

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

Opere di sostegno di linea

RI05: Muro ad U in sx MU05

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 26 CL MU0500 001 B

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

ITAMPER - SA INFRASTRUTTURE NORD
Via...
Caltanissetta

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	1 di 86

Relazione di calcolo

1. PREMESSA	3
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
4. MATERIALI	7
4.1 CALCESTRUZZO MURI	7
4.2 ACCIAIO D'ARMATURA	7
4.3 VERIFICA S.L.E.	8
4.3.1 <i>Verifica tensioni</i>	8
4.3.2 <i>Verifica a fessurazione</i>	9
5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	10
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	11
6.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	11
6.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	11
7. MODELLO 1 $H_{MAX}=4.40M$	15
7.1.1 <i>Codice di calcolo</i>	15
7.1.2 <i>Affidabilità dei codici di calcolo</i>	15
7.2 MODELLAZIONE SEMPLIFICATA	16
7.3 MODELLAZIONE ADOTTATA	17
7.4 ANALISI DEI CARICHI	19
7.4.1 <i>Peso proprio della struttura</i>	19
7.4.2 <i>Carichi permanenti portati</i>	19
7.4.3 <i>Ballast</i>	20
7.4.4 <i>Spinta orizzontale dovuta al ballast</i>	20
7.4.5 <i>Spinta del terreno e dell'acqua</i>	22
7.4.6 <i>Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore</i>	24

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	2 di 86

Relazione di calcolo

7.4.7	<i>Incremento di spinta dovuta al carico accidentale</i>	25
7.4.8	<i>Azione sismica</i>	26
7.5	COMBINAZIONI DI CALCOLO	29
7.6	RISULTATI E VERIFICHE	31
7.6.1	<i>Verifica piedritto sinistro</i>	34
7.6.2	<i>Verifica soletta inferiore</i>	42
8.	MODELLO 2 H _{MAX} =5.37M	51
8.1.1	<i>Codice di calcolo</i>	51
8.1.2	<i>Affidabilità dei codici di calcolo</i>	51
8.2	MODELLAZIONE SEMPLIFICATA	52
8.3	MODELLAZIONE ADOTTATA	53
8.4	ANALISI DEI CARICHI	55
8.4.1	<i>Peso proprio della struttura</i>	55
8.4.2	<i>Carichi permanenti portati</i>	55
8.4.3	<i>Ballast</i>	56
8.4.4	<i>Spinta orizzontale dovuta al ballast</i>	56
8.4.5	<i>Spinta del terreno</i>	58
8.4.6	<i>Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore</i>	60
8.4.7	<i>Incremento di spinta dovuta al carico accidentale</i>	61
8.4.8	<i>Azione sismica</i>	62
8.5	COMBINAZIONI DI CALCOLO	65
8.6	RISULTATI E VERIFICHE	67
8.6.1	<i>Verifica piedritto destro</i>	70
8.6.2	<i>Verifica soletta inferiore</i>	78

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	3 di 86

Relazione di calcolo

1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento dei muri ad U del rilevato RI05 inquadrata all'interno dei lavori di costruzione della Direttrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania, tratta Lercara dir. – Caltanissetta Xirbi (lotto 3).

1.1 Descrizione dell'opera

L'opera si sviluppa dalla progressiva chilometrica 5+611 alla 5+760 per uno sviluppo complessivo di 149 m circa nella posizione planimetrica riportata nella seguente Figura 1-1.

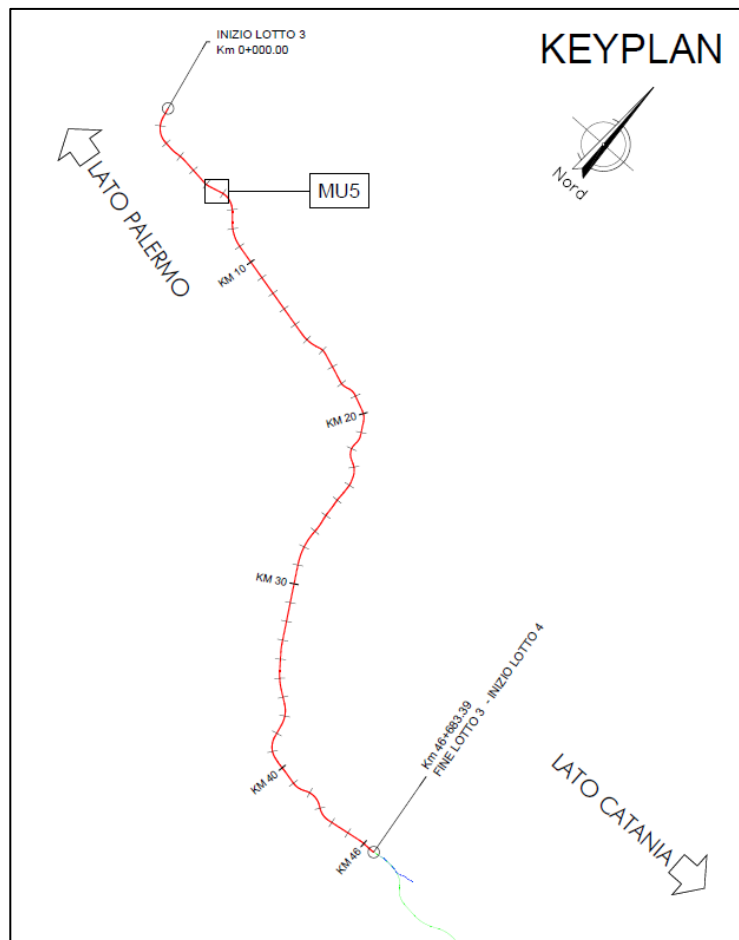


Figura 1-1 – Posizione planimetrica dell'opera MU05.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	4 di 86

Relazione di calcolo

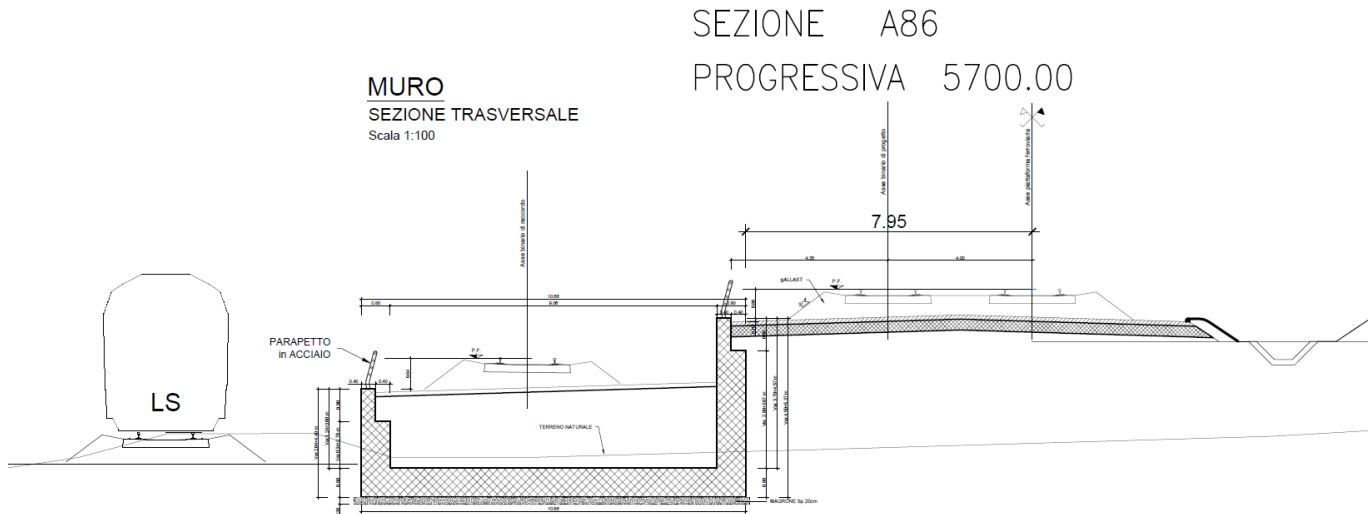


Figura 2 – Sezione MU05.

Sono stati sviluppati due modelli di calcolo al fine di considerare le condizioni di carico più gravose per i piedritti:

- Il modello 1 esplica la condizione più gravosa per il piedritto in sinistra che presenta un'altezza massima del piedritto pari a 4.40 e su cui agisce il carico del treno, mentre il piedritto in destra risulta meno sollecitato in quanto, pur avendo un'altezza di calcolo di 4.50 m, il terreno presente sia in destra che in sinistra bilancia le spinte esterna e interna (Figura 3).
- Il modello 2 esplica la condizione più gravosa per il piedritto in destra in quanto presenta un'altezza di 5.37 m e quello in sinistra presenta la sua minima altezza di 2.04 m. In tal caso infatti, il rilevato interno è minimo e sul muro in destra si verifica la massima sollecitazione data dal terreno e dal treno esterni (Figura 4).

Lo spessore dei piedritti allo spiccato è pari a 0.80 m, mentre la sezione di sommità ha spessore 0.4 m. La soletta di fondo ha spessore di 0.80 m e larghezza di 10.66m.

L'opera relativa al modello 1 è stata armata nel seguente modo:

- 10+10 ϕ 22, con staffe ϕ 10/20 a 4 bracci, per piedritto sinistro con spessore $s = 0.8$ m (copriferro = 7.7 cm);
- 10+10 ϕ 22, con staffe ϕ 8/6.6 a 2 bracci, per soletta di fondazione con spessore $s = 0.8$ m (copriferro = 7.7 cm);

L'opera relativa al modello 2 è stata armata nel seguente modo:

- 10+10 ϕ 22, con staffe ϕ 10/20 a 4 bracci, per piedritto destro con spessore $s = 0.8$ m (copriferro = 7.7 cm);
- 12+10 ϕ 22, con staffe ϕ 8/6.6 a 2 bracci, per soletta di fondazione con spessore $s = 0.8$ m (copriferro = 7.7 cm);

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	5 di 86

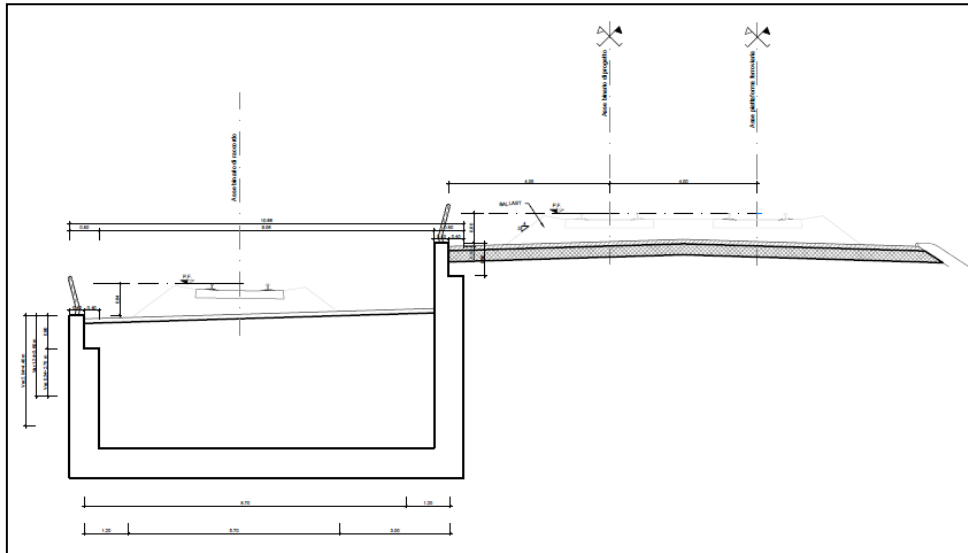


Figura 3 – Modello 1.

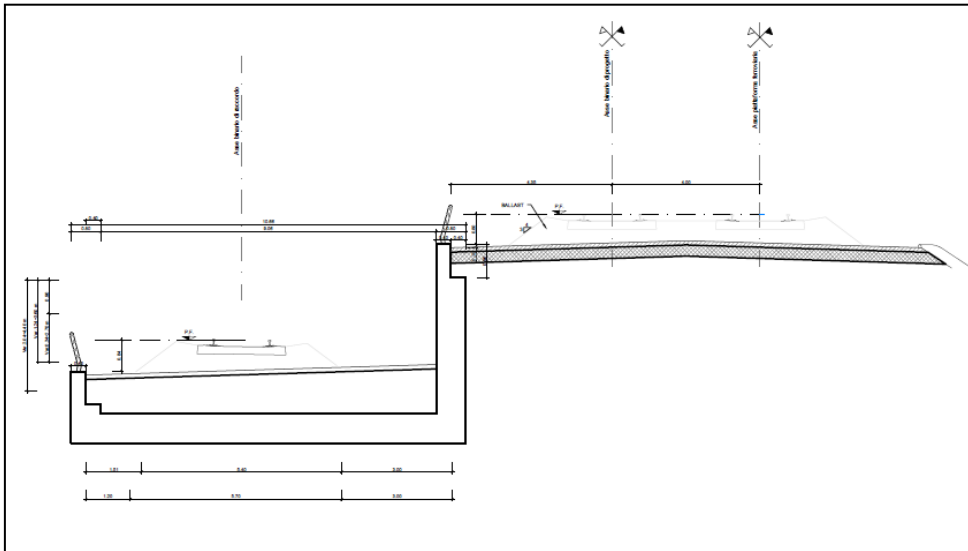


Figura 4 – Modello 2.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B	FOGLIO 6 di 86

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 30 D 26 GE GE 00 00 001: *"Relazione geotecnica generale – opere all'aperto – Lotto 3a"*;

RS3T 30 D 26 F6 GE 00 00 001: *"Profilo geotecnico linea"*;

RS3T 30 D 26 P9 MU 05 00 001: *"RI01 – Muro a U in sx MU05 – Pianta, prospetto e sezioni"*.

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

4. MATERIALI

4.1 Calcestruzzo muri

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

Classe di esposizione ambientale XC3

Copriferro nominale minimo 40 mm

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

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

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

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

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

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

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

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

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

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

$$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3} \quad 33016.9 \text{ N/mm}^2$$

4.2 Acciaio d'armatura

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

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

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

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

4.3 Verifica S.L.E.

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

4.3.1 Verifica tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Manuale di progettazione Opere Civili RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18"

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0.75 f_{yk}$

Nel caso in esame pertanto si ha:

CALCESTRUZZO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

$$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} \qquad 16.89 \text{ N/mm}^2$$

Massima tensione allo SLE per combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} \qquad 12.28 \text{ N/mm}^2$$

ACCIAIO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

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

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

4.3.2 Verifica a fessurazione

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ $w_2 = 0.3 \text{ mm}$ $w_3 = 0.4 \text{ mm}$

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

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	10 di 86

Relazione di calcolo

5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

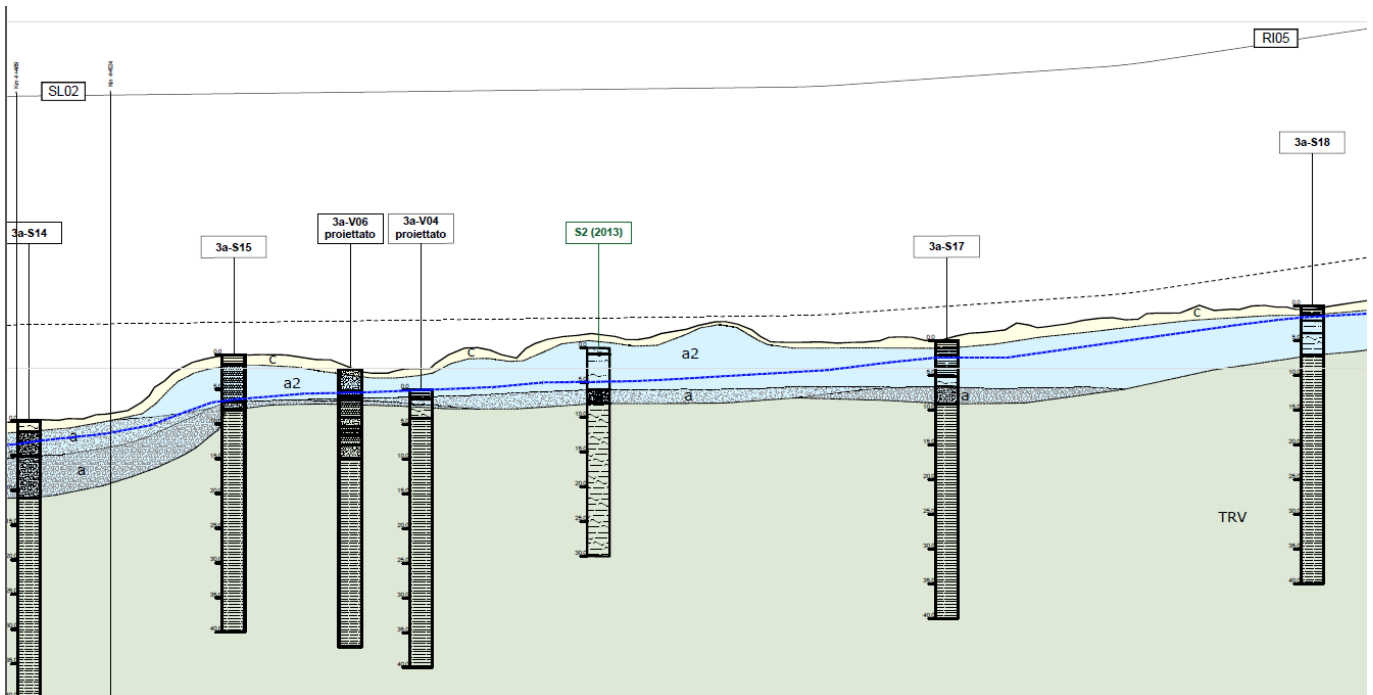
Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica: Si riportano di seguito i terreni su cui poggiano i muri di sostegno lungo il tracciato, con i parametri fisici e meccanici ad essi assegnati. In base ai dati a disposizione sono stati scelti dei valori cautelativi per i parametri di calcolo. Il rilevato a monte avrà superficie orizzontale.

Il terreno spingente è costituito dal rilevato ferroviario mentre in corrispondenza della soletta inferiore è presente l'unità geotecnica a2.

In accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica, alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento, per l'unità geotecnica a2 stati considerati i seguenti parametri meccanici:

U.G.	γ	c'	ϕ'	E
[-]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
a2	19	10	25	40
Falda a -4 m da p.c.				

Per l'inquadramento geotecnico si rimanda alla "Relazione geotecnica generale" e ai relativi profili geotecnici, di cui nella seguente figura si riporta uno stralcio relativo alla zona di interesse.



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

6.1 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.

6.2 Parametri di pericolosità sismica

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

Categoria sottosuolo B

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	12 di 86

Relazione di calcolo

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 13.72501 LATITUDINE: 37.71946


Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Palermo COMUNE: Lercara Friddi

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

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

Interpolazione: media ponderata

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, a "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 112.5 info

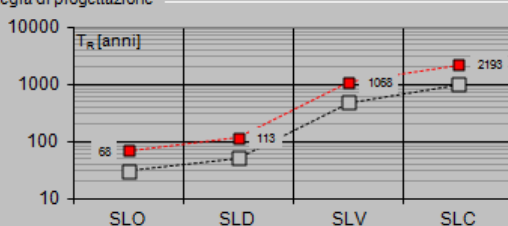
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R : info

Stati limite di esercizio - SLE: $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \rightarrow 68 \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \rightarrow 113 \end{array} \right.$

Stati limite ultimi - SLU: $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \rightarrow 1068 \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \rightarrow 2193 \end{array} \right.$

Elaborazioni: Grafici parametri azione, Grafici spettri di risposta, Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

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

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	13 di 86

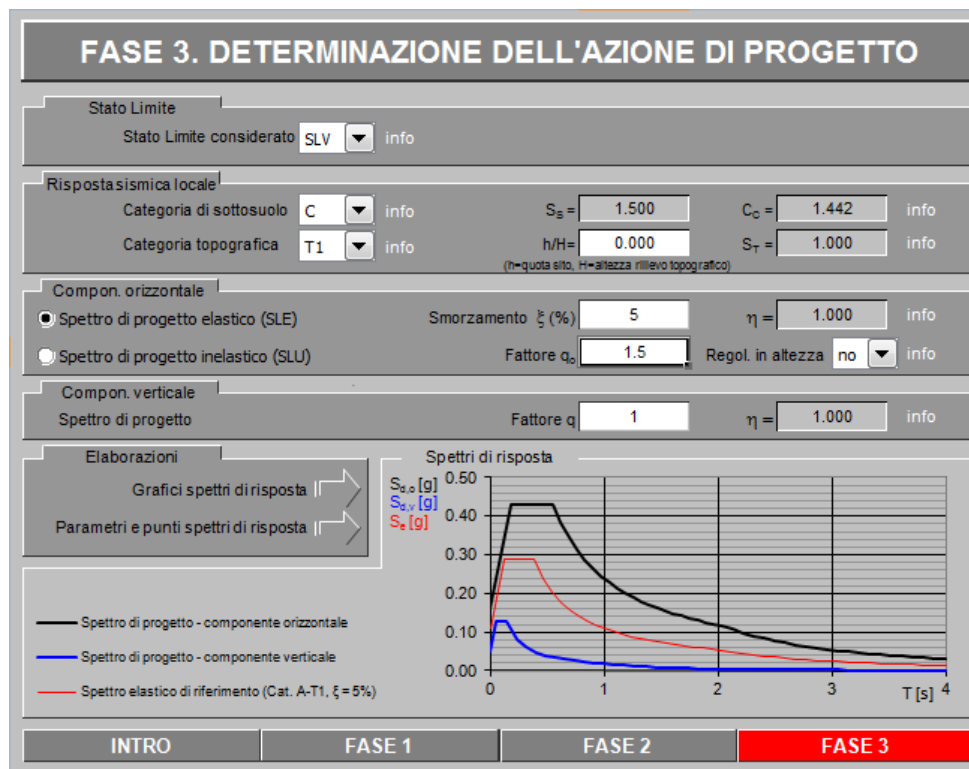
Relazione di calcolo

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.045	2.443	0.277
SLD	113	0.055	2.475	0.299
SLV	1068	0.109	2.647	0.382
SLC	2193	0.131	2.702	0.407

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

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

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



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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	14 di 86

Relazione di calcolo

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.109 g
F_n	2.647
T_C^*	0.382 s
S_S	1.500
C_C	1.442
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.184 s
T_C	0.551 s
T_D	2.035 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.163
$T_B \leftarrow$	0.184	0.432
$T_C \leftarrow$	0.551	0.432
	0.622	0.383
	0.693	0.344
	0.763	0.312
	0.834	0.286
	0.905	0.263
	0.975	0.244
	1.046	0.228
	1.117	0.213
	1.187	0.201
	1.258	0.189
	1.329	0.179
	1.399	0.170
	1.470	0.162
	1.541	0.155
	1.611	0.148
	1.682	0.142
	1.753	0.136
	1.823	0.131
	1.894	0.126
	1.965	0.121
$T_D \leftarrow$	2.035	0.117
	2.129	0.107
	2.223	0.098
	2.316	0.090
	2.410	0.084
	2.503	0.077
	2.597	0.072
	2.690	0.067
	2.784	0.063
	2.877	0.059
	2.971	0.055
	3.064	0.052
	3.158	0.049
	3.252	0.046
	3.345	0.043
	3.439	0.041
	3.532	0.039
	3.626	0.037
	3.719	0.035
	3.813	0.033
	3.906	0.032
	4.000	0.030

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

7. MODELLO 1 H_{MAX}=4.40M

7.1.1 Codice di calcolo

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

Titolo SAP2000

Versione 21.0.2 advanced

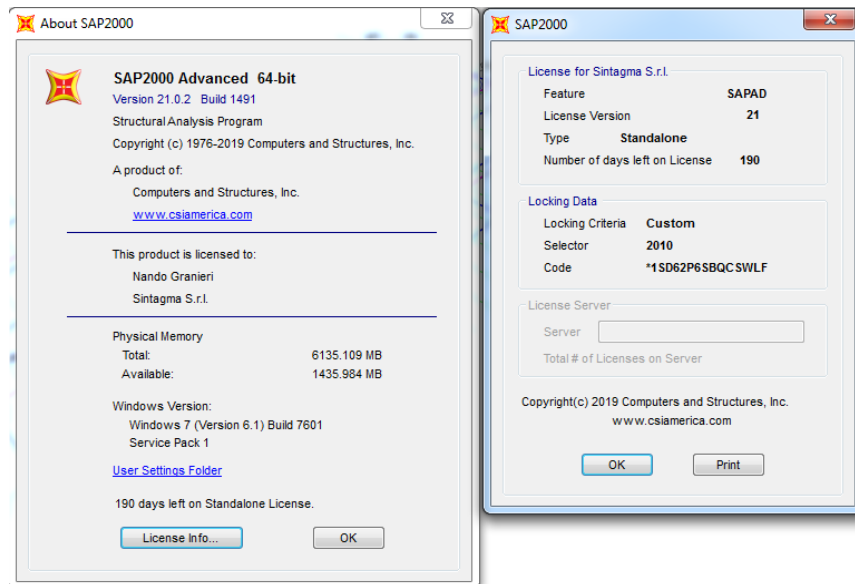
Distributore CSI Italia

7.1.2 Affidabilità dei codici di calcolo

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

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

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



 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

7.2 Modellazione semplificata

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

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

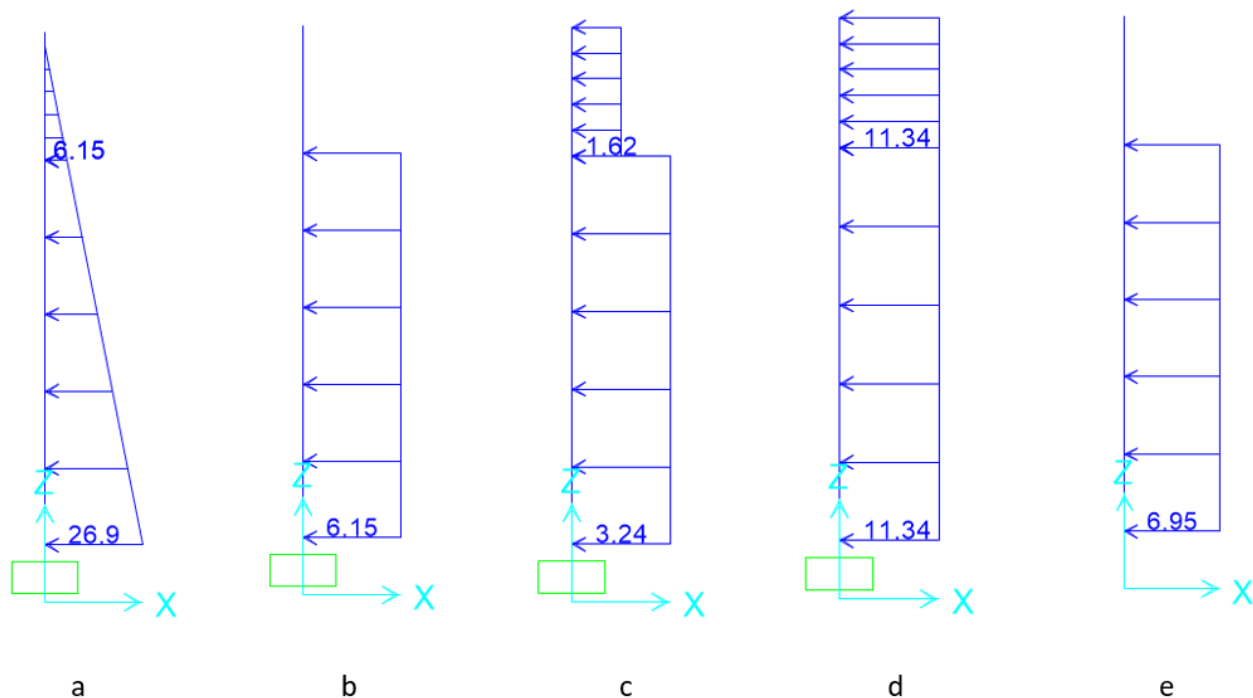


Figura 7-1 – Spinte applicate al piedritto.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	17 di 86

Relazione di calcolo

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

M (SLU) = 144.51 kNm (a);

T (SLU) = 115.67 kN (b);

M (SLV) = 172.3 kNm (c);

T (SLV) = 118.47 kN (d);

M (SLE) = 235.52 kNm (e).

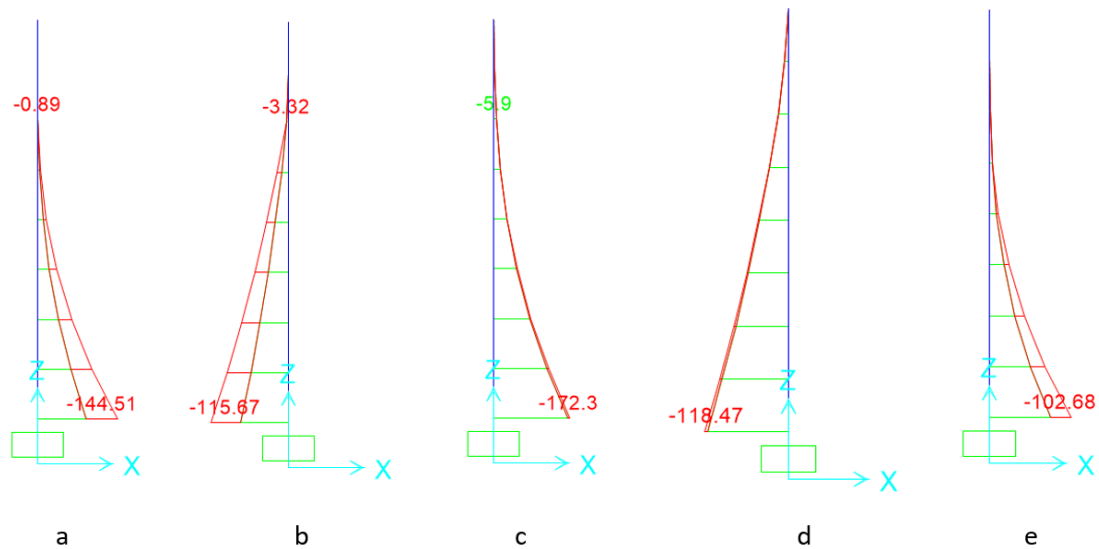


Figura 7-2 – Sollecitazioni piedritto.

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

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

7.3 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 2935 kN/m³.

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

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

dove:

E = modulo elastico del terreno;

ν = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

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

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

unità	E	v	B	L	L/B	c_t	k_w
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m ³)
TRV	40	0.3	10.65	30	2.82	1.406	2935

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 9.05 m, l'altezza interna, a partire dal piano campagna, è pari 5.45 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 0.80 m e piedritti hanno spessore variabile (tra 0.4 e 0.8 m).

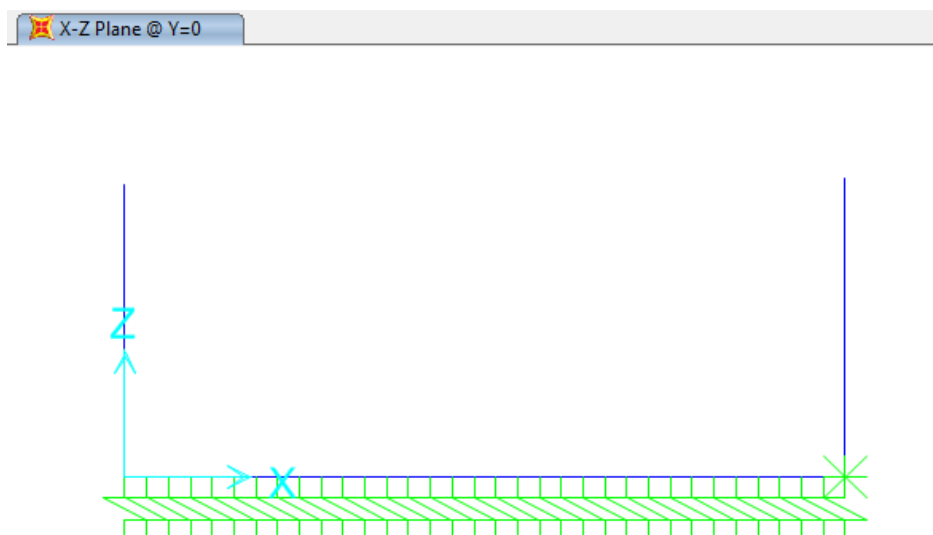


Figura 3 – Modello di calcolo.

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

7.4 Analisi dei carichi


7.4.1 *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.

7.4.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
γ_3	25.00	kN/m ³
S_3	4.05	m spessore e massetto pendenze
W_3	81.00	kN/m ²

 Frame Span Loads (permanenti_soletta_inferiore) (GLOBAL CSys)

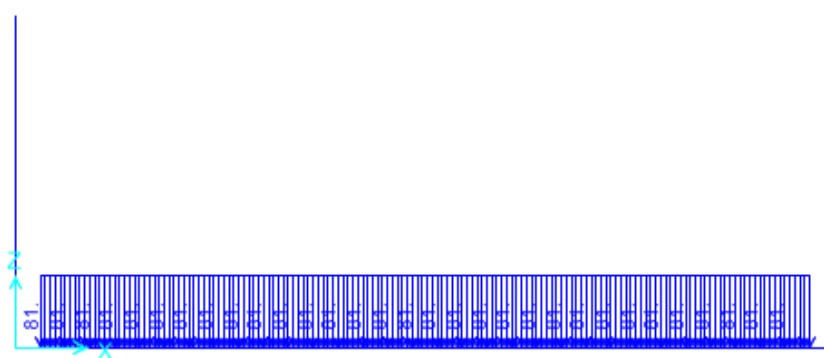


Figura 4 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

7.4.3 Ballast

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

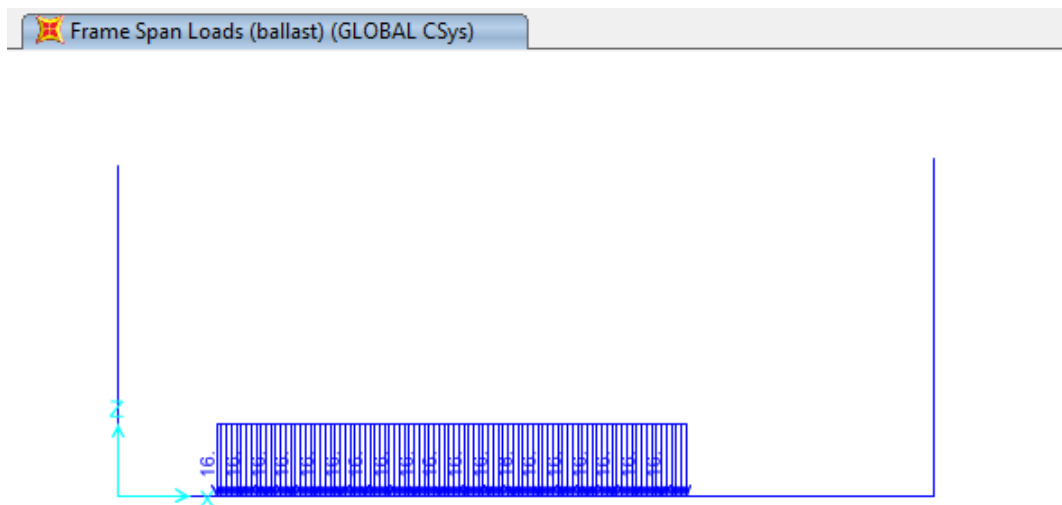


Figura 5 – Ballast.

7.4.4 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	16 kN/m ²
Δp_d	6.15 kN/m ²

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	21 di 86

Frame Span Loads (Ballast_H) (GLOBAL CSys)



Figura 6– Ballast_H.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

7.4.5 Spinta del terreno e dell'acqua

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

SPINTA RIPOSO E SPINTA H ₂ O			
γ_t	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)
0	0.00
0.8	6.15
3.9	29.98
4.3	33.05

Frame Span Loads (spinta_sx_k0) (GLOBAL CSys)

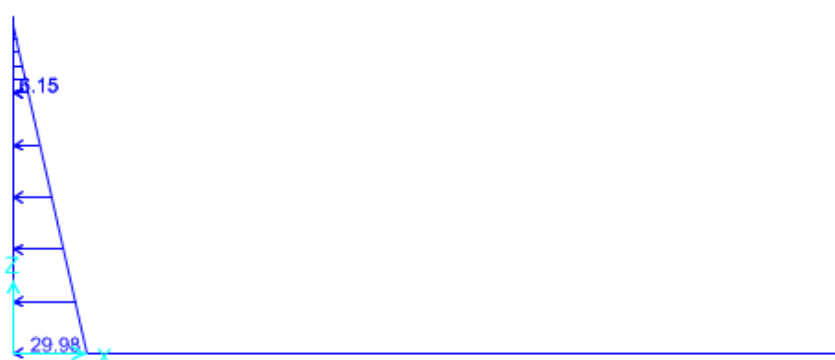


Figura 7 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	23 di 86


 Frame Span Loads (spinta_dx_k0) (GLOBAL CSys)



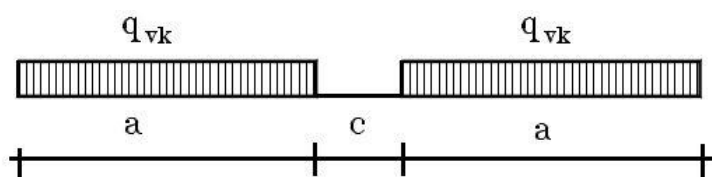
Figura 8 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

7.4.6 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare è stato considerato il treno di carico SW/2, rappresentativo del traffico pesante.

Il treno di carico SW/2 è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un’estensione di 25 m posti ad una distanza, c , di 7.0 m (Figura 9).



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

Figura 9 – Treno di carico SW/2.


I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α , il cui valore è riportato nella Figura 10.

modello di carico	coefficiente di adattamento α
LM71	1.1

Figura 10 – Coefficiente di adattamento α

Trasversalmente i carichi sono stati ripartiti secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast, secondo un angolo pari all'angolo di attrito all'interno del rilevato ferroviario e secondo una pendenza di 1 a 1 all'interno della soletta in c.a.. Pertanto, alla quota del piano medio della soletta inferiore, considerando per la traversa una larghezza di 2.40 m, si ha una larghezza di ripartizione di 8.70 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

 Frame Span Loads (accidentale_inferiore) (GLOBAL CSys)

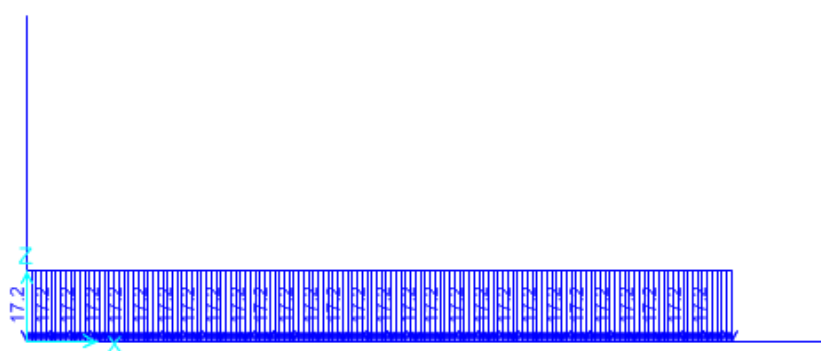


Figura 11 – Treno di carico SW/2.

7.4.7 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	
h_u	8.3 m
k_0	0.38
Δp_d	6.95 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

Frame Span Loads (spinta_Q1k_sx) (GLOBAL CSys)



Figura 12 – Treno di carico SW/2.

7.4.8 Azione sismica

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

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

a_g	0.109	g
S_S	1.5	
S_T	1	
a_{max}	0.163	g
β_m	1	
k_h	0.163	
k_v	0.081	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.62	kN/m ²	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	3.24	kN/m ²	peso proprio s. 0.8m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	3.5	m	altezza complessiva
Δp_d	11.34	kN/m ²	incremento di spinta

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	28 di 86

Relazione di calcolo

Frame Span Loads (sisma_orizzontale) (GLOBAL CSys)



Figura 13 – Sisma orizzontale.

Frame Span Loads (sovrappinta_sismica) (GLOBAL CSys)

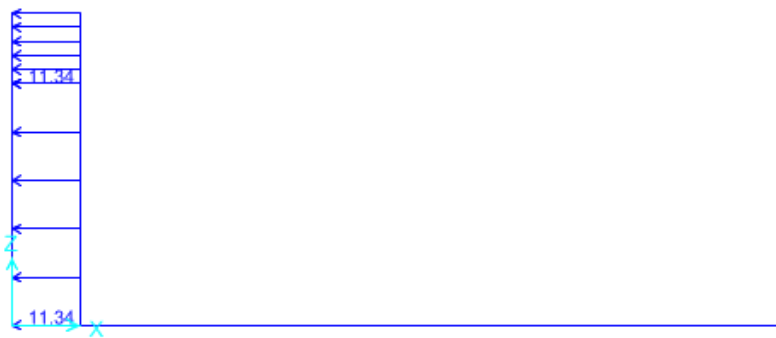


Figura 14 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

7.5 Combinazioni di calcolo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuta al ballast	Ballast_H
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

Tabella 2 – Riepilogo carichi.

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

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	30 di 86

Relazione di calcolo

	slu1	slu2	slu3	slu4	slu5	slu6	slu7	slu8
DEAD	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1
per_sol_inf	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35
ballast	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5
Ballast_H	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5
spinta_sx_k0	1.35	1.35	1	1	1.35	1	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1.35	1.35	1	1	1.35	1	1.35	1
spinta_q1k_sx	1.45	1.45	1.45	0	0	1.45	1.45	1.45
acc_inf	1.45	1.45	1.45	0	0	1.45	1.45	1.45

Tabella 3 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (1/2).

Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche						
	slu9	slu10	slu11	slu12	slu13	slu14
DEAD	1	1.35	1.35	1	1.35	1.35
per_sol_inf	1	1.35	1	1.35	1	1
ballast	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Ballast_H	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
spinta_sx_k0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1
spinta_q1k_sx	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0
acc_inf	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0

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

Combinazioni di carico agli SLV		
	sis1	sis2
DEAD	1	1
per_sol_inf	1	1
ballast	1	1
Ballast_H	1	1
spinta_sx_k0	1	1
spinta_dx_k0	1	1
spinta_q1k_sx	0.2	0
acc_inf	0.2	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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

sisma_H	1	1
sovraspinta_sismica	1	1

Tabella 5 – Combinazioni di carico agli SLV

Combinazioni di carico agli SLE			
	rar1	rar2	rar3
DEAD	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1
ballast	1	1	1
Ballast_H	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1
spinta_q1k_sx	1	0.8	0
acc_inf	1	0.8	0

Tabella 6 – Combinazioni di carico agli SLE.

7.6 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.

Moment 3-3 Diagram (enve_slu_nl)

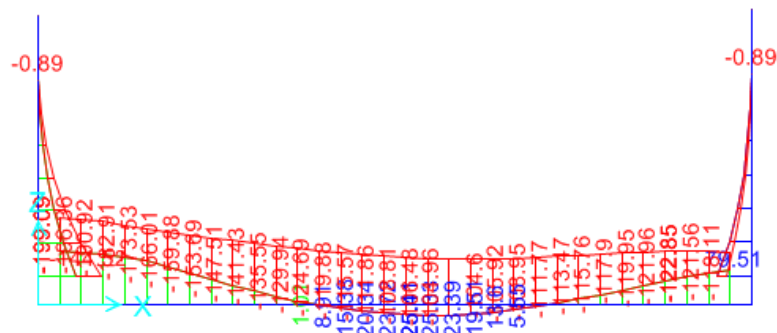


Figura 15 – Momento flettente enve-SLU.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	32 di 86

Relazione di calcolo

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slu_nl)

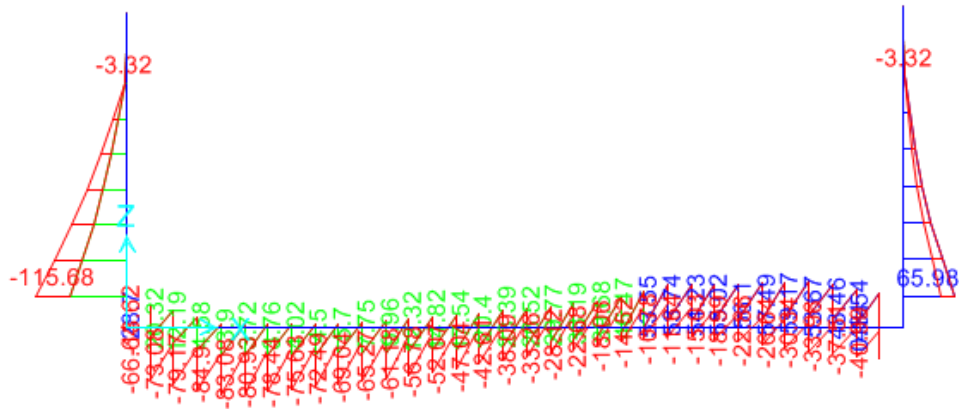


Figura 16 – Taglio enve-SLU.

Moment 3-3 Diagram (enve_slusis_nl)

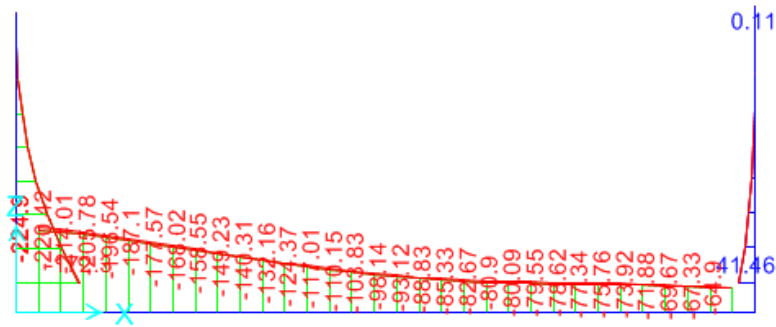


Figura 17 – Momento flettente enve-SLV.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	33 di 86

Relazione di calcolo

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slusis_nl)

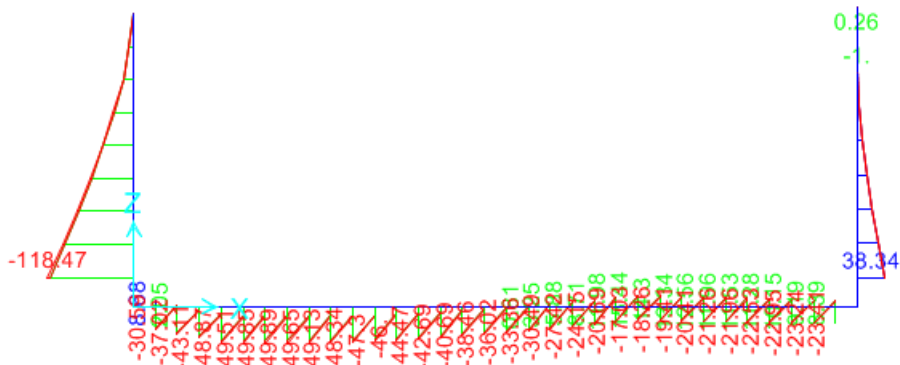


Figura 18 – Taglio enve-SLV.

Moment 3-3 Diagram (enve_sle_nl)

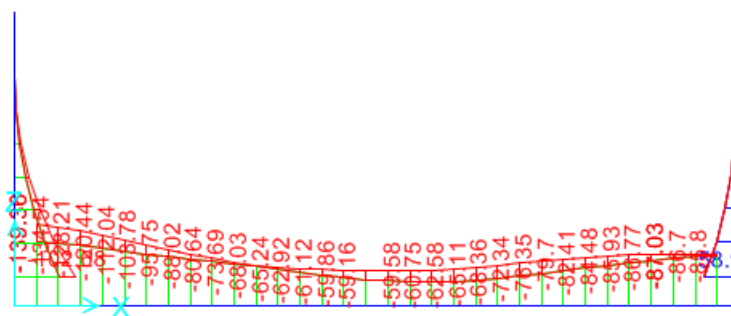


Figura 19 – Momento flettente enve-SLE.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	34 di 86

Relazione di calcolo

7.6.1 Verifica piedritto sinistro

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	-9.00	-14.12	-5.90	1	3.10	sis1
M3	min	-62.98	-118.47	-172.30	1	0.40	sis1
V2	max	-9.00	-14.12	-5.90	1	3.10	sis1
V2	min	-62.98	-118.47	-172.30	1	0.40	sis1
P	max	-9.00	-14.12	-5.90	1	3.10	sis1
P	min	-62.98	-118.47	-172.30	1	0.40	sis1

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-12.15	-2.46	-0.66	1	3.10	slu3
M3	min	-85.03	-115.68	-144.52	1	0.40	slu2
V2	max	-12.15	-2.46	-0.66	1	3.10	slu3
V2	min	-85.03	-115.68	-144.52	1	0.40	slu2
P	max	-9.00	-3.32	-0.89	1	3.10	slu1
P	min	-85.03	-115.68	-144.52	1	0.40	slu2

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	rar1
M3	min	-62.98	-82.45	-102.68	1	0.40	rar1
V2	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	rar1
V2	min	-62.98	-82.45	-102.68	1	0.40	rar1
P	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	rar1
P	min	-62.98	-82.45	-102.68	1	0.40	rar1

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	fre1
M3	min	-62.98	-78.70	-97.62	1	0.40	fre1
V2	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	fre1
V2	min	-62.98	-78.70	-97.62	1	0.40	fre1
P	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	fre1
P	min	-62.98	-78.70	-97.62	1	0.40	fre1

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	35 di 86

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	qpe
M3	min	-62.98	-63.69	-77.35	1	0.40	qpe
V2	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	qpe
V2	min	-62.98	-63.69	-77.35	1	0.40	qpe
P	max	-9.00	-2.46	-0.66	1	3.10	qpe
P	min	-62.98	-63.69	-77.35	1	0.40	qpe

7.6.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pie_d_sx

(Percorso File: \\oceanolC0J\00_lavoro\Modelli di calcolo\MU05\rc_sec_CASO1\pie_d_sx.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

C30/37

Resistenza compress. di progetto fcd:

170.00 daN/cm²

Resistenza compress. ridotta fcd':

85.00 daN/cm²

Deform. unitaria max resistenza ec2:

0.0020

Deformazione unitaria ultima ecu:

0.0035

Diagramma tensioni-deformaz.:

Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec:

328360 daN/cm²

Resis. media a trazione fctm:

29.00 daN/cm²

Coeff.Omogen. S.L.E.:

15.00

Sc limite S.L.E. comb. Rare:

165.00 daN/cm²

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:

165.00 daN/cm²

Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:

0.200 mm

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:

120.00 daN/cm²

Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:

0.200 mm

ACCIAIO -

Tipo:

B450C

Resist. caratt. a snervamento fyk:

4500.0 daN/cm²

Resist. caratt. a rottura ftk:

4500.0 daN/cm²

Resist. a snerv. di progetto fyd:

3913.0 daN/cm²

Resist. ultima di progetto ftd:

3913.0 daN/cm²

Deform. ultima di progetto Epu:

0.068

Modulo Elastico Ef:

200000 daN/cm²

Diagramma tensioni-deformaz.:

Bilineare finito

Coeff. Aderenza istant. β1*β2:

1.00

Coeff. Aderenza differito β1*β2:

0.50

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	36 di 86

Relazione di calcolo

Comb.Rare - Sf Limite:

3375.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1215	-66	-246	0
2	8503	-14452	-11568	0
3	1215	-66	-246	0
4	8503	-14452	-11568	0
5	900	-89	-332	0
6	8503	-14452	-11568	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	-66
2	6298	-10268
3	900	-66
4	6298	-10268
5	900	-66
6	6298	-10268

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	-66 (0)
2	6298	-9762 (-43774)
3	900	-66 (0)
4	6298	-9762 (-43774)
5	900	-66 (0)
6	6298	-9762 (-43774)

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

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	37 di 86

Relazione di calcolo

Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	900	-66 (0)
2	6298	-7735 (-45031)
3	900	-66 (0)
4	6298	-7735 (-45031)
5	900	-66 (0)
6	6298	-7735 (-45031)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.9 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	1215	-66	1206	-101364	1535.822	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
2	S	8503	-14452	8504	-103730	7.178	8.9	0.12	0.70	38.0 (16.0)
3	S	1215	-66	1206	-101364	1535.822	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
4	S	8503	-14452	8504	-103730	7.178	8.9	0.12	0.70	38.0 (16.0)
5	S	900	-89	913	-101269	1137.852	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
6	S	8503	-14452	8504	-103730	7.178	8.9	0.12	0.70	38.0 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00040	7.7	-0.02561	72.3
2	0.00350	0.0	0.00046	7.7	-0.02502	72.3
3	0.00350	0.0	0.00040	7.7	-0.02561	72.3
4	0.00350	0.0	0.00046	7.7	-0.02502	72.3
5	0.00350	0.0	0.00040	7.7	-0.02564	72.3
6	0.00350	0.0	0.00046	7.7	-0.02502	72.3

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	38 di 86

Relazione di calcolo

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

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 20.9 cm]
 N.Bracci staffe: 4
 Area staffe/m : 15.7 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	-246	33367	276796	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.1
2	S	-11568	34355	278278	39995	100.0 72.3	1.000	1.006	4.5
3	S	-246	33367	276796	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.1
4	S	-11568	34355	278278	39995	100.0 72.3	1.000	1.006	4.5
5	S	-332	33202	276732	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.1
6	S	-11568	34355	278278	39995	100.0 72.3	1.000	1.006	4.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1750	0.0	0.0
2	S	11.8	0.0	0.0	24.9	-339	7.7	18.4	1841	38.0	9.4
3	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1750	0.0	0.0
4	S	11.8	0.0	0.0	24.9	-339	7.7	18.4	1841	38.0	9.4
5	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1745	0.0	0.0
6	S	11.8	0.0	0.0	24.9	-339	7.7	18.4	1841	38.0	9.4

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

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	39 di 86

Relazione di calcolo

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	-0.00020	0.00009	0.50	0.60	0.000102 (0.000102)	406	0.041 (0.20)	-43545	
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0	
4	S	-0.00020	0.00009	0.50	0.60	0.000102 (0.000102)	406	0.041 (0.20)	-43545	
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0	
6	S	-0.00020	0.00009	0.50	0.60	0.000102 (0.000102)	406	0.041 (0.20)	-43545	

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	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1860	0.0	0.0
2	S	11.2	0.0	0.0	25.1	-318	7.7	18.3	1834	38.0	9.4
3	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1812	0.0	0.0
4	S	11.2	0.0	0.0	25.1	-318	7.7	18.3	1834	38.0	9.4
5	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1708	0.0	0.0
6	S	11.2	0.0	0.0	25.1	-318	7.7	18.3	1834	38.0	9.4

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
2	S	-0.00019	0.00008	0.50	0.60	0.000095 (0.000095)	405	0.039 (0.20)	-43774
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0
4	S	-0.00019	0.00008	0.50	0.60	0.000095 (0.000095)	405	0.039 (0.20)	-43774
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0
6	S	-0.00019	0.00008	0.50	0.60	0.000095 (0.000095)	405	0.039 (0.20)	-43774

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	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1827	0.0	0.0
2	S	9.0	0.0	0.0	26.3	-237	7.7	17.9	1795	38.0	9.4
3	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1685	0.0	0.0
4	S	9.0	0.0	0.0	26.3	-237	7.7	17.9	1795	38.0	9.4
5	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	1925	0.0	0.0
6	S	9.0	0.0	0.0	26.3	-237	7.7	17.9	1795	38.0	9.4

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
2	S	-0.00014	0.00007	0.50	0.40	0.000071 (0.000071)	401	0.029 (0.20)	-45031
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0
4	S	-0.00014	0.00007	0.50	0.40	0.000071 (0.000071)	401	0.029 (0.20)	-45031
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0
6	S	-0.00014	0.00007	0.50	0.40	0.000071 (0.000071)	401	0.029 (0.20)	-45031

7.6.1.2 Verifica in condizioni sismiche
DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	40 di 86

Relazione di calcolo

NOME SEZIONE: pied_sx_sisma

(Percorso File: \\oceano\C0J\00_lavoro\Modelli di calcolo\MU05\rc_sec_CASO1\pied_sx_sisma.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
 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
 Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:	C30/37
Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²

ACCIAIO -

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

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	900	-590	-1412	0
2	6298	-17230	-11847	0
3	900	-590	-1412	0
4	6298	-17230	-11847	0
5	900	-590	-1412	0
6	6298	-17230	-11847	0

RISULTATI DEL 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.9	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.9	cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	900	-590	916	-97204	164.752	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
2	S	6298	-17230	6312	-98830	5.736	20.5	0.28	0.80	38.0 (16.0)
3	S	900	-590	916	-97204	164.752	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
4	S	6298	-17230	6312	-98830	5.736	20.5	0.28	0.80	38.0 (16.0)
5	S	900	-590	916	-97204	164.752	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
6	S	6298	-17230	6312	-98830	5.736	20.5	0.28	0.80	38.0 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
2	0.00078	0.0	0.00049	7.7	-0.00196	72.3
3	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
4	0.00078	0.0	0.00049	7.7	-0.00196	72.3
5	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
6	0.00078	0.0	0.00049	7.7	-0.00196	72.3

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

Diametro staffe:	10	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 20.9 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	15.7	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	42 di 86

Relazione di calcolo

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	-1412	33202	276732	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.6
2	S	-11847	34056	277829	39995	100.0 72.3	1.000	1.005	4.7
3	S	-1412	33202	276732	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.6
4	S	-11847	34056	277829	39995	100.0 72.3	1.000	1.005	4.7
5	S	-1412	33202	276732	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.6
6	S	-11847	34056	277829	39995	100.0 72.3	1.000	1.005	4.7

7.6.2 Verifica soletta inferiore

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

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	138.70	8.39	-64.64	42	0.30	sis1
M3	min	138.70	-30.59	-224.90	12	0.00	sis1
V2	max	138.70	15.44	-75.66	33	0.30	sis1
V2	min	138.70	-49.89	-177.57	18	0.00	sis1
P	max	138.70	-30.59	-224.90	12	0.00	sis1
P	min	134.39	-28.25	-218.72	12	0.00	sis2

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	118.30	21.11	25.41	28	0.30	slu6
M3	min	138.76	-29.05	-199.09	12	0.00	slu11
V2	max	118.30	59.18	-53.52	39	0.30	slu6
V2	min	138.76	-84.90	-144.43	15	0.00	slu8
P	max	138.76	-48.53	-195.32	12	0.00	slu2
P	min	87.06	-31.31	-124.00	12	0.00	slu4

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	43 di 86

Relazione di calcolo

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	99.07	19.05	-40.66	29	0.30	rar1
M3	min	99.07	-33.80	-139.36	12	0.00	rar1
V2	max	99.07	33.89	-50.22	33	0.30	rar1
V2	min	99.07	-48.15	-120.44	15	0.00	rar1
P	max	99.07	-33.80	-139.36	12	0.00	rar1
P	min	99.07	-33.80	-139.36	12	0.00	rar1

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	94.76	19.52	-44.68	29	0.30	fre1
M3	min	94.76	-31.46	-133.19	12	0.00	fre1
V2	max	94.76	33.28	-54.64	33	0.30	fre1
V2	min	94.76	-45.51	-116.01	15	0.00	fre1
P	max	94.76	-31.46	-133.19	12	0.00	fre1
P	min	94.76	-31.46	-133.19	12	0.00	fre1

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	77.53	17.21	-59.06	27	0.30	qpe
M3	min	77.53	-22.10	-108.49	12	0.00	qpe
V2	max	77.53	30.82	-72.34	33	0.30	qpe
V2	min	77.53	-34.96	-98.29	15	0.00	qpe
P	max	77.53	-22.10	-108.49	12	0.00	qpe
P	min	77.53	-22.10	-108.49	12	0.00	qpe

7.6.2.1 Verifica in condizioni statiche

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

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	44 di 86

Relazione di calcolo

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	2541	2111	0
2	0	-19909	-2905	0
3	0	-5352	5918	0
4	0	-14443	-8490	0
5	0	-19532	-4853	0
6	0	-12400	-3131	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
---------	---	----

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	45 di 86

Relazione di calcolo

1	0	-4066
2	0	-13936
3	0	-5022
4	0	-12044
5	0	-13936
6	0	-13936

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	-4468 (-39559)
2	0	-13319 (-39559)
3	0	-5464 (-39559)
4	0	-11601 (-39559)
5	0	-13319 (-39559)
6	0	-13319 (-39559)

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	-5906 (-39559)
2	0	-10849 (-39559)
3	0	-7234 (-39559)
4	0	-9829 (-39559)
5	0	-10849 (-39559)
6	0	-10849 (-39559)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 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
--------	-----	---	----	------	-------	----------	----	-----	--------	---------

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	46 di 86

Relazione di calcolo

1	S	0	2541	-18	100966	39.735	71.3	0.12	0.70	38.0 (16.0)
2	S	0	-19909	-18	-100966	5.071	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
3	S	0	-5352	-18	-100966	18.865	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
4	S	0	-14443	-18	-100966	6.991	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
5	S	0	-19532	-18	-100966	5.169	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
6	S	0	-12400	-18	-100966	8.142	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	80.0	0.00039	72.3	-0.02571	7.7
2	0.00350	0.0	0.00039	7.7	-0.02571	72.3
3	0.00350	0.0	0.00039	7.7	-0.02571	72.3
4	0.00350	0.0	0.00039	7.7	-0.02571	72.3
5	0.00350	0.0	0.00039	7.7	-0.02571	72.3
6	0.00350	0.0	0.00039	7.7	-0.02571	72.3

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

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

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	2111	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	0.8
2	S	-2905	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.1
3	S	5918	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	2.3
4	S	-8490	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	3.3
5	S	-4853	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.9
6	S	-3131	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.2

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/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])

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	47 di 86

Relazione di calcolo

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.5	0.0	0.0	21.1	-164	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
2	S	15.4	0.0	0.0	21.1	-563	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
3	S	5.5	0.0	0.0	21.1	-203	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
4	S	13.3	0.0	0.0	21.1	-486	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
5	S	15.4	0.0	0.0	21.1	-563	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
6	S	15.4	0.0	0.0	21.1	-563	7.7	19.3	1925	38.0	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00009	0.00003	0.50	0.60	0.000049 (0.000049)	414	0.020 (0.20)	-39559
2	S	-0.00032	0.00011	0.50	0.60	0.000169 (0.000169)	414	0.070 (0.20)	-39559
3	S	-0.00012	0.00004	0.50	0.60	0.000061 (0.000061)	414	0.025 (0.20)	-39559
4	S	-0.00028	0.00010	0.50	0.60	0.000146 (0.000146)	414	0.060 (0.20)	-39559
5	S	-0.00032	0.00011	0.50	0.60	0.000169 (0.000169)	414	0.070 (0.20)	-39559
6	S	-0.00032	0.00011	0.50	0.60	0.000169 (0.000169)	414	0.070 (0.20)	-39559

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	4.9	0.0	0.0	21.1	-180	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
2	S	14.7	0.0	0.0	21.1	-538	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
3	S	6.0	0.0	0.0	21.1	-221	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
4	S	12.8	0.0	0.0	21.1	-468	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
5	S	14.7	0.0	0.0	21.1	-538	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
6	S	14.7	0.0	0.0	21.1	-538	7.7	19.3	1925	38.0	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00010	0.00004	0.50	0.60	0.000054 (0.000054)	414	0.022 (0.20)	-39559
2	S	-0.00031	0.00011	0.50	0.60	0.000161 (0.000161)	414	0.067 (0.20)	-39559
3	S	-0.00013	0.00004	0.50	0.60	0.000066 (0.000066)	414	0.027 (0.20)	-39559
4	S	-0.00027	0.00010	0.50	0.60	0.000141 (0.000141)	414	0.058 (0.20)	-39559
5	S	-0.00031	0.00011	0.50	0.60	0.000161 (0.000161)	414	0.067 (0.20)	-39559
6	S	-0.00031	0.00011	0.50	0.60	0.000161 (0.000161)	414	0.067 (0.20)	-39559

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	48 di 86

Relazione di calcolo

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	6.5	0.0	0.0	21.1	-238	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
2	S	12.0	0.0	0.0	21.1	-438	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
3	S	8.0	0.0	0.0	21.1	-292	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
4	S	10.8	0.0	0.0	21.1	-397	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
5	S	12.0	0.0	0.0	21.1	-438	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
6	S	12.0	0.0	0.0	21.1	-438	7.7	19.3	1925	38.0	9.4

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	-0.00014	0.00005	0.50	0.40	0.000072 (0.000072)	414	0.030 (0.20)	-39559
2	S	-0.00025	0.00009	0.50	0.40	0.000131 (0.000131)	414	0.054 (0.20)	-39559
3	S	-0.00017	0.00006	0.50	0.40	0.000088 (0.000088)	414	0.036 (0.20)	-39559
4	S	-0.00023	0.00008	0.50	0.40	0.000119 (0.000119)	414	0.049 (0.20)	-39559
5	S	-0.00025	0.00009	0.50	0.40	0.000131 (0.000131)	414	0.054 (0.20)	-39559
6	S	-0.00025	0.00009	0.50	0.40	0.000131 (0.000131)	414	0.054 (0.20)	-39559

7.6.2.2 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 di fondazione in combinazione sismica
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
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	49 di 86

Relazione di calcolo

Barre superiori: 10Ø22 (38.0 cm²)
 Coprif.Inf.(dal baric. barre): 7.7 cm
 Coprif.Sup.(dal baric. barre): 7.7 cm
 Coprif.Lat. (dal baric.barre): 5.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	-6464	839	0
2	0	-22490	-3059	0
3	0	-7566	1544	0
4	0	-17757	-4989	0
5	0	-22490	-3059	0
6	0	-21872	-2825	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3.1 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	-6464	5	-96927	14.995	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
2	S	0	-22490	5	-96927	4.310	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
3	S	0	-7566	5	-96927	12.811	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
4	S	0	-17757	5	-96927	5.459	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
5	S	0	-22490	5	-96927	4.310	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
6	S	0	-21872	5	-96927	4.432	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	50 di 86

Relazione di calcolo

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	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
2	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
3	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
4	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
5	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
6	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3

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

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 6.6 cm [Passo massimo di normativa = 6.7 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 15.2 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	839	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	0.3
2	S	-3059	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.2
3	S	1544	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	0.6
4	S	-4989	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	2.0
5	S	-3059	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.2
6	S	-2825	33202	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

8. MODELLO 2 H_{MAX}=5.37M

8.1.1 Codice di calcolo

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

Titolo SAP2000

Versione 21.0.2 advanced

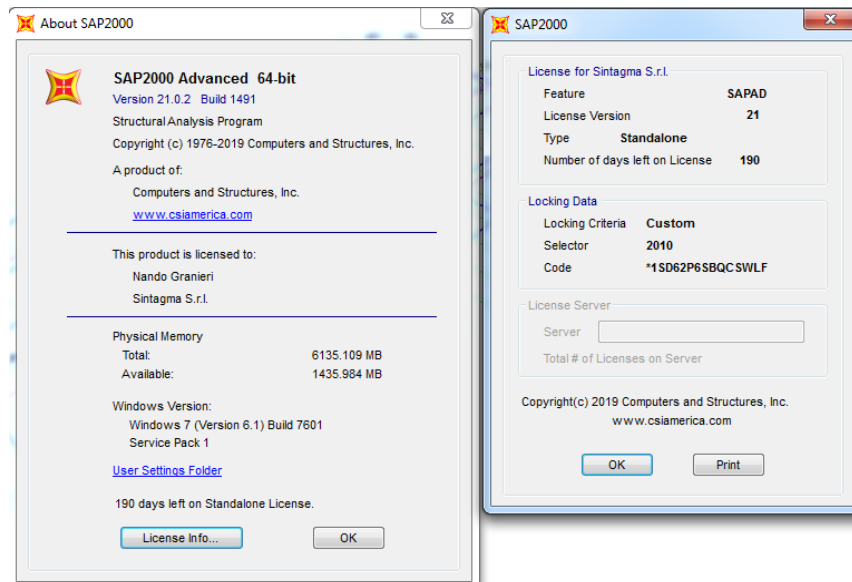
Distributore CSI Italia

8.1.2 Affidabilità dei codici di calcolo

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

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

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



 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

8.2 Modellazione semplificata

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

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

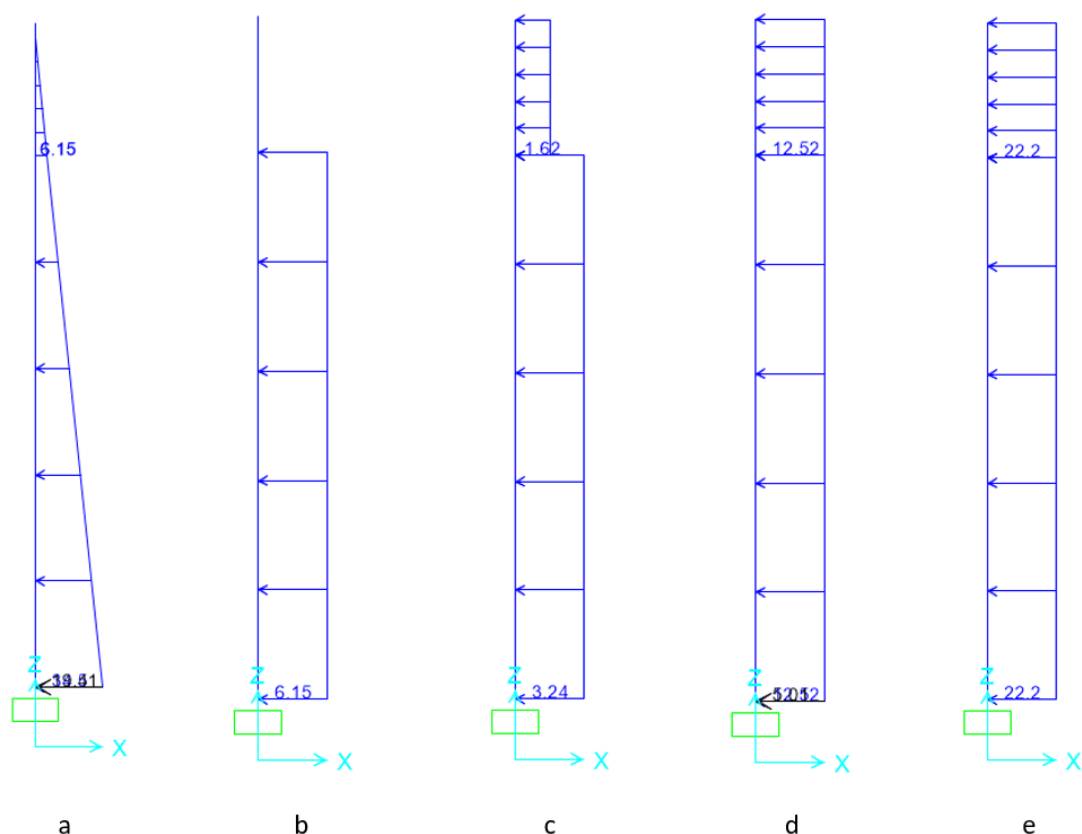


Figura 8-1 – Spinte applicate al piedritto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

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

M (SLU) = 535.01 kNm (a);

T (SLU) = 280.17 kN (b);

M (SLV) = 349.07 kNm (c);

T (SLV) = 187.21 kN (d);

M (SLE) = 375.23 kNm (e).

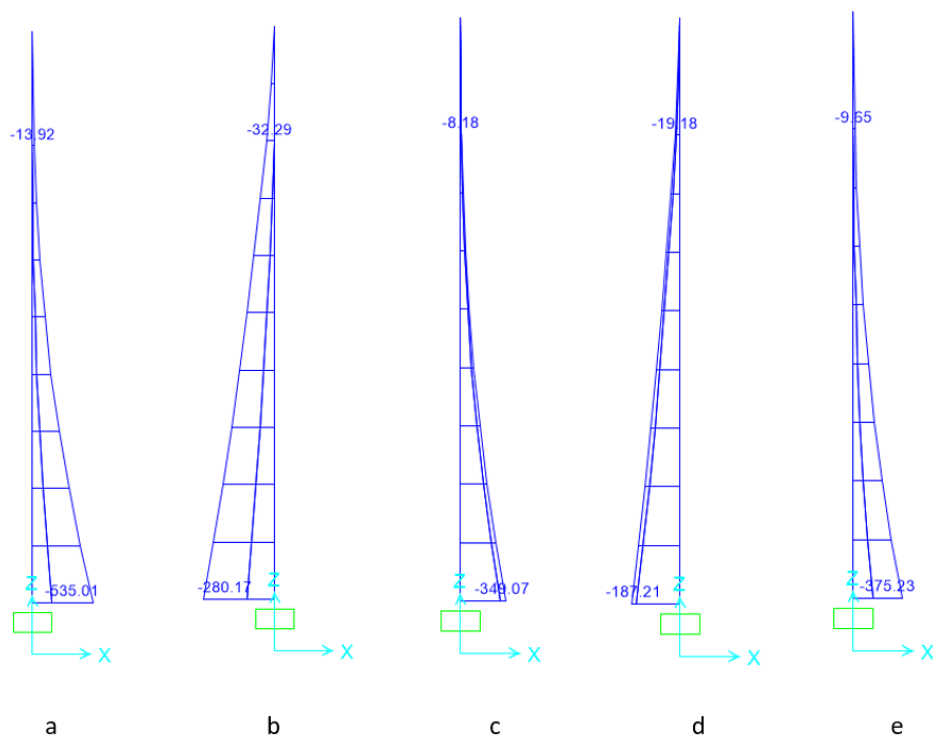


Figura 8-2 – Sollecitazioni piedritto.

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

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

8.3 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 2935 kN/m³.

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

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

dove:

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

E = modulo elastico del terreno;

v = 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	v	B	L	L/B	c_t	k_w
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m^3)
TRV	40	0.3	10.65	30	2.82	1.406	2935

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 9.05 m, l'altezza interna, a partire dal piano campagna, è pari 5.45 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 0.80 m e piedritti hanno spessore variabile (tra 0.4 e 0.8 m).

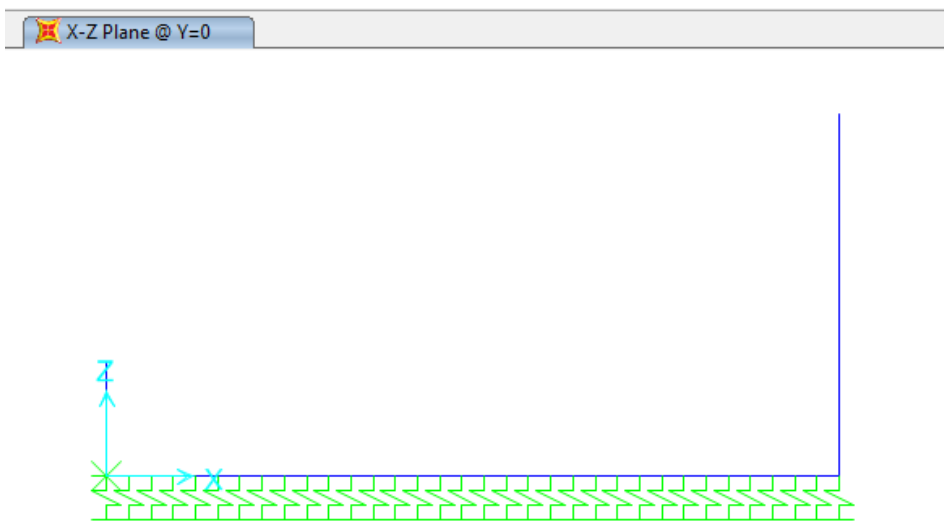


Figura 3 – Modello di calcolo.

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

8.4 Analisi dei carichi


8.4.1 *Peso proprio della struttura*

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

8.4.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
γ_3	25.00	kN/m ³
S_3	1.58	m spessore e massetto pendenze
W_3	31.60	kN/m ²

 Frame Span Loads (permanenti_soletta_inferiore) (GLOBAL CSys)

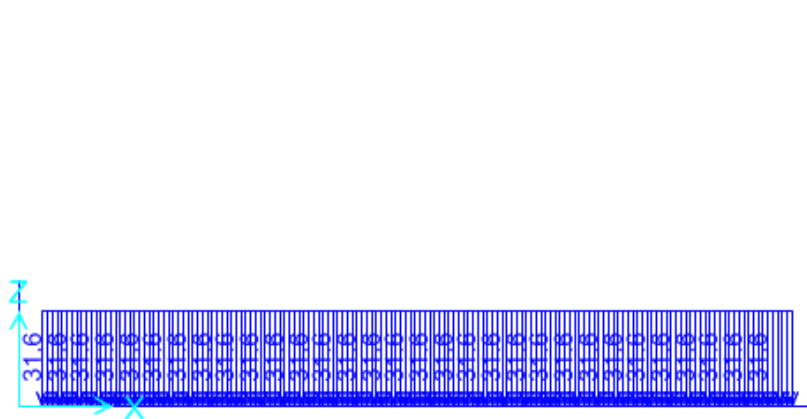


Figura 4 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

8.4.3 Ballast

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

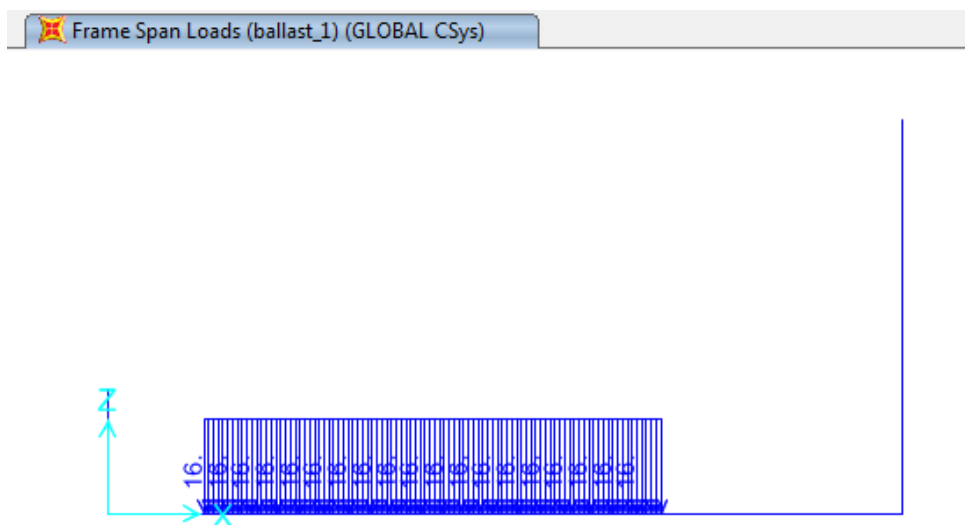


Figura 5 – Ballast.

8.4.4 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	16 kN/m ²
Δp_d	6.15 kN/m ²

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>MU 05 0 0 001</td> <td>B</td> <td>57 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	57 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	57 di 86								

Frame Span Loads (Ballast_H_2) (GLOBAL CSys)



Figura 6 – Ballast_H.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

8.4.5 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)
0	0.00
0.8	6.15
4.8	36.90
5.3	40.74

$F_{t,inf}$	19.41	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
-------------	-------	------	---

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA												
RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>MU 05 0 0 001</td> <td>B</td> <td>59 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	59 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	59 di 86								

Frame Span Loads (spinta_dx_k0_2) (GLOBAL CSys)



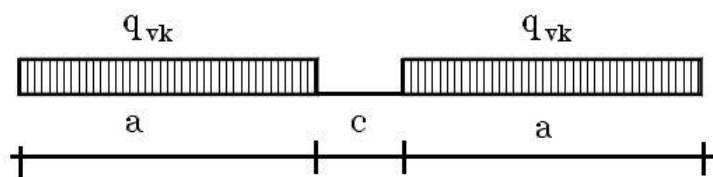
Figura 7 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

8.4.6 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare è stato considerato il treno di carico SW/2, rappresentativo del traffico pesante.

Il treno di carico SW/2 è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un’estensione di 25 m posti ad una distanza, c, di 7.0 m (Figura 9).



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

Figura 8 – Treno di carico SW/2.

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α , il cui valore è riportato nella Figura 10.

modello di carico	coefficiente di adattamento α
LM71	1.1

Figura 9 – Coefficiente di adattamento α

Trasversalmente i carichi sono stati ripartiti secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast, secondo un angolo pari all'angolo di attrito all'interno del rilevato ferroviario e secondo una pendenza di 1 a 1 all'interno della soletta in c.a.. Pertanto, alla quota del piano medio della soletta inferiore, considerando per la traversa una larghezza di 2.40 m, si ha una larghezza di ripartizione di 5.40 m.

 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

Frame Span Loads (acc_inf) (GLOBAL CSys)

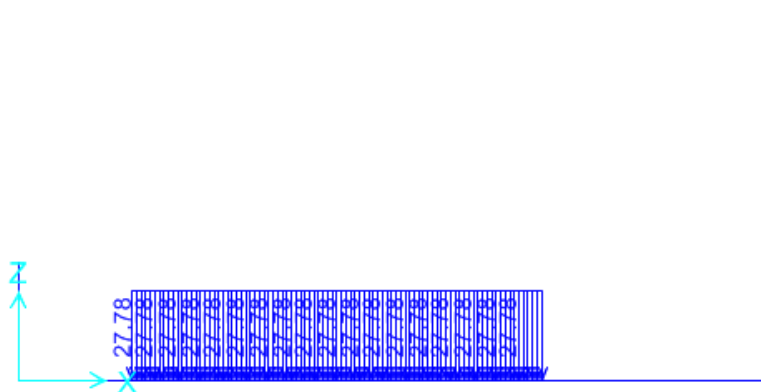


Figura 10 – Treno di carico SW/2.

8.4.7 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	
h_U	2.6 m
k_0	0.38
Δp_d	22.17 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

Frame Span Loads (spinta_Q1k_dx_2) (GLOBAL CSys)



Figura 11 – Spinta treno di carico SW/2.

8.4.8 Azione sismica

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

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

a_g	0.109	g
S_S	1.5	
S_T	1	
a_{max}	0.163	g
β_m	1	
k_h	0.163	
k_v	0.081	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.62	kN/m ²	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	3.24	kN/m ²	peso proprio s. 0.8m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	5.27	m	altezza complessiva
Δp_d	12.52	kN/m ²	incremento di spinta
F	5.01	kN/m	f. agente su metà soletta

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	64 di 86

Relazione di calcolo

Frame Span Loads (sisma_orizzontale) (GLOBAL CSys)



Figura 12 – Sisma orizzontale.

Frame Span Loads (sovraspinta_sismica) (GLOBAL CSys)



Figura 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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

8.5 Combinazioni di calcolo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuta al ballast	Ballast_H
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

Tabella 7 – Riepilogo carichi.

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	66 di 86

Relazione di calcolo

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche

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

Tabella 8 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (2/2).

Combinazioni di carico agli SLV		
	sis1	sis2
DEAD	1	1
per_sol_inf	1	1
ballast	1	1
Ballast_H	1	1
spinta_dx_k0	1	1
spinta_q1k_sx	0.2	0
acc_inf	0.2	0
sisma_H	1	1
sovraspinta_sismica	1	1

Tabella 9 – Combinazioni di carico agli SLV

Combinazioni di carico agli SLE			
	rar1	rar2	rar3
DEAD	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1
ballast	1	1	1
Ballast_H	1	1	1
spinta_dx_k0	1	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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

spinta_q1k_sx	1	0.8	0
acc_inf	1	0.8	0

Tabella 10 – Combinazioni di carico agli SLE.

8.6 Risultati e verifiche

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

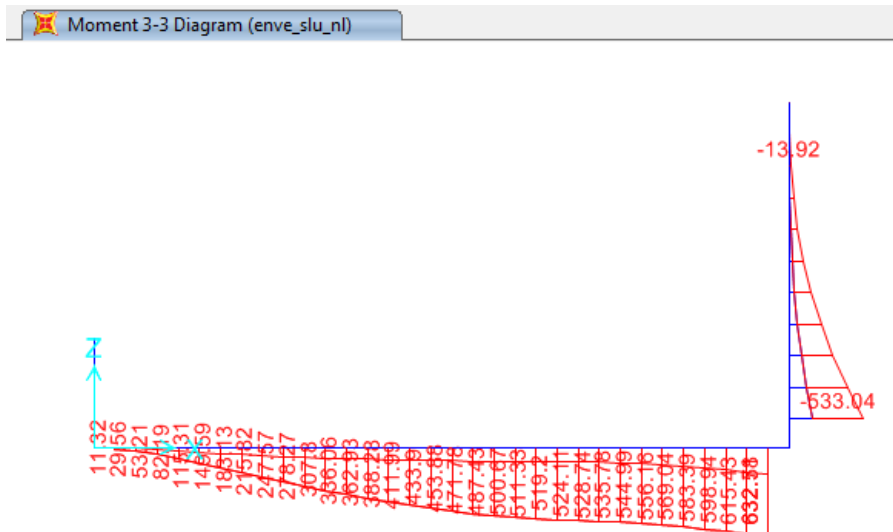


Figura 14 – Momento flettente enve-SLU.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	68 di 86

Relazione di calcolo

Shear Force 2-2 Diagram (enve_sl_u_nl)

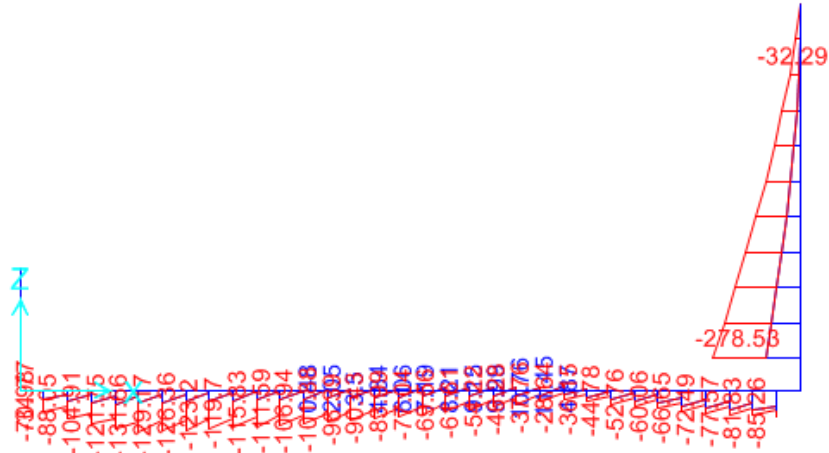


Figura 15 – Taglio enve-SLU.

Moment 3-3 Diagram (enve_slusis_nl)

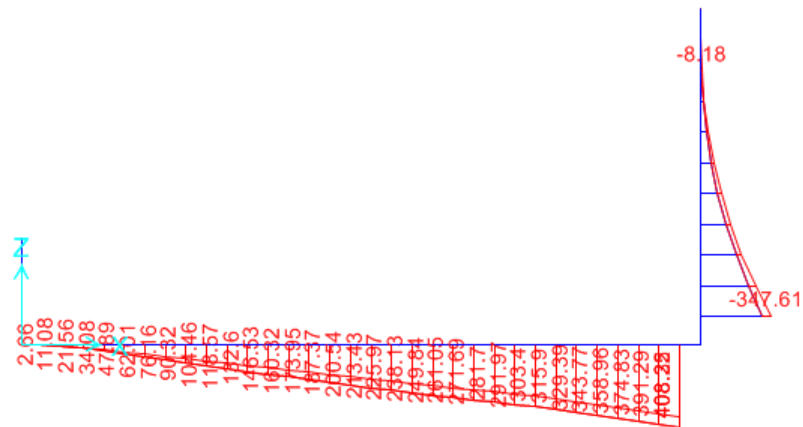


Figura 16 – Momento flettente enve-SLV.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	69 di 86

Relazione di calcolo

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slusis_nl)

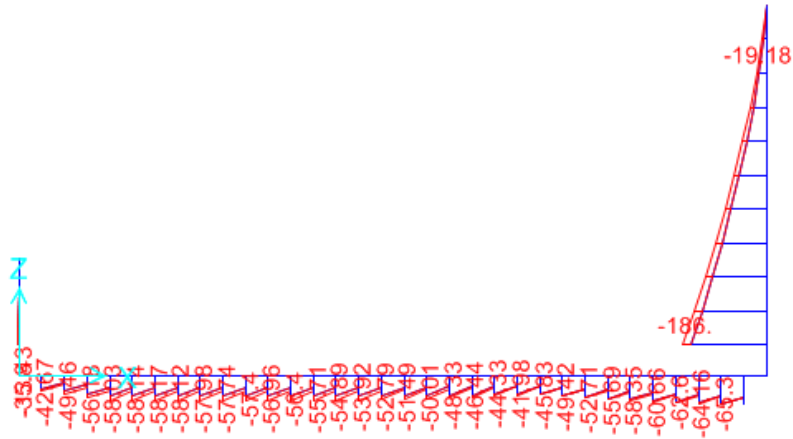


Figura 17 – Taglio enve-SLV.

Moment 3-3 Diagram (enve_sle_nl)

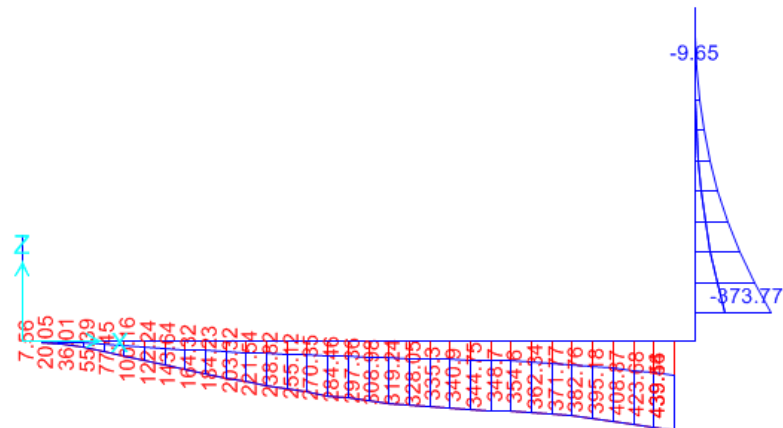


Figura 18 – Momento flettente enve-SLE.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	70 di 86

Relazione di calcolo

8.6.1 Verifica piedritto destro

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	-9.00	-15.19	-6.38	2	4.00	sis2
M3	min	-80.98	-186.00	-347.61	2	0.40	sis1
V2	max	-9.00	-15.19	-6.38	2	4.00	sis2
V2	min	-80.98	-186.00	-347.61	2	0.40	sis1
P	max	-9.00	-19.18	-8.18	2	4.00	sis1
P	min	-80.98	-186.00	-347.61	2	0.40	sis1

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-12.15	-2.46	-0.66	2	4.00	slu4
M3	min	-109.32	-278.53	-533.04	2	0.40	slu2
V2	max	-12.15	-2.46	-0.66	2	4.00	slu4
V2	min	-109.32	-278.53	-533.04	2	0.40	slu2
P	max	-9.00	-32.29	-13.92	2	4.00	slu1
P	min	-109.32	-278.53	-533.04	2	0.40	slu2

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-9.00	-2.46	-0.66	2	4.00	rar1
M3	min	-80.98	-196.46	-373.77	2	0.40	rar2
V2	max	-9.00	-2.46	-0.66	2	4.00	rar1
V2	min	-80.98	-196.46	-373.77	2	0.40	rar2
P	max	-9.00	-2.46	-0.66	2	4.00	rar1
P	min	-80.98	-96.56	-148.99	2	0.40	rar1

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-9.00	-18.44	-7.85	2	4.00	fre1
M3	min	-80.98	-176.48	-328.81	2	0.40	fre1
V2	max	-9.00	-18.44	-7.85	2	4.00	fre1
V2	min	-80.98	-176.48	-328.81	2	0.40	fre1
P	max	-9.00	-18.44	-7.85	2	4.00	fre1
P	min	-80.98	-176.48	-328.81	2	0.40	fre1

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	71 di 86

Relazione di calcolo

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-9.00	-2.46	-0.66	2	4.00	qpe1
M3	min	-80.98	-96.56	-148.99	2	0.40	qpe1
V2	max	-9.00	-2.46	-0.66	2	4.00	qpe1
V2	min	-80.98	-96.56	-148.99	2	0.40	qpe1
P	max	-9.00	-2.46	-0.66	2	4.00	qpe1
P	min	-80.98	-96.56	-148.99	2	0.40	qpe1

8.6.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied_dx

(Percorso File: \\oceanolC0J\00_lavoro\Modelli di calcolo\MU05\rc_sec_CASO2\pied_dx.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

C30/37

Resistenza compress. di progetto fcd:

 170.00 daN/cm²

Resistenza compress. ridotta fcd':

 85.00 daN/cm²

Deform. unitaria max resistenza ec2:

0.0020

Deformazione unitaria ultima ecu:

0.0035

Diagramma tensioni-deformaz.:

Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec:

 328360 daN/cm²

Resis. media a trazione fctm:

 29.00 daN/cm²

Coeff.Omogen. S.L.E.:

15.00

Sc limite S.L.E. comb. Rare:

 165.00 daN/cm²

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:

 165.00 daN/cm²

Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:

0.200 mm

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:

 120.00 daN/cm²

Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:

0.200 mm

ACCIAIO -

Tipo:

B450C

Resist. caratt. a snervamento fyk:

 4500.0 daN/cm²

Resist. caratt. a rottura ftk:

 4500.0 daN/cm²

Resist. a snerv. di progetto fyd:

 3913.0 daN/cm²

Resist. ultima di progetto ftd:

 3913.0 daN/cm²

Deform. ultima di progetto Epu:

0.068

Modulo Elastico Ef:

 2000000 daN/cm²

Diagramma tensioni-deformaz.:

Bilineare finito

Coeff. Aderenza istant. β1*β2:

1.00

Coeff. Aderenza differito β1*β2:

0.50

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	72 di 86

Relazione di calcolo

Comb.Rare - Sf Limite: 3375.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1215	-66	-246	0
2	10932	-53304	-27853	0
3	1215	-66	-246	0
4	10932	-53304	-27853	0
5	900	-1392	-3229	0
6	10932	-53304	-27853	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	-66
2	8098	-37377
3	900	-66
4	8098	-37377
5	900	-66
6	8098	-14899

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	-785 (-47725)
2	8098	-32881 (-41069)
3	900	-785 (-47725)
4	8098	-32881 (-41069)
5	900	-785 (-47725)
6	8098	-32881 (-41069)

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

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	73 di 86

Relazione di calcolo

Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	900	-66 (0)
2	8098	-14899 (-43051)
3	900	-66 (0)
4	8098	-14899 (-43051)
5	900	-66 (0)
6	8098	-14899 (-43051)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.9	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.9	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [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	-66	1206	-101364	1535.822	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
2	S	10932	-53304	10957	-104524	1.961	8.9	0.12	0.70	38.0 (16.0)
3	S	1215	-66	1206	-101364	1535.822	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
4	S	10932	-53304	10957	-104524	1.961	8.9	0.12	0.70	38.0 (16.0)
5	S	900	-1392	913	-101269	72.751	8.7	0.12	0.70	38.0 (16.0)
6	S	10932	-53304	10957	-104524	1.961	8.9	0.12	0.70	38.0 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00040	7.7	-0.02561	72.3
2	0.00350	0.0	0.00048	7.7	-0.02483	72.3
3	0.00350	0.0	0.00040	7.7	-0.02561	72.3
4	0.00350	0.0	0.00048	7.7	-0.02483	72.3
5	0.00350	0.0	0.00040	7.7	-0.02564	72.3
6	0.00350	0.0	0.00048	7.7	-0.02483	72.3

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	74 di 86

Relazione di calcolo

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

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 20.9 cm]
 N.Bracci staffe: 4
 Area staffe/m : 15.7 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	-246	33367	276796	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.1
2	S	-27853	34684	278771	39995	100.0 72.3	1.000	1.008	10.9
3	S	-246	33367	276796	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.1
4	S	-27853	34684	278771	39995	100.0 72.3	1.000	1.008	10.9
5	S	-3229	33202	276732	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	1.3
6	S	-27853	34684	278771	39995	100.0 72.3	1.000	1.008	10.9

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	0	0.0	0.0
2	S	41.6	0.0	0.0	22.2	-1410	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
3	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	0	0.0	0.0
4	S	41.6	0.0	0.0	22.2	-1410	7.7	19.3	1925	38.0	9.4
5	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	0	0.0	0.0
6	S	17.1	0.0	0.0	24.5	-504	7.7	18.6	1857	38.0	9.4

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

Ver Esito verifica
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 K2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
 sm 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.

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	75 di 86

Relazione di calcolo

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	-0.00081	0.00031	0.50	0.60	0.000423 (0.000423)	414	0.175 (0.20)	-40881		
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0		
4	S	-0.00081	0.00031	0.50	0.60	0.000423 (0.000423)	414	0.175 (0.20)	-40881		
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0		
6	S	-0.00029	0.00013	0.50	0.60	0.000151 (0.000151)	407	0.061 (0.20)	-43051		

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	0.9	0.0	0.0	32.0	-21	7.7	17.1	1708	38.0	9.4
2	S	36.7	0.0	0.0	22.4	-1228	7.7	19.2	1921	38.0	9.4
3	S	0.9	0.0	0.0	32.0	-21	7.7	17.1	1708	38.0	9.4
4	S	36.7	0.0	0.0	22.4	-1228	7.7	19.2	1921	38.0	9.4
5	S	0.9	0.0	0.0	32.0	-21	7.7	17.1	1708	38.0	9.4
6	S	36.7	0.0	0.0	22.4	-1228	7.7	19.2	1921	38.0	9.4

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.		
1	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000006 (0.000006)	392	0.002 (0.20)	-47725		
2	S	-0.00071	0.00028	0.50	0.60	0.000369 (0.000369)	413	0.152 (0.20)	-41069		
3	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000006 (0.000006)	392	0.002 (0.20)	-47725		
4	S	-0.00071	0.00028	0.50	0.60	0.000369 (0.000369)	413	0.152 (0.20)	-41069		
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000006 (0.000006)	392	0.002 (0.20)	-47725		
6	S	-0.00071	0.00028	0.50	0.60	0.000369 (0.000369)	413	0.152 (0.20)	-41069		

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	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	0	0.0	0.0
2	S	17.1	0.0	0.0	24.5	-504	7.7	18.6	1857	38.0	9.4
3	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	0	0.0	0.0
4	S	17.1	0.0	0.0	24.5	-504	7.7	18.6	1857	38.0	9.4
5	S	0.1	0.0	0.1	80.0	1	7.7	0.0	0	0.0	0.0
6	S	17.1	0.0	0.0	24.5	-504	7.7	18.6	1857	38.0	9.4

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		
2	S	-0.00029	0.00013	0.50	0.40	0.000151 (0.000151)	407	0.061 (0.20)	-43051		
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0		
4	S	-0.00029	0.00013	0.50	0.40	0.000151 (0.000151)	407	0.061 (0.20)	-43051		
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0		
6	S	-0.00029	0.00013	0.50	0.40	0.000151 (0.000151)	407	0.061 (0.20)	-43051		

8.6.1.2 Verifica in condizioni sismiche

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	76 di 86

Relazione di calcolo

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied_dx_sisma

(Percorso File: \\oceano\C0J\00_lavoro\Modelli di calcolo\MU05\rc_sec_CASO2\pied_dx_sisma.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
 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
 Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:	C30/37
Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²

ACCIAIO -

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

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	900	-638	-1519	0
2	8098	-34761	-18600	0
3	900	-638	-1519	0
4	8098	-34761	-18600	0
5	900	-818	-1918	0
6	8098	-34761	-18600	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					
	RI05 – Muro ad U in sx MU05: Relazione di calcolo	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 05 0 0 001	REV. B

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.9	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.9	cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	900	-638	916	-97204	152.357	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
2	S	8098	-34761	8081	-99363	2.858	20.7	0.29	0.80	38.0 (16.0)
3	S	900	-638	916	-97204	152.357	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
4	S	8098	-34761	8081	-99363	2.858	20.7	0.29	0.80	38.0 (16.0)
5	S	900	-818	916	-97204	118.831	20.2	0.28	0.79	38.0 (16.0)
6	S	8098	-34761	8081	-99363	2.858	20.7	0.29	0.80	38.0 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
2	0.00078	0.0	0.00049	7.7	-0.00196	72.3
3	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
4	0.00078	0.0	0.00049	7.7	-0.00196	72.3
5	0.00076	0.0	0.00047	7.7	-0.00196	72.3
6	0.00078	0.0	0.00049	7.7	-0.00196	72.3

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

Diametro staffe:	10	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 20.9 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	15.7	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	78 di 86

Relazione di calcolo

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	-1519	33202	276732	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.6
2	S	-18600	34300	278195	39995	100.0 72.3	1.000	1.006	7.3
3	S	-1519	33202	276732	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.6
4	S	-18600	34300	278195	39995	100.0 72.3	1.000	1.006	7.3
5	S	-1918	33202	276732	39995	100.0 72.3	1.000	1.001	0.8
6	S	-18600	34300	278195	39995	100.0 72.3	1.000	1.006	7.3

8.6.2 Verifica soletta inferiore

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

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-235.10	-48.68	408.22	42	0.30	sis1
M3	min	-213.35	-30.73	1.67	12	0.00	sis2
V2	max	-213.35	-15.25	8.57	12	0.30	sis2
V2	min	-235.10	-64.16	391.29	42	0.00	sis1
P	max	-213.35	-30.73	1.67	12	0.00	sis2
P	min	-235.10	-35.80	2.66	12	0.00	sis1

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-340.39	-49.44	632.58	42	0.30	slu6
M3	min	-144.87	-32.41	3.50	12	0.00	slu4
V2	max	-144.87	11.45	105.52	33	0.30	slu4
V2	min	-340.39	-131.66	115.31	16	0.00	slu6
P	max	-144.87	-32.41	3.50	12	0.00	slu4
P	min	-340.39	-70.98	11.06	12	0.00	slu2

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	79 di 86

Relazione di calcolo

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-241.35	-44.80	439.44	42	0.30	rar2
M3	min	-132.57	-24.01	2.60	12	0.00	rar1
V2	max	-132.57	2.19	98.17	33	0.30	rar1
V2	min	-241.35	-90.01	77.45	16	0.00	rar2
P	max	-132.57	-24.01	2.60	12	0.00	rar1
P	min	-241.35	-49.37	7.56	12	0.00	rar2

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-219.59	-43.55	386.40	42	0.30	fre1
M3	min	-219.59	-44.30	6.57	12	0.00	fre1
V2	max	-219.59	1.62	295.44	33	0.30	fre1
V2	min	-219.59	-78.36	67.33	16	0.00	fre1
P	max	-219.59	-44.30	6.57	12	0.00	fre1
P	min	-219.59	-44.30	6.57	12	0.00	fre1

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-132.57	-38.56	174.24	42	0.30	qpe1
M3	min	-132.57	-24.01	2.60	12	0.00	qpe1
V2	max	-132.57	2.19	98.17	33	0.30	qpe1
V2	min	-132.57	-54.04	160.35	42	0.00	qpe1
P	max	-132.57	-24.01	2.60	12	0.00	qpe1
P	min	-132.57	-24.01	2.60	12	0.00	qpe1

8.6.2.1 Verifica in condizioni statiche

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

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza:
 Normativa di riferimento:
 Tipologia sezione:
 Forma della sezione:
 Percorso sollecitazione:
 Condizioni Ambientali:
 Riferimento Sforzi assegnati:
 Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi
 N.T.C.
 Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
 Rettangolare
 A Sforzo Norm. costante
 Poco aggressive
 Assi x,y principali d'inerzia
 Zona non sismica
 Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	80 di 86

Relazione di calcolo

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	12Ø22	(45.6 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	63258	-4944	0
2	0	350	-3241	0
3	0	10552	1145	0
4	0	11531	-13166	0
5	0	350	-3241	0
6	0	1106	-7098	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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	81 di 86

Relazione di calcolo

N°Comb.	N	Mx
1	0	43944
2	0	260
3	0	9817
4	0	7745
5	0	260
6	0	756

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	38640 (40817)
2	0	657 (40817)
3	0	29544 (40817)
4	0	6733 (40817)
5	0	657 (40817)
6	0	657 (40817)

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	17424 (40817)
2	0	260 (40817)
3	0	9817 (40817)
4	0	16035 (40817)
5	0	260 (40817)
6	0	260 (40817)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.1 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
--------	-----	---	----	------	-------	----------	----	-----	--------	---------

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	82 di 86

Relazione di calcolo

1	S	0	63258	-7	120205	1.900	70.6	0.13	0.70	45.6 (16.0)
2	S	0	350	-7	120205	343.443	70.6	0.13	0.70	45.6 (16.0)
3	S	0	10552	-7	120205	11.392	70.6	0.13	0.70	45.6 (16.0)
4	S	0	11531	-7	120205	10.425	70.6	0.13	0.70	45.6 (16.0)
5	S	0	350	-7	120205	343.443	70.6	0.13	0.70	45.6 (16.0)
6	S	0	1106	-7	120205	108.685	70.6	0.13	0.70	45.6 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	80.0	0.00064	72.3	-0.02335	7.7
2	0.00350	80.0	0.00064	72.3	-0.02335	7.7
3	0.00350	80.0	0.00064	72.3	-0.02335	7.7
4	0.00350	80.0	0.00064	72.3	-0.02335	7.7
5	0.00350	80.0	0.00064	72.3	-0.02335	7.7
6	0.00350	80.0	0.00064	72.3	-0.02335	7.7

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

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

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	-4944	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.9
2	S	-3241	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.3
3	S	1145	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	0.4
4	S	-13166	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	5.2
5	S	-3241	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.3
6	S	-7098	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	2.8

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]

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	83 di 86

Relazione di calcolo

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	45.1	80.0	0.0	57.4	-1488	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
2	S	0.3	80.0	0.0	54.4	-9	72.3	19.1	1910	45.6	7.7
3	S	10.1	80.0	0.0	57.3	-332	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
4	S	8.0	80.0	0.0	57.3	-262	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
5	S	0.3	80.0	0.0	54.4	-9	72.3	19.1	1910	45.6	7.7
6	S	0.8	80.0	0.0	57.3	-26	72.3	19.1	1914	45.6	7.7

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00086	0.00034	0.50	0.60	0.000446 (0.000446)	381	0.170 (0.20)	40817
2	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.60	0.000003 (0.000003)	381	0.001 (0.20)	40817
3	S	-0.00019	0.00008	0.50	0.60	0.000100 (0.000100)	381	0.038 (0.20)	40817
4	S	-0.00015	0.00006	0.50	0.60	0.000079 (0.000079)	381	0.030 (0.20)	40817
5	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.60	0.000003 (0.000003)	381	0.001 (0.20)	40817
6	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000008 (0.000008)	381	0.003 (0.20)	40817

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	39.7	80.0	0.0	57.4	-1309	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
2	S	0.7	80.0	0.0	57.3	-22	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
3	S	30.3	80.0	0.0	57.4	-1001	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
4	S	6.9	80.0	0.0	57.3	-228	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
5	S	0.7	80.0	0.0	57.3	-22	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
6	S	0.7	80.0	0.0	57.3	-22	72.3	19.1	1914	45.6	7.7

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00076	0.00030	0.50	0.60	0.000393 (0.000393)	381	0.150 (0.20)	40817
2	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	381	0.003 (0.20)	40817
3	S	-0.00058	0.00023	0.50	0.60	0.000300 (0.000300)	381	0.114 (0.20)	40817
4	S	-0.00013	0.00005	0.50	0.60	0.000068 (0.000068)	381	0.026 (0.20)	40817
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	381	0.003 (0.20)	40817
6	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	381	0.003 (0.20)	40817

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	84 di 86

Relazione di calcolo

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	18.0	80.0	0.0	57.3	-590	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
2	S	0.3	80.0	0.0	54.4	-9	72.3	19.1	1910	45.6	7.7
3	S	10.1	80.0	0.0	57.3	-332	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
4	S	16.5	80.0	0.0	57.3	-543	72.3	19.1	1914	45.6	7.7
5	S	0.3	80.0	0.0	54.4	-9	72.3	19.1	1910	45.6	7.7
6	S	0.3	80.0	0.0	54.4	-9	72.3	19.1	1910	45.6	7.7

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	-0.00034	0.00013	0.50	0.40	0.000177 (0.000177)	381	0.068 (0.20)	40817
2	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.40	0.000003 (0.000003)	381	0.001 (0.20)	40817
3	S	-0.00019	0.00008	0.50	0.40	0.000100 (0.000100)	381	0.038 (0.20)	40817
4	S	-0.00031	0.00012	0.50	0.40	0.000163 (0.000163)	381	0.062 (0.20)	40817
5	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.40	0.000003 (0.000003)	381	0.001 (0.20)	40817
6	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.40	0.000003 (0.000003)	381	0.001 (0.20)	40817

8.6.2.2 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 di fondazione in combinazione sismica
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
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	85 di 86

Relazione di calcolo

Barre inferiori:	12Ø22	(45.6 cm ²)
Barre superiori:	10Ø22	(38.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.7	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	40822	-4868	0
2	0	167	-3073	0
3	0	857	-1525	0
4	0	39129	-6416	0
5	0	167	-3073	0
6	0	266	-3580	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.9	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.1	cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	40822	-29	115410	2.827	58.1	0.30	0.82	45.6 (16.0)
2	S	0	167	-29	115410	691.076	58.1	0.30	0.82	45.6 (16.0)
3	S	0	857	-29	115410	134.667	58.1	0.30	0.82	45.6 (16.0)
4	S	0	39129	-29	115410	2.949	58.1	0.30	0.82	45.6 (16.0)
5	S	0	167	-29	115410	691.076	58.1	0.30	0.82	45.6 (16.0)
6	S	0	266	-29	115410	433.871	58.1	0.30	0.82	45.6 (16.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

RI05 – Muro ad U in sx MU05:

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 05 0 0 001	B	86 di 86

Relazione di calcolo

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	0.00085	80.0	0.00055	72.3	-0.00196	7.7
2	0.00085	80.0	0.00055	72.3	-0.00196	7.7
3	0.00085	80.0	0.00055	72.3	-0.00196	7.7
4	0.00085	80.0	0.00055	72.3	-0.00196	7.7
5	0.00085	80.0	0.00055	72.3	-0.00196	7.7
6	0.00085	80.0	0.00055	72.3	-0.00196	7.7

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

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 6.6 cm [Passo massimo di normativa = 6.7 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 15.2 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	-4868	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.9
2	S	-3073	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.2
3	S	-1525	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	0.6
4	S	-6416	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	2.5
5	S	-3073	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.2
6	S	-3580	35283	276549	38783	100.0 72.3	1.000	1.000	1.4