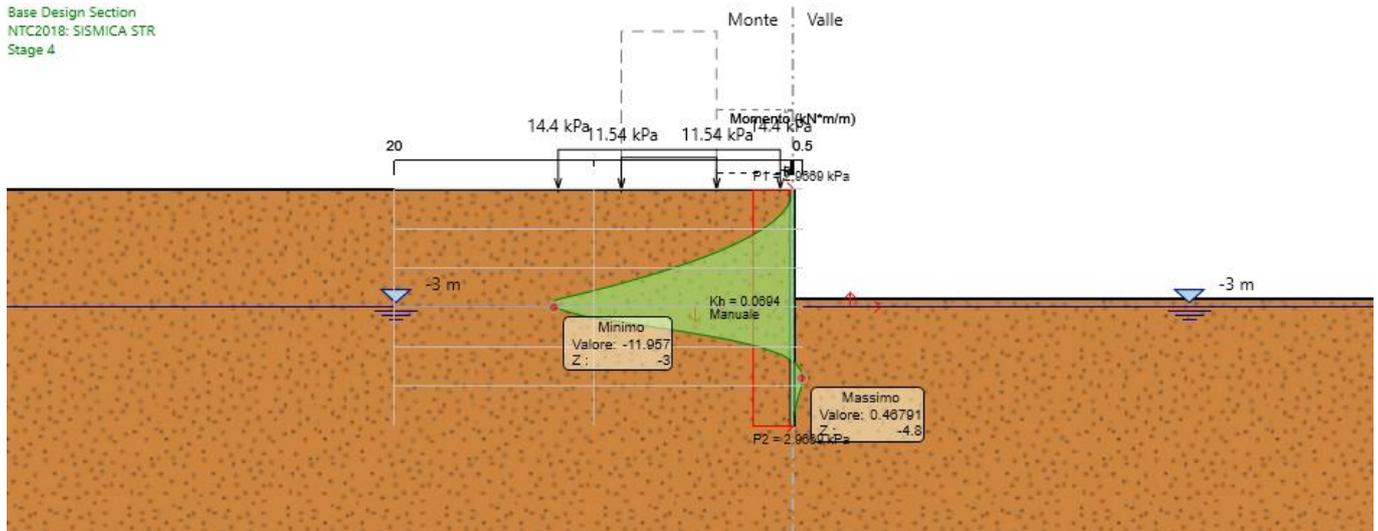


Figura 14-6 – Modello 01: Momento SLV.

Base Design Section
NTC2018: SISMICA STR
Stage 4

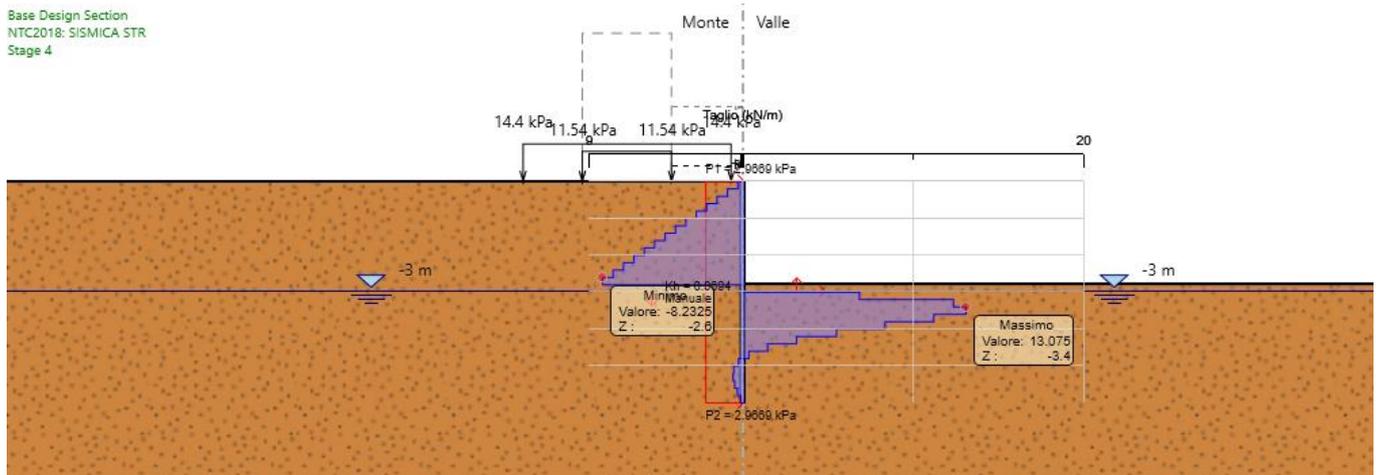


Figura 14-7 – Modello 01: Taglio SLV.

RI12 – Muro a U MU57
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	160 di 165

combinazione	Sollecitazioni a metro lineare				Sollecitazioni sul singolo micropalo	
	fase	M_{max}	$z (M_{max})$	V	M	V
(-)	(-)	(kNm/m)	(m)	(kN/m)	(kNm)	(kN)
SLU-STR	3	1.05	3	2.94	0.26	0.74
SLV- STR	4	12	3	13.08	3	3.27

Diametro esterno nominale	D	101.60 [mm]
Spessore nominale	T	8.00 [mm]
Diametro interno nominale	d	85.60 [mm]

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Area della sezione trasversale	A	23.5 [cm ²]
Momento d'inerzia	I	260 [cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	3.32 [cm]
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,yy}$	51 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,yy}$	70 [cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	519 [cm ⁴]
Modulo di torsione	C_t	102 [cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f_y	275 [MPa]
Coefficiente ϵ	ϵ	0.92 [-]
Classificazione		
Diametro	d	101.60 [mm]
Spessore	t	8.00 [mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	12.70 [-]
Classificazione della sezione		CLASSE 1

RI12 – Muro a U MU57
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	161 di 165

VERIFICHE DI RESISTENZA per sezioni di classe 1,2

$\gamma_{M0} =$	1.05
$\gamma_{M1} =$	1.1

Sollecitazioni di progetto	$N_{ed} =$	0	KN
	$M_{ed} =$	3	KNm
	$V_{ed} =$	3.27	KN
Resistenze di calcolo	$N_{c,rd} =$	616.11	KN
	$M_{c,rd} =$	18.40	KNm
	$V_{c,rd} =$	226.45	KN

Condizione
 $V_{ed} \leq 0.5 \cdot V_{c,rd}$ SI \Rightarrow taglio non influenza la resistenza a flessione
 $\Rightarrow \rho = (2V_{cd}/V_{c,rd}-1)^2 = 0$

Compressione	$N_{ed}/N_{c,rd} =$	0	≤ 1
Flessione	$M_{ed}/M_{c,rd} =$	0.163035	≤ 1
Taglio	$V_{ed}/V_{c,rd} =$	0.01444	≤ 1

Flessione e Taglio

$$M_{v,rd} = (1-\rho)M_{c,rd} = 18.401 \text{ KNm}$$

$$M_{ed}/M_{v,rd} = \mathbf{0.163035} \leq 1$$

Presso-Flessione

$$n = N_{ed}/N_{c,rd} = 0$$

$$M_{N,rd} = 1.04 \cdot M_{c,rd} \cdot (1-n^{1.7}) = 19.13704 \text{ KNm}$$

$$M_{ed}/M_{N,rd} = \mathbf{0.163035} \leq 1$$

Presso-Flessione e Taglio

$$M_{N,rd} = 1.04 \cdot M_{v,rd} \cdot (1-n^{1.7}) = 19.13704 \text{ KNm}$$

$$M_{ed}/M_{N,rd} = \mathbf{0.163035} \leq 1$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU.57.0.0.001	REV. B

14.2 Verifica cedimento binario esistente

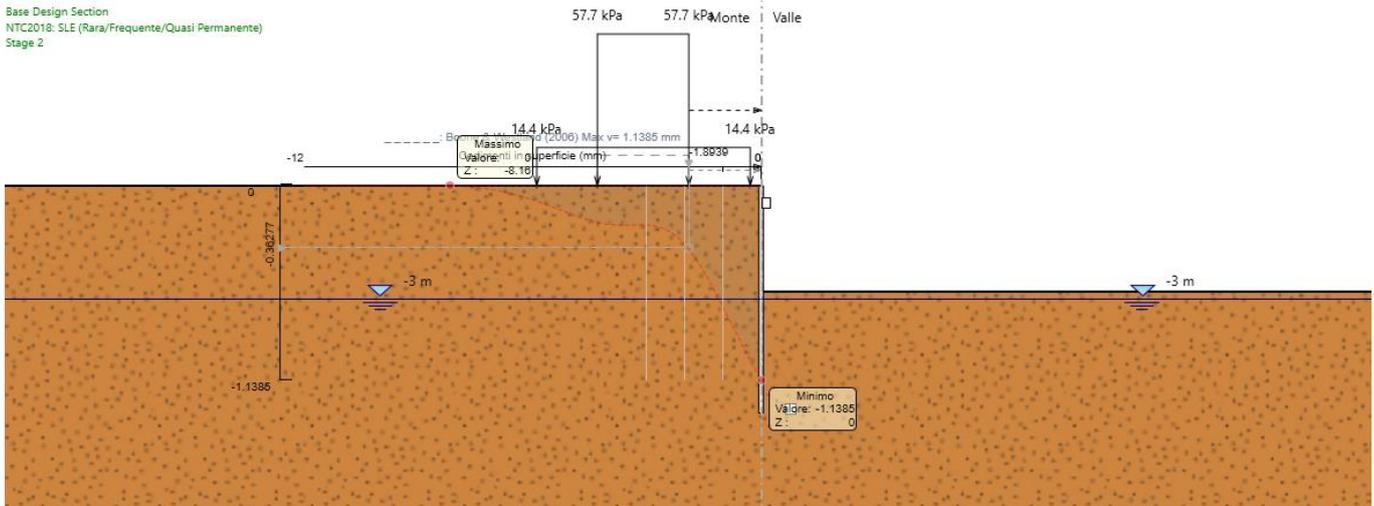


Figura 14-8 – Cedimento rotaia in prossimità dell'opera.

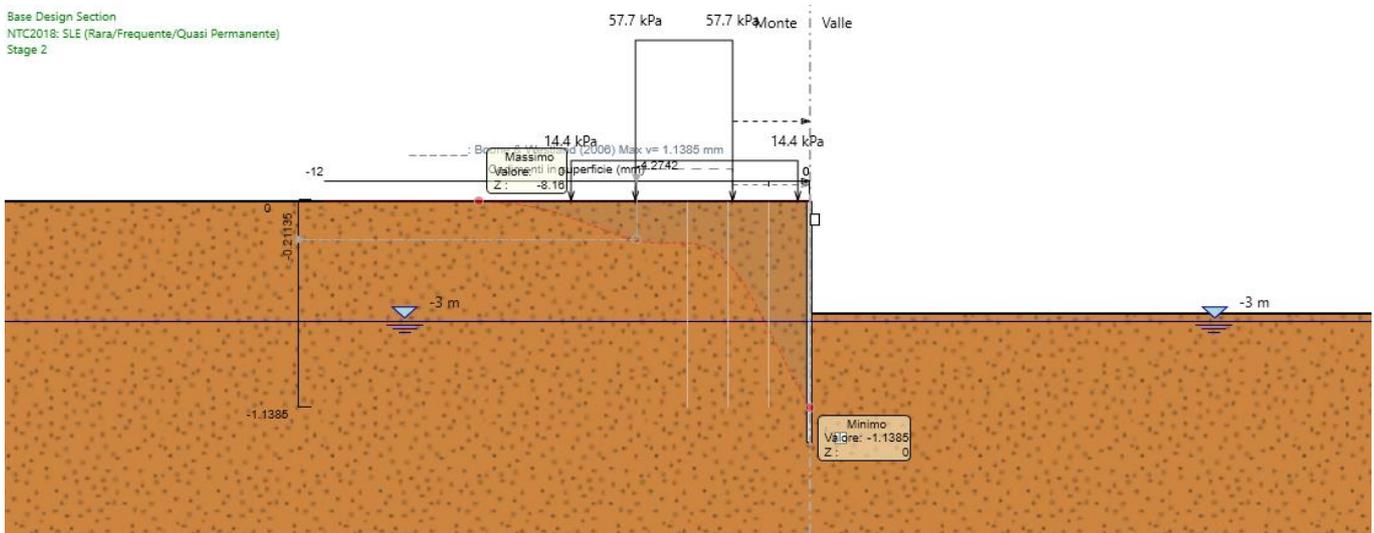


Figura 14-9 – Cedimento rotaia lontana dall'opera.

$$\delta = 0.36 - 0.21 = 0.15 \text{ mm} = 0.015 \text{ cm} < \delta_{\text{max, ammissibile}} = 1.35 \text{ cm}$$

Il $\delta_{\text{max, ammissibile}}$ è stato valutato a partire dallo “Standard di qualità geometrica del binario e parametri di dinamica di marcia per linee con velocità fino a 300km/h”

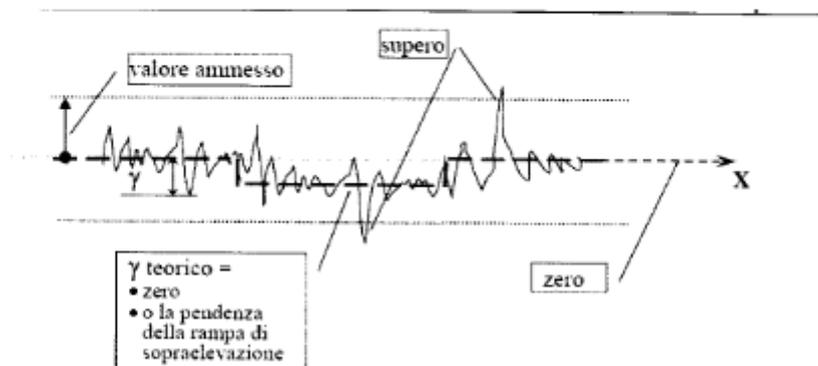
Secondo questa normativa lo sghembo è definito come riportato di seguito:

SGHEMBO

Abbreviazione γ : è l'inclinazione, espressa in ‰, relativa di una fila di rotaia rispetto all'altra, calcolata come rapporto tra la differenza di livello trasversale XL fra due sezioni di binario poste a una distanza data, che è la base di misura dello sghembo, e la base stessa.

Nel presente Standard sono indicati i valori ammessi dello sghembo per le basi di lunghezza 3 metri e 9 metri.

Sul grafico si valutano i valori dalla linea dello zero ai picchi superiori o inferiori come da grafico di Figura 9; i superi sono gli scostamenti rispetto allo zero che eccedono il valore ammesso.



n.b. : il valore ammesso si applica rispetto allo zero, lo sghembo effettivo è comprensivo della pendenza dell'eventuale rampa di sopraelevazione.

Fig.9: singoli difetti di sghembo

Dove la dimensione XL è la seguente:

LIVELLO TRASVERSALE

Abbreviazione XL: è la misura, espressa in mm, della differenza in altezza tra le due tavole di rotolamento adiacenti; è espressa come l'altezza del triangolo rettangolo avente ipotenusa pari a 1500 mm ed angolo al vertice pari all'angolo tra il piano di rotolamento ed un piano orizzontale di riferimento.

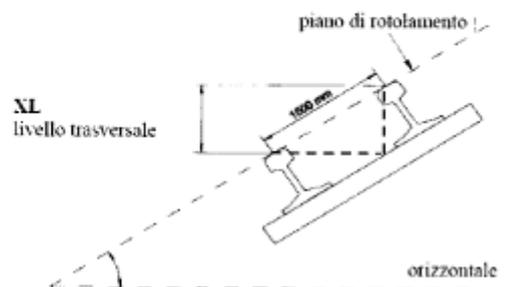


Fig.6: livello trasversale

Per cui la verifica da soddisfare è la seguente, in funzione del livello di qualità del binario:

III.7 SGHEMBO

Difetti isolati.

Le seguenti prescrizioni vanno ad integrare quelle della Circolare L.41/344/7.9 del 28/09/87 sui valori limite dello sghembo del binario, che devono essere comunque rispettate.

	V ≤ 200 km/h		200 < V ≤ 300 km/h	
	γ base 3 m	γ base 9 m	γ base 3 m	γ base 9 m
1° livello di qualità	$\gamma_{3m} < 4,5$	$\gamma_{9m} < 3,5$	$\gamma_{3m} < 3,5$	$\gamma_{9m} < 2,7$
2° livello di qualità	$4,5 \leq \gamma_{3m} < 5,8$	$3,5 \leq \gamma_{9m} < 4,0$	$3,5 \leq \gamma_{3m} < 4,5$	$2,7 \leq \gamma_{9m} < 3,0$
3° livello di qualità	Per valori di γ superiori ai limiti di cui al "2° livello di qualità" si applica quanto riportato nella Parte IV, p.to IV.6			

(1) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.

ATTENZIONE ai deviatori inseriti in curva

n.b.: Quando ci sono superi dei valori del terzo livello va consultata la Parte IV – VALORI COMPORNTANTI VINCOLI ALL'ESERCIZIO.

E di seguito vengono definiti i livelli di qualità:

Lo Standard è articolato in tre Parti:

- **Parte II: valori ammessi a seguito di lavori all'armamento.** Sono definite due classi di valori, per:
 - lavori di rinnovo o nuove costruzioni, o lavori assimilabili a questi
 - interventi di manutenzione per il ripristino della geometria del binario per armamento in esercizio.
- **Parte III: livelli di qualità geometrica correnti.** Sono i valori entro i quali si svolge la normale vita tecnica della geometria dell'armamento; in linea di massima, essi vengono divisi in tre "livelli di qualità":
 - un **primo livello** di qualità, entro il quale la geometria del binario non richiede alcuna programmazione di interventi correttivi

- un **secondo livello** di qualità, entro il quale le condizioni geometriche del binario consentono il normale esercizio ferroviario senza alcun tipo di restrizione ma che comportano:

- o l'analisi delle cause di degrado
- o la valutazione della velocità di evoluzione del difetto
- o la programmazione e l'eventuale esecuzione di lavori di manutenzione della geometria in funzione della velocità di evoluzione del difetto rilevata localmente.

La valutazione della velocità di evoluzione del difetto sarà, in linea di principio, effettuata tramite confronto con i rilievi geometrici precedenti o tramite l'effettuazione di rilievi ad hoc, oppure tramite il riconoscimento di zone ad evoluzione del difetto già nota; è necessario che venga fatto, in base all'esperienza, anche il riconoscimento delle zone ad evoluzione rapida, quali possono essere le transizioni opere d'arte / rilevato, i tratti con sede instabile, tratti con massicciata inquinata, ecc., al cui controllo deve essere posta massima attenzione.

Sulle linee AV/AC la valutazione della velocità di evoluzione del difetto potrà, inoltre, essere effettuata anche tramite confronto tra rilievi consecutivi dei treni AV della classe ETR500Y.

- Un **terzo livello** di qualità, che ancora consente l'esercizio ferroviario senza alcun tipo di restrizione, a condizione che vengano programmati ed eseguiti lavori di manutenzione della geometria del binario prima del supero del massimo valore ammesso dal terzo livello di qualità, tenendo anche presente che le correzioni di geometria fatte tramite rinalzataura, quali ad esempio correzioni di difetti di livello longitudinale e trasversale, di allineamento, di sghembo, ecc., sono di problematica esecuzione nelle stagioni calde, ai sensi della vigente Normativa sulla lunga rotaia saldata (vedi limiti di lavorazione al binario).

Nel caso in esame possiamo verificare quanto segue:

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>RI12 – Muro a U MU57 Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 78</td> <td>CL</td> <td>MU.57.0.0.001</td> <td>B</td> <td>165 di 165</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	165 di 165
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 78	CL	MU.57.0.0.001	B	165 di 165								

Con un livello di qualità 1° il cedimento differenziale massimo può essere valutato come:

- con $b=9.00$ m

$$\gamma_{lim} < 3.5 \text{ ‰}$$

considerando che $\gamma = \delta/b$

$$\delta = 0.0035 \cdot b = 0.0035 \cdot 9 = 3.15 \text{ cm}$$

- con $b=3.00$ m

$$\gamma_{lim} < 4.5 \text{ ‰}$$

considerando che $\gamma = \delta/b$

$$\delta = 0.0045 \cdot b = 0.0045 \cdot 3 = 1.35 \text{ cm}$$

Questo ragionamento è a favore di sicurezza per 2 motivi:

1. Stiamo garantendo il primo livello di qualità del binario;
2. Stiamo ipotizzando che la traversa 2 si trovi su un tombino e non subisce alcun cedimento per effetto della realizzazione del rilievo in ammorsamento e che tutto il cedimento differenziale d lo subisca la traversa 1.

Nel progetto in esame stiamo garantendo il 2° livello di sicurezza.