

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)

Opere di sostegno variante linea storica

RI51: Muro ad U MU51

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 CL MU5100 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Gen-2020	M.Arcangeli	Gen-2020	A.Barreca	Gen-2020	F.Arduini
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Apr-2020	M.Arcangeli	Apr-2020	A.Barreca	Apr-2020	0

ITALFERR S.p.A.
Direzione Tecnica
Infrastrutture Centro
Dott. Ing. Fabrizio Arduini
Aut. del 12/04/2020 n. 4038/2020

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

1.	PREMESSA	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
2.	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	7
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4.	MATERIALI	8
4.1	CALCESTRUZZO MURI	8
4.2	ACCIAIO D'ARMATURA	9
4.3	VERIFICA S.L.E.	10
4.3.1	<i>Verifica tensioni</i>	10
4.3.2	<i>Verifica a fessurazione</i>	11
5.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	12
6.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	14
6.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	14
6.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	14
7.	MURO AD U TIPO 2 H _{MAX} =5.00M	17
7.1	MODELLAZIONE ADOTTATA	17
7.2	ANALISI DEI CARICHI	20
7.2.1	<i>Peso proprio della struttura</i>	20
7.2.2	<i>Carichi permanenti portati</i>	20
7.2.3	<i>Ballast</i>	21
7.2.4	<i>Spinta del terreno e dell'acqua</i>	22
7.2.5	<i>Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore</i>	24
7.2.6	<i>Sovraccarico accidentale a tergo dell'opera</i>	25
7.2.7	<i>Azione sismica</i>	26
7.3	COMBINAZIONI DI CALCOLO	29
7.4	RISULTATI E VERIFICHE	31

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	2 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

7.4.1	Verifica piedritti s.0.8m.....	34
7.4.2	Verifica piedritti s.0.4m.....	41
7.4.3	Verifica soletta inferiore.....	47
8.	MURO AD U TIPO 1 H _{MAX} =6.75M	57
8.1	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	57
8.2	ANALISI DEI CARICHI	60
8.2.1	Peso proprio della struttura.....	60
8.2.2	Carichi permanenti portati.....	60
8.2.3	Ballast.....	61
8.2.4	Spinta del terreno e dell'acqua	62
8.2.5	Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore.....	64
8.2.6	Sovraccarico accidentale a tergo dell'opera	65
8.2.7	Azione sismica	66
8.3	COMBINAZIONI DI CALCOLO	69
8.4	RISULTATI E VERIFICHE	71
8.4.1	Verifica piedritti s.1.2m.....	74
8.4.2	Verifica piedritti s.0.8m.....	83
8.4.3	Verifica piedritti s.0.4m.....	90
8.4.4	Verifica soletta inferiore.....	96
9.	TABELLA INCIDENZA ARMATURE	106

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	3 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo della Direttrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania, tratta Caltanissetta Xirbi – Enna (lotto 4a).

1.1 Descrizione dell'opera

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche del muro a U MU51 della GA51, che si sviluppa per circa 36 m, dalla progressiva 1+399.00 km alla progressiva 1+435.00 km.

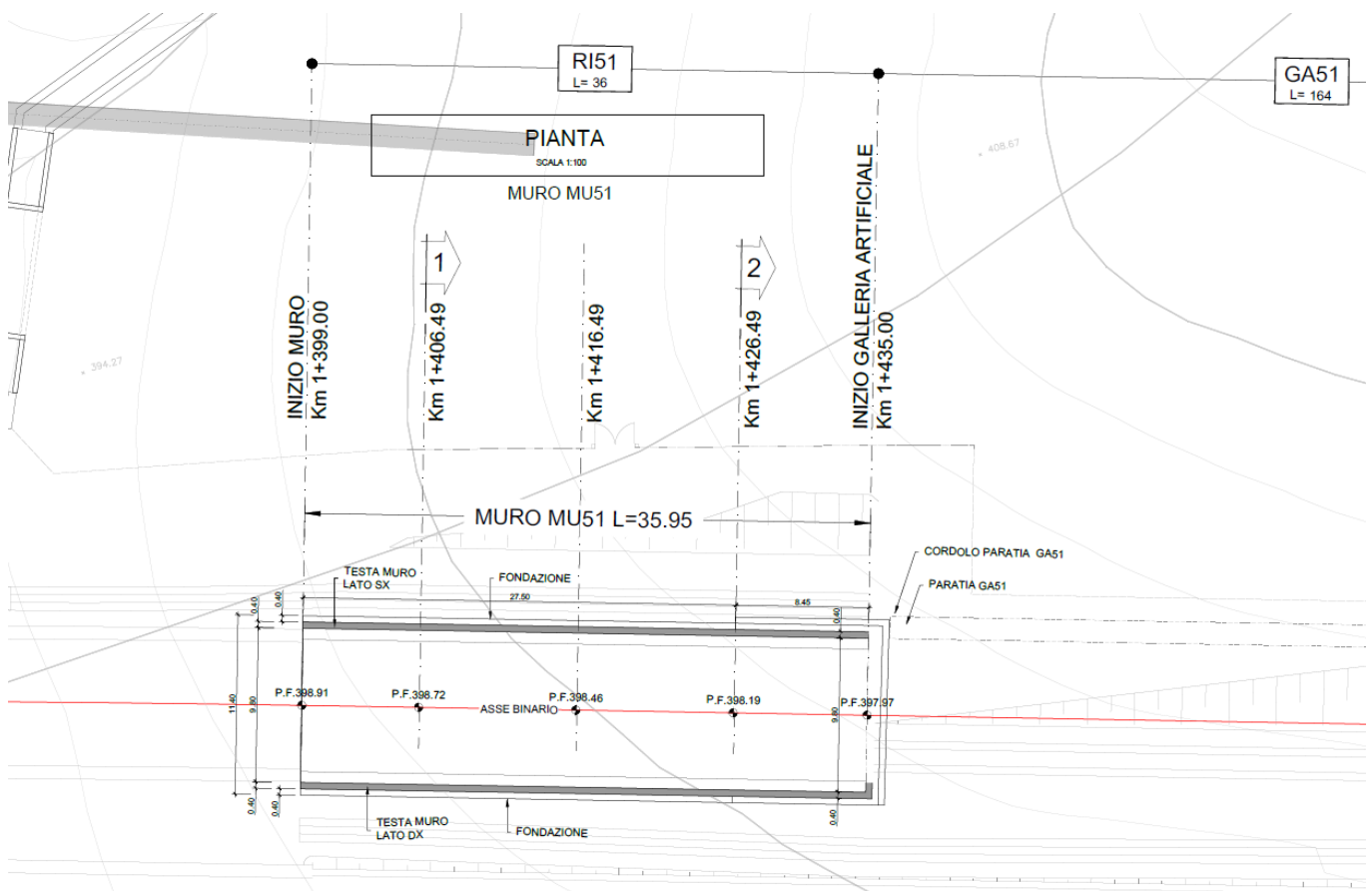


Figura 1-1 – RI51: Muro a U MU51 – Pianta.

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	4 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

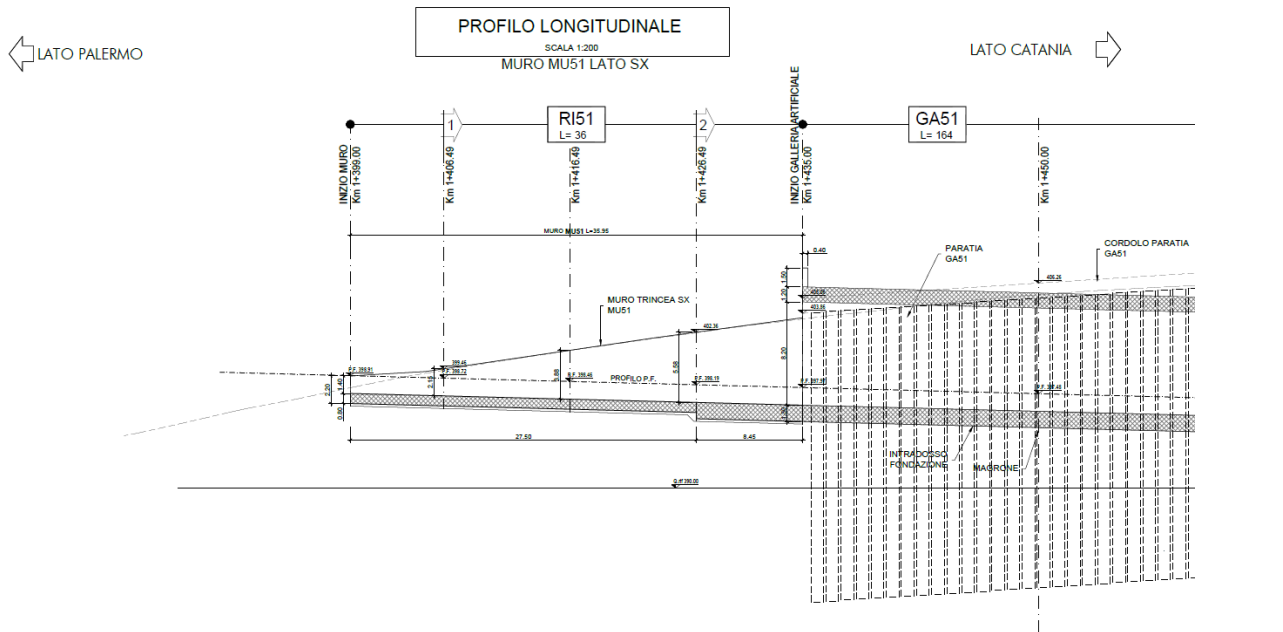


Figura 1-2 – RI51: Muro a U MU51 – Prospetto lato sx.

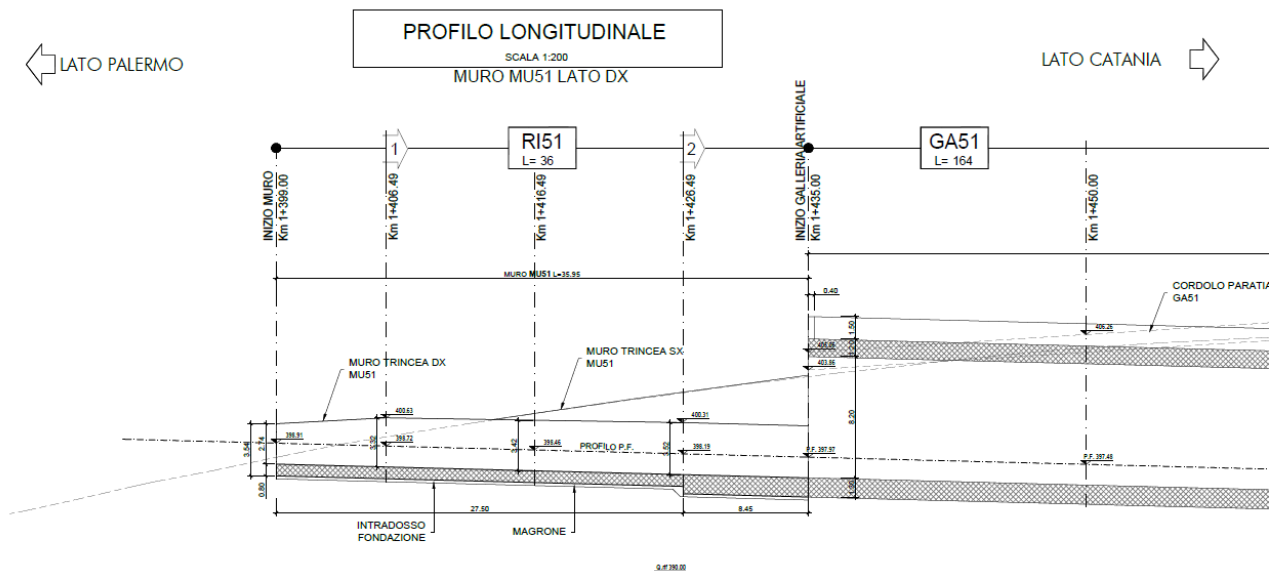


Figura 1-3 – RI51: Muro a U MU51 – Prospetto lato dx.

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	5 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Sono state analizzate le due sezioni tipologiche presenti.

La prima presenta un'altezza massima di 5.00 m e lo spessore dei piedritti allo spiccato e della soletta di fondo è pari a 0.80 m.

La seconda è caratterizzata da un'altezza massima (distanza p.c. – estradosso soletta) di 6.75 m, lo spessore dei piedritti allo spiccato è pari a 1.20 m e la soletta di fondo ha spessore di 1.30 m.

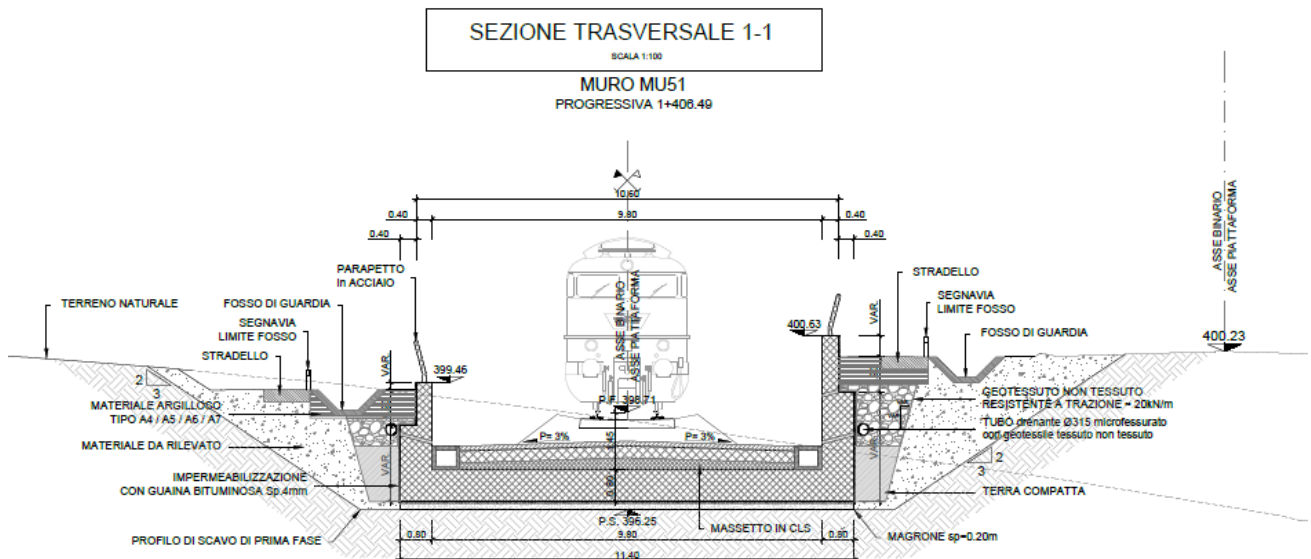


Figura 1-4– RI51: Muro a U MU51 – Sezione 1.

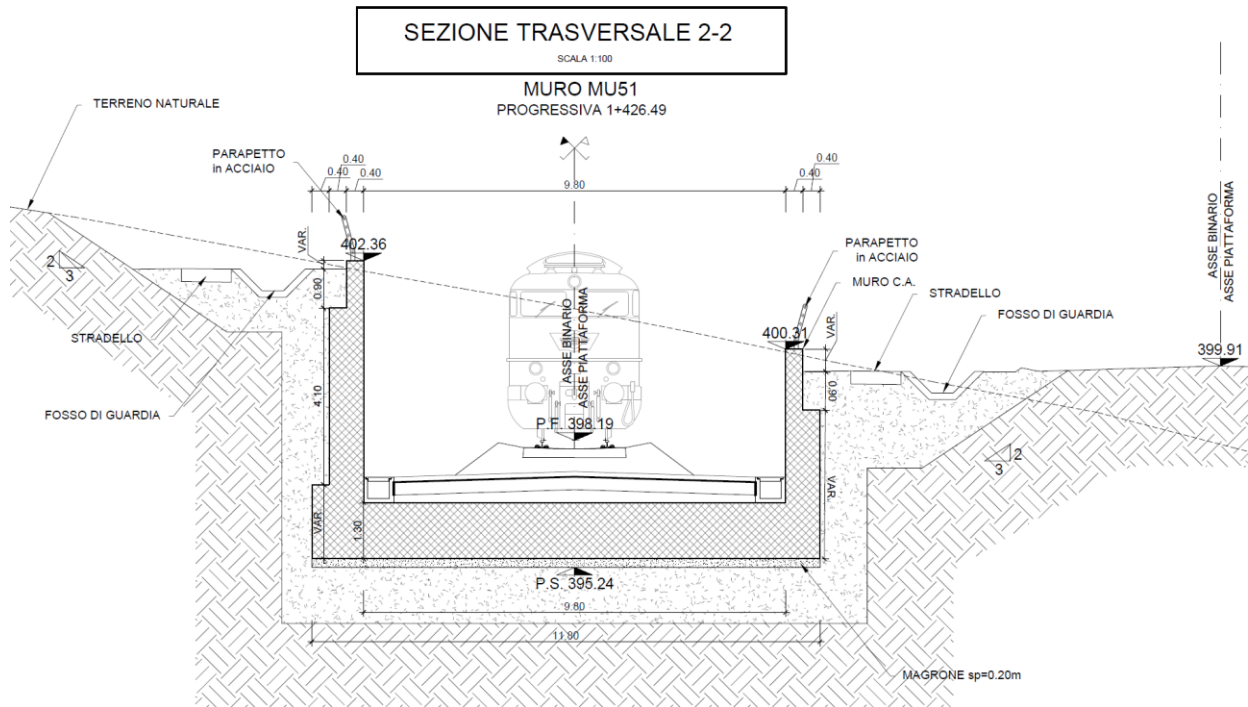


Figura 1-5 – RI51: Muro a U MU51 – Sezione 2.

Il muro tipo 1 è stato armato come segue:

- piedritto con spessore $s=0.8$ m: 5+10 ϕ 26;
- piedritto con spessore $s=0.4$ m: 5+10 ϕ 26;
- soletta con spessore $s=0.80$ m: 10+10 ϕ 26;

Il muro tipo 2 è stato armato come segue:

- piedritto con spessore $s=1.20$ m: 10+15 ϕ 26;
- piedritto con spessore $s=0.8$ m: 5+10 ϕ 26;
- piedritto con spessore $s=0.4$ m: 5+10 ϕ 26;
- soletta con spessore $s=1.30$ m: 10+10 ϕ 26;

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

In accordo con la Normativa vigente, al fine di valutare i parametri di azione sismica dell'area, si utilizzano le seguenti coordinate: lat = 37.535531 e long. = 14.071627.

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

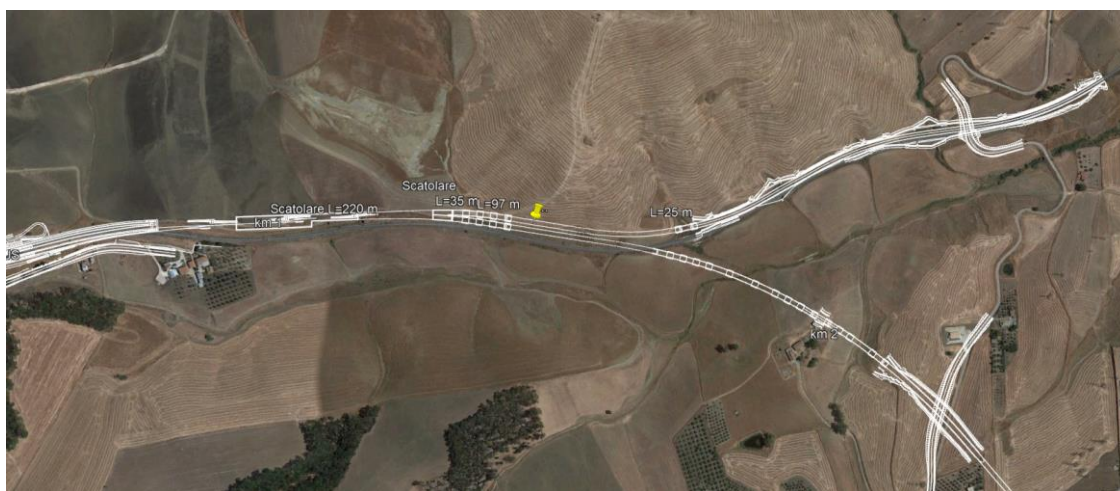


Figura 2-1. Posizione Geografica del tratto interessato : RI51

Nel seguito si mostrano le principali verifiche strutturali e geotecniche delle opere di sostegno provvisionali secondo normativa NTC2018.

3. 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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	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:

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

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

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

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

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

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

CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC 2018

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

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

Diametro staffe: 10 [mm]

Classe Calcestruzzo: C32/40

Condizioni ambientali: Aggressive

Vita nominale costruzione: 75 [anni]

Tolleranza di posa: 10 [mm]

Copriferro staffe:

Copriferro minimo c_{min} : 50 [mm]

Copriferro nominale Netto Staffe: 60 [mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 70 [mm]

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 83 [mm]

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:

$f_{y, nom}$ 450 N/mm²

$f_{t, nom}$ 540 N/mm²

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	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):

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	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) $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

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. Da un'analisi dei dati a disposizione emerge che lo strato di terreno sul quale verrà impostato il piano di posa della fondazione dei muri di sostegno è caratterizzato dai valori dei parametri di calcolo riportati in Tabella. Per quanto riguarda i parametri meccanici assunti nel calcolo si sono considerati i valori medi dell'intervallo di variabilità riportato nel profilo geotecnico.

Lo strato di coltre viene trascurato dato lo spessore inferiore a 0.5 m.

U.G.	da	a	γ	c'	c_u	ϕ'	E_{op}
[-]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]
TRV	0	40	21	24	200	19	150

in cui:

γ = peso specific del terreno;

c'_k = coesione efficace;

c_u = coesione non drenata;

ϕ'_k = angolo d'attrito efficace;

E'_{op} = modulo di Young

La falda è posta ad una profondità pari a 3.20 metri dal piano campagna.

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

RI51 – MURI AD U MU51
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	13 di 106

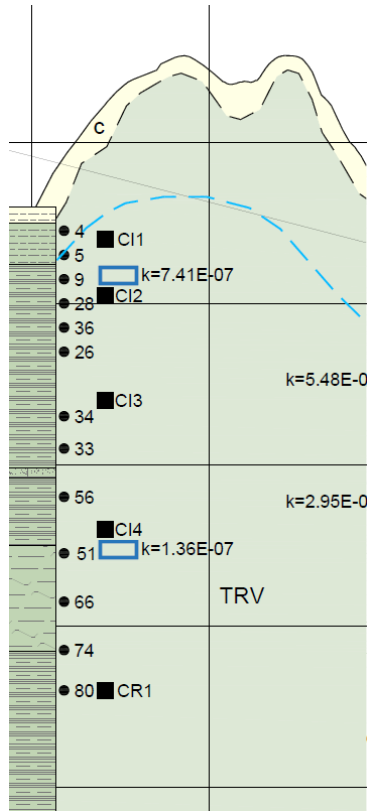


Figura 5-1. Stralcio profilo geotecnico.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	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.

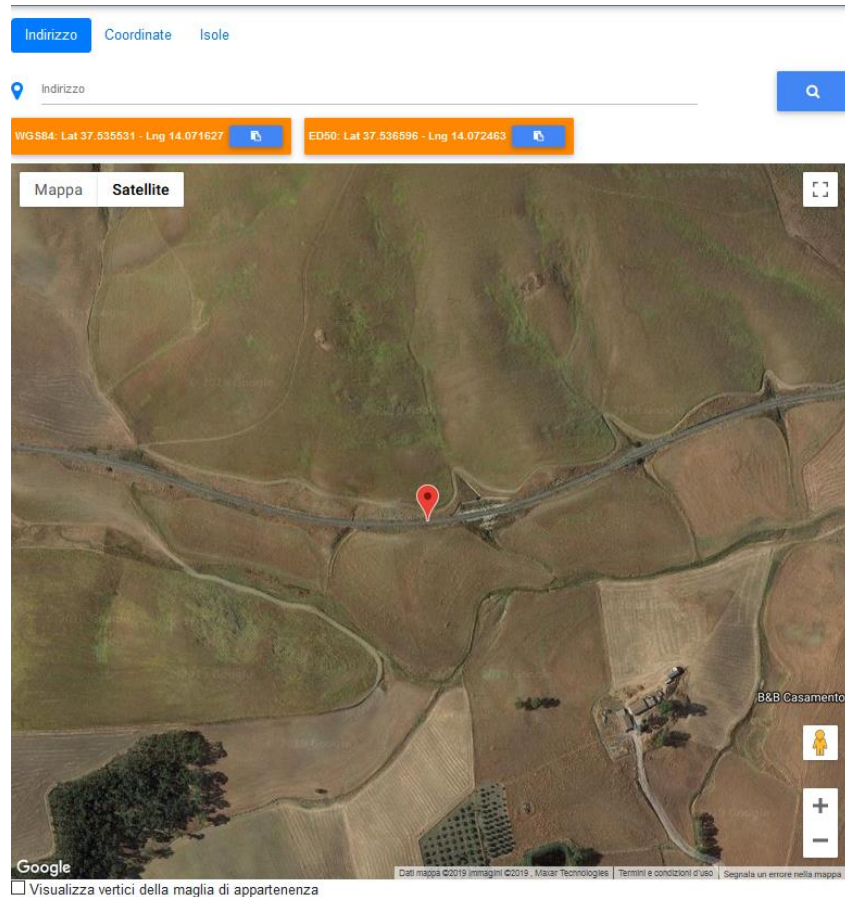
Categoria sottosuolo C

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


RI51 – MURI AD U MU51

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	15 di 106




Stati limite

 Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

 Vita Nominale

75

 Interpolazione

Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	68	0.040	2.517	0.287
Danno (SLD)	113	0.049	2.503	0.320
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.098	2.651	0.470
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.119	2.729	0.523
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	112.5			

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

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;

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) us (m)

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,53	1,35	1,30
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.030	0.043
kv	0.006	0.007	0.015	0.021
Amax [m/s ²]	0.587	0.714	1.448	1.756
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

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

7.1 Modellazione adottata

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

La costante di Winkler si calcola tramite la formula:

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

con:

$E = 100 \text{ MPa}$ modulo elastico del terreno

$\nu = 0.4$ Coefficiente di Poisson del terreno

$$E' = \frac{1 - \nu^2}{E} = 0.0084$$

$$I_s = I_1 + \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} I_2 = 0.216 \quad \text{Coefficiente di Steinbrenner}$$

$IF = 0.70$ Coefficiente di forma

$$I_1 = \frac{1}{\pi} \left[M \ln \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{M^2 + N^2}}{M (1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \ln \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right] = 0.177$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \tan^{-1} \frac{M}{N \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} = 0.124$$

$B = 12.2 \text{ m}$ Larghezza della soletta di fondo

$B' = B/2 = 6.1 \text{ m}$ per I_i relativi al centro

$N = H/B' = 2.00 \text{ m}$

$M = L'/B' = 2.46 \text{ m}$

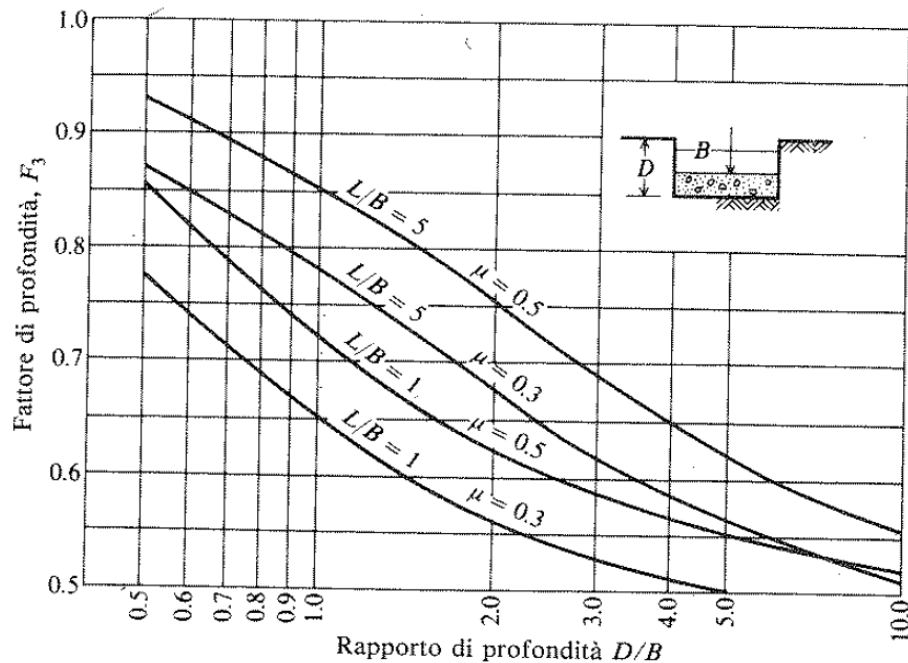


Figura 2– Coefficiente di influenza I_F per una fondazione collocata a profondità D

Sostituendo i valori nella formula precedente si ricava $k = 26000 \text{ kN/m}^3$. La costante elastica viene applicata ai nodi dell'elemento frame con cui viene modellata la soletta di fondo differenziando la rigidità delle molle dei nodi centrali da quelli laterali e da quelli di spigolo.

n	18	numero di elementi di divisione della soletta inf.
ks	26000 kN/m^3	
Lint	9.8 m	larghezza interna dello scatolare
Sp	1.2 m	spessore dei piedritti
<u>RIGIDEZZA MOLLE CENTRALI</u>		
K_{centrali}	15888.89 kN/m	
<u>RIGIDEZZA MOLLE DI SPIGOLO</u>		
K_{spigolo}	47088.89 kN/m	
<u>RIGIDEZZA MOLLE INTERMEDIE</u>		
$K_{\text{intermedie}}$	23833.33 kN/m	

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA												
RI51 – MURI AD U MU51 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>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>MU5100001</td> <td>B</td> <td>19 di 106</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	19 di 106
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	19 di 106								

La dimensione interna è di 9.80 m, l'altezza interna, a partire dal piano campagna, è pari 5.00 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 0.80 m e i piedritti hanno spessore variabile.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera .

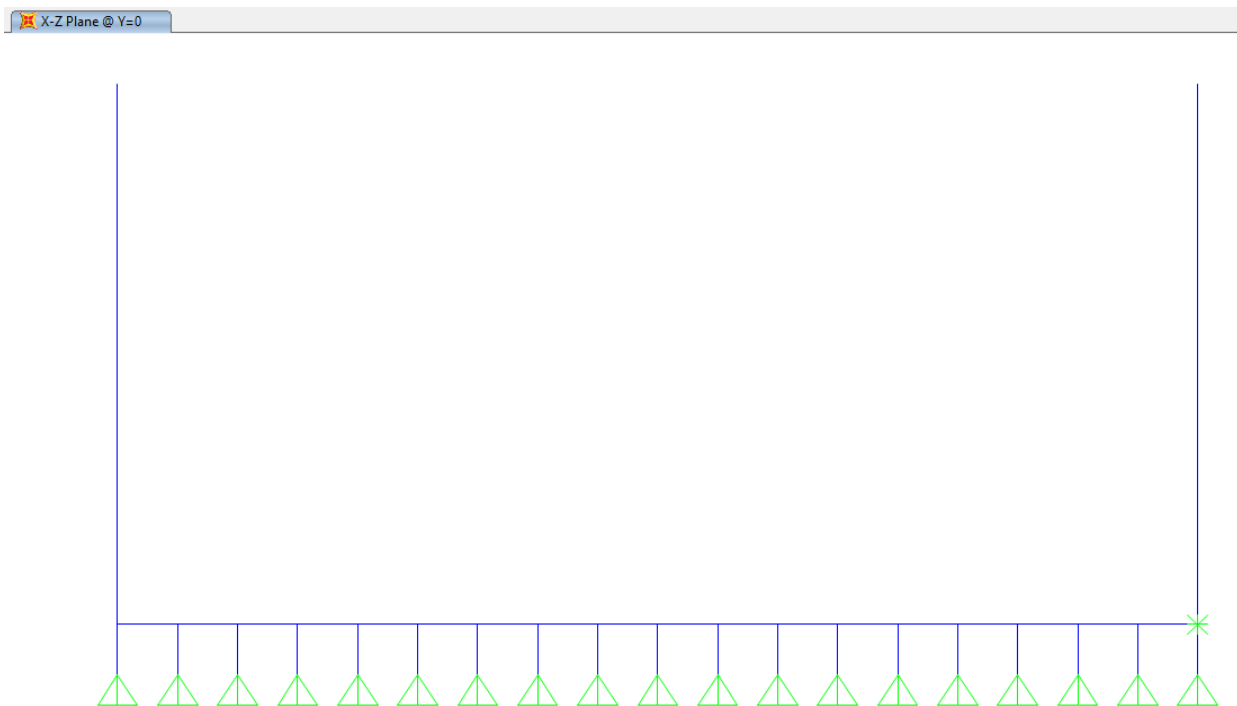


Figura 3 – Modello di calcolo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

7.2 Analisi dei carichi

7.2.1 *Peso proprio della struttura*

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

7.2.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
γ_3	25.00	kN/m ³
S_3	0.70	m
W_3	17.50	kN/m ²
spessore e massetto pendenze		

Frame Span Loads (permanenti_soletta_inferiore) (GLOBAL CSys)

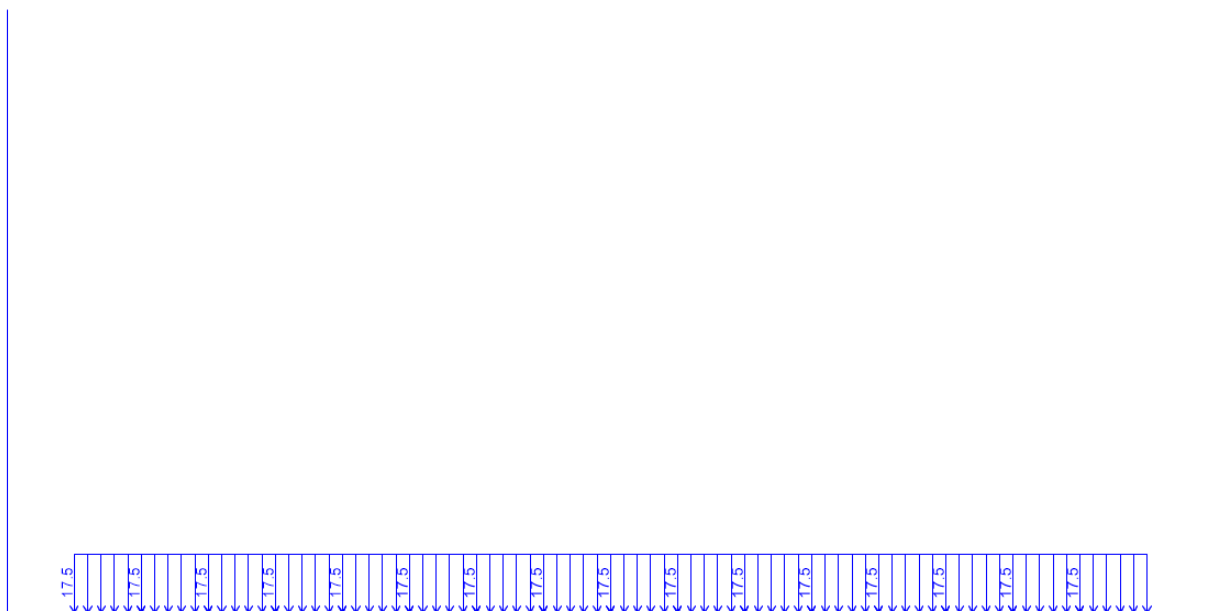


Figura 4 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B	FOGLIO 21 di 106

7.2.3 Ballast

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

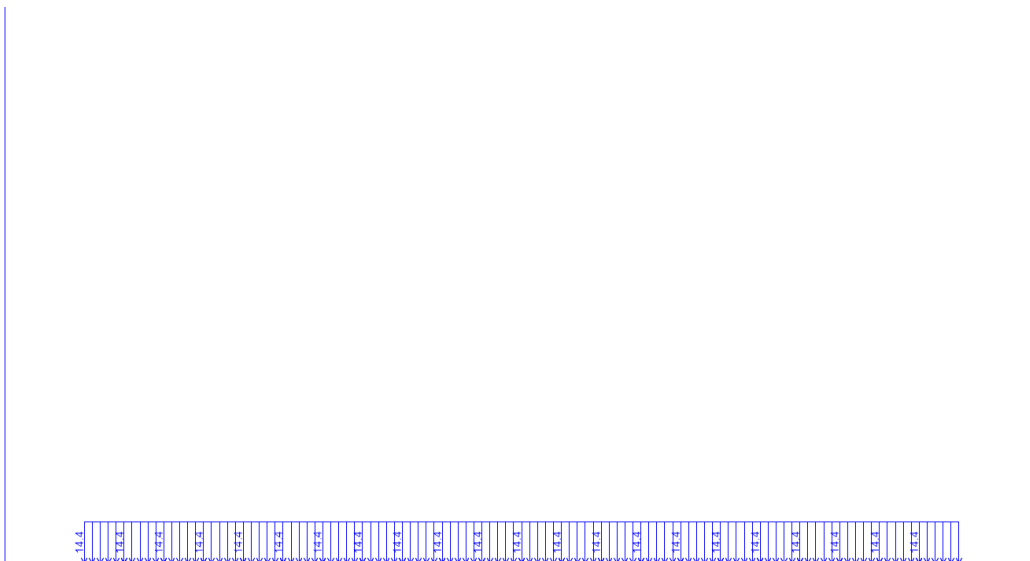


Figura 5 – Ballast.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

7.2.4 Spinta del terreno e dell'acqua

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

SPINTA RIPOSO E SPINTA H ₂ O			
γ_t	21.00	kN/m ³	peso specifico terreno
Φ'_k	20	°	angolo attrito caratteristico
Φ'_d	20	°	angolo attrito di progetto
k_0	0.66	-	
γ_w	10.00	kN/m ³	peso H ₂ O
h_w	14.00	m	quota H ₂ O rispetto p.c.

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m ²)	σ_w (kN/m ²)
0	0.00	0.00
0.9	12.44	0.00
5.4	74.61	0.00
5.8	80.14	0.00

$F_{t,inf}$	30.95	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
$F_{w,inf}$	0.00	kN/m	spinta H ₂ O su metà spessore soletta inferiore

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

Frame Span Loads (spinta_sx_k0) (GLOBAL CSys)

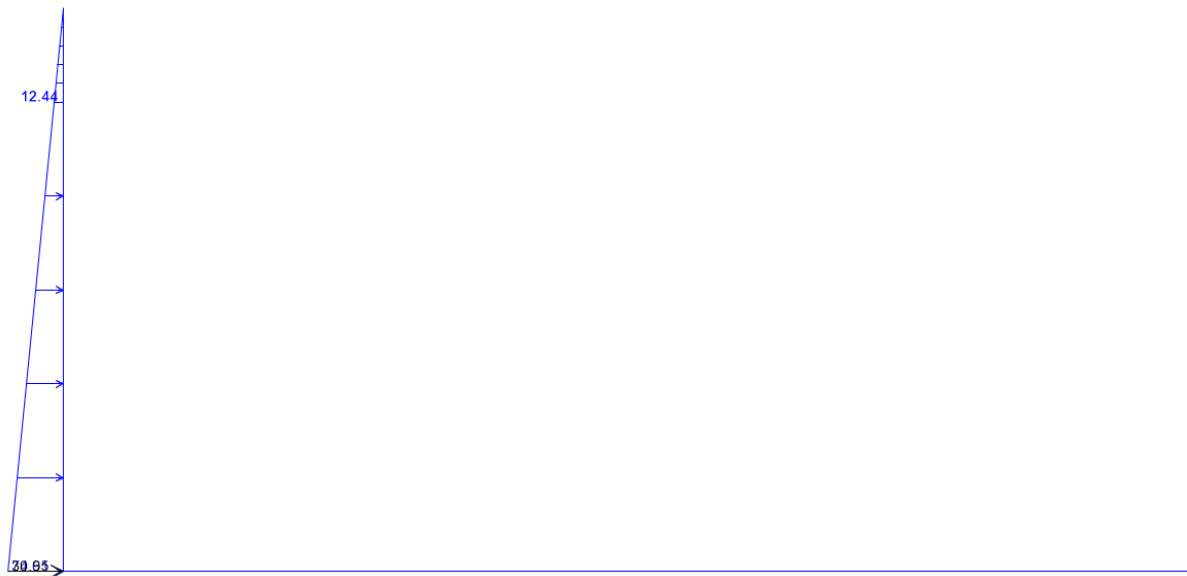


Figura 6 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

Frame Span Loads (spinta_dx_k0) (GLOBAL CSys)

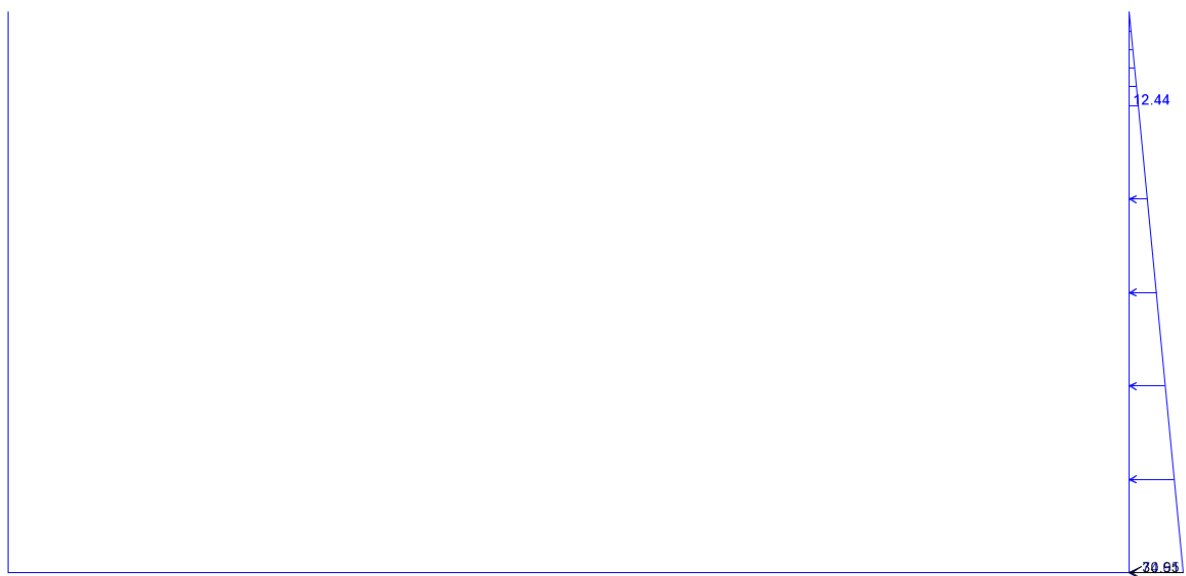


Figura 7 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

7.2.5 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare è stato considerato il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 25, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

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

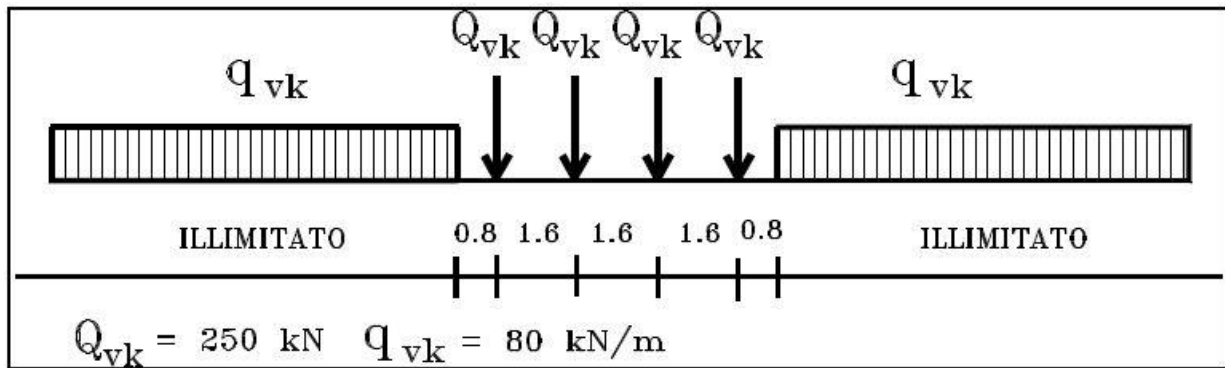


Figura 14 – Treno di carico LM71

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α , il cui valore è riportato nella Figura 32.

modello di carico	coefficiente di adattamento α
LM71	1.1

Figura 15 – Coefficiente di adattamento α

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

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{r'} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.7 + 0.8/2) \cdot 2 = 4.78 \text{ m}$$

I carichi utilizzati sono riepilogati nella Tabella seguente:

Carico variabile verticale agente alla quota del piano medio della soletta inferiore agente su L_d	
LM71	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d = 35.99 \text{ kN/m}^2$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

Frame Distributed Loads (accidentale_inferiore)

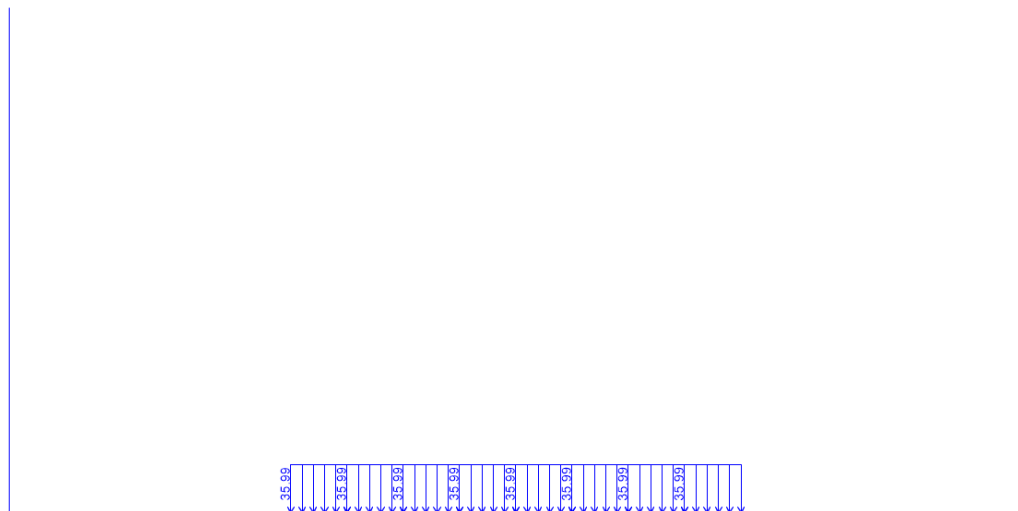


Figura 16 – Treno di carico LM71 singolo binario.

7.2.6 Sovraccarico accidentale a tergo dell'opera

incremento spinta dovuto al sovraccarico accidentale			
q_{1k}	9	kN/m^2	carico distribuito esterno
σ_h	5.92	kN/m^2	
F_{inf}	2.37	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

Frame Span Loads (spinta_Q1k_sx) (GLOBAL CSys)

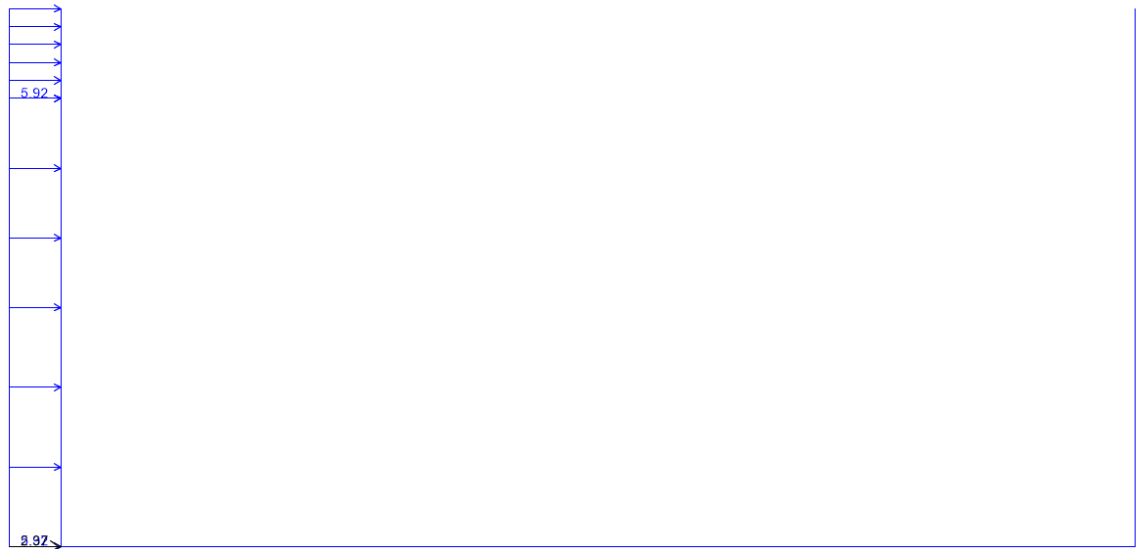


Figura 17 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sovraccarico accidentale.

7.2.7 Azione sismica

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

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

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

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

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

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

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

a_g	0.098	g
S_S	1.5	
S_T	1	
a_{max}	0.147	g
β_m	1	
k_h	0.147	
k_v	0.074	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.47	kN/m ²	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	2.94	kN/m ²	peso proprio s. 0.8m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	8.05	m	altezza complessiva
Δp_d	24.85	kN/m ²	incremento di spinta

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>					
	<p>RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>COMMESSA RS3U</p>	<p>LOTTO 40 D 29</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU5100001</p>	<p>REV. B</p>

Frame Distributed Loads (sisma_orizzontale)



Figura 18 – Sisma orizzontale.

Frame Distributed Loads (sovraspinta_sismica)

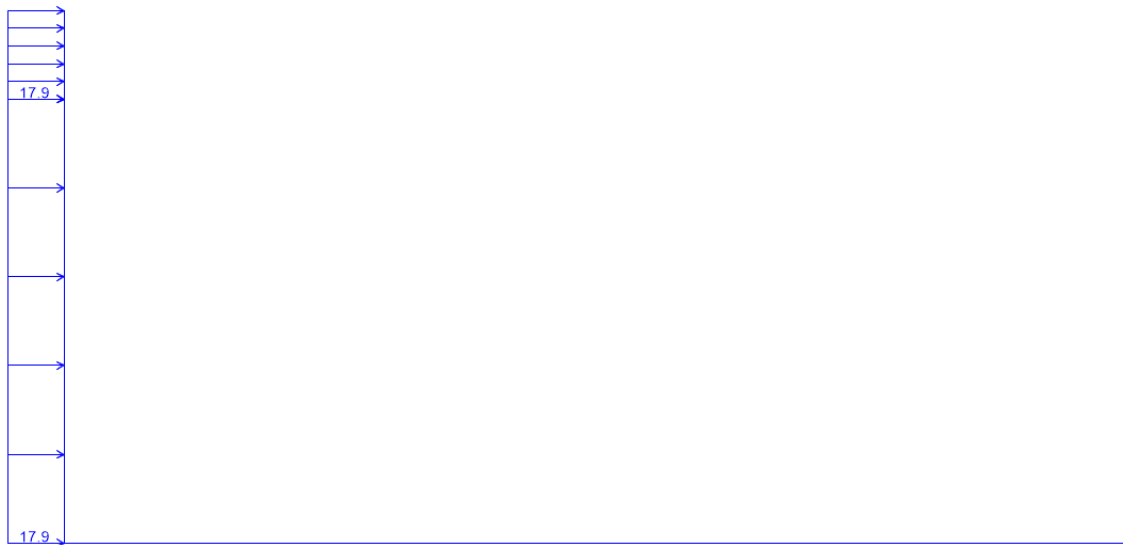


Figura 19 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

7.3 Combinazioni di calcolo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

Tabella 2 – Riepilogo carichi.

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	30 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

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

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

Tabella 4 – Combinazioni di carico agli SLV

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

Tabella 5 – Combinazioni di carico agli SLE.

7.4 Risultati e verifiche

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

Moment 3-3 Diagram (enve_slu_n1)

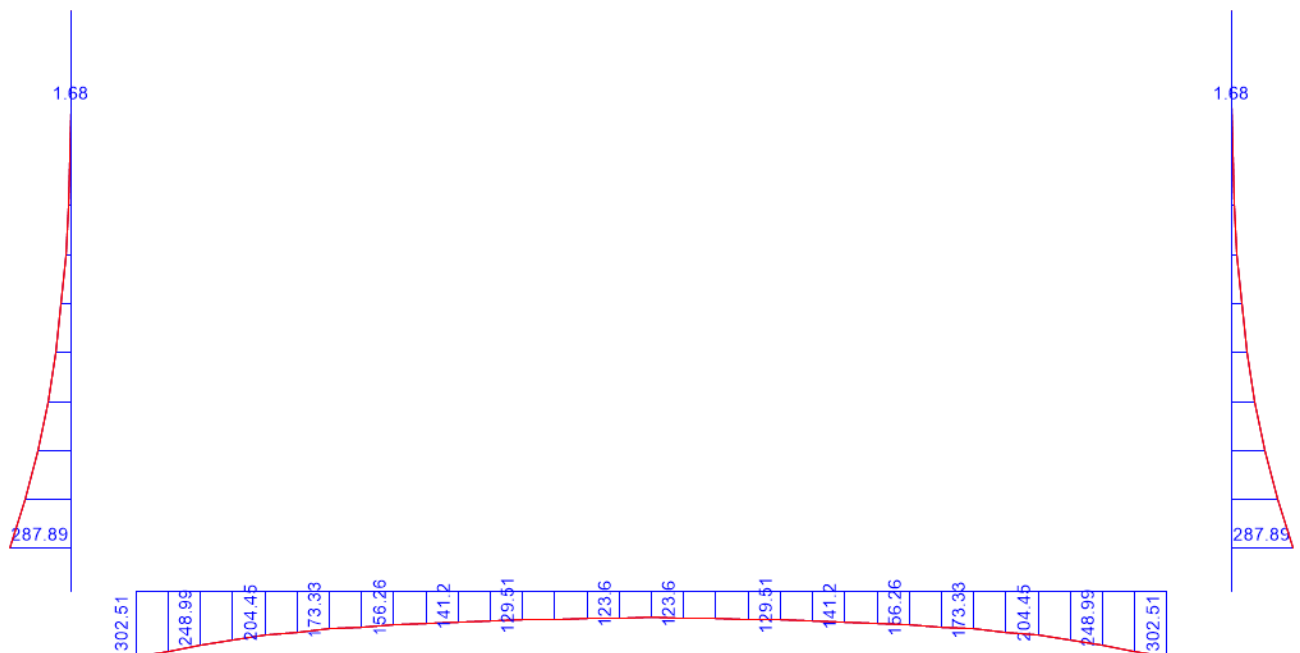


Figura 20 – Momento flettente enve-SLU.

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	32 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slu_nl)

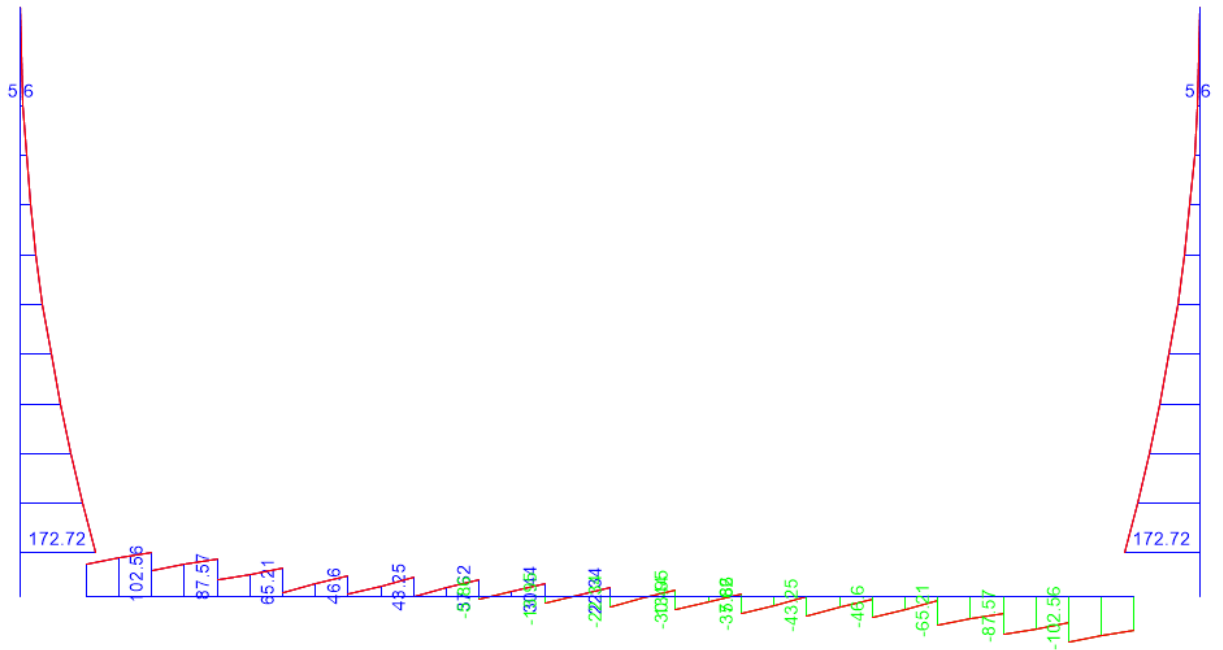


Figura 21 – Taglio enve-SLU.

Moment 3-3 Diagram (enve_slusis_nl)

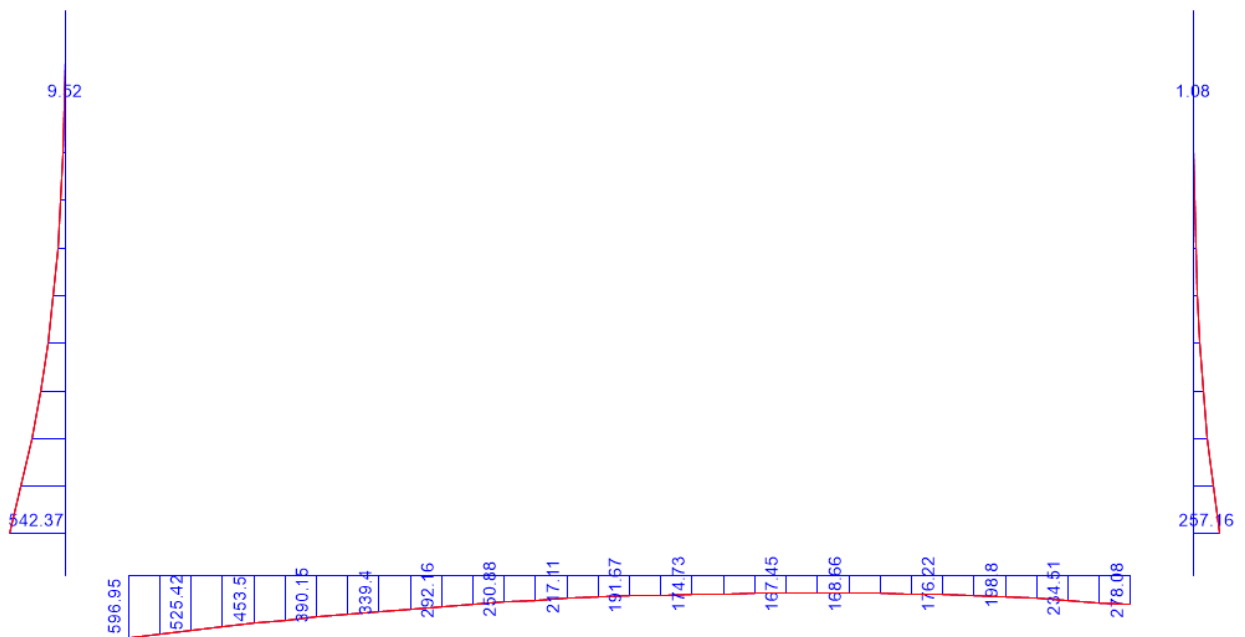


Figura 22 – Momento flettente enve-SLV.

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	33 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slusis_nl)

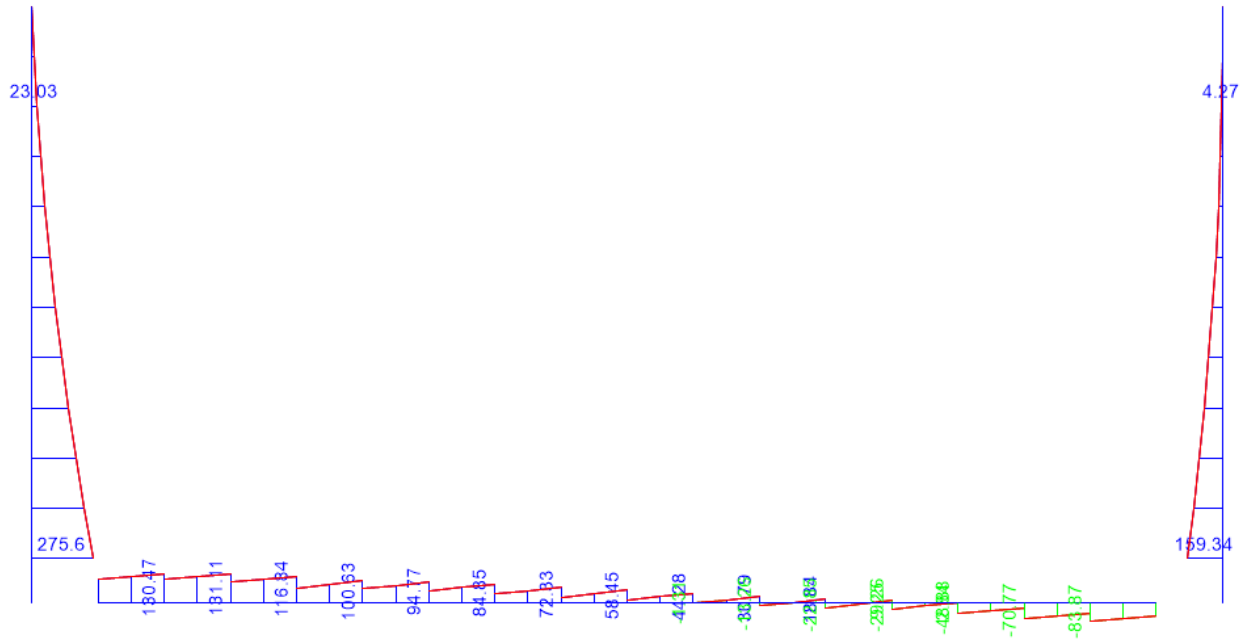


Figura 23 – Taglio enve-SLV.

Moment 3-3 Diagram (enve_sle_nl)

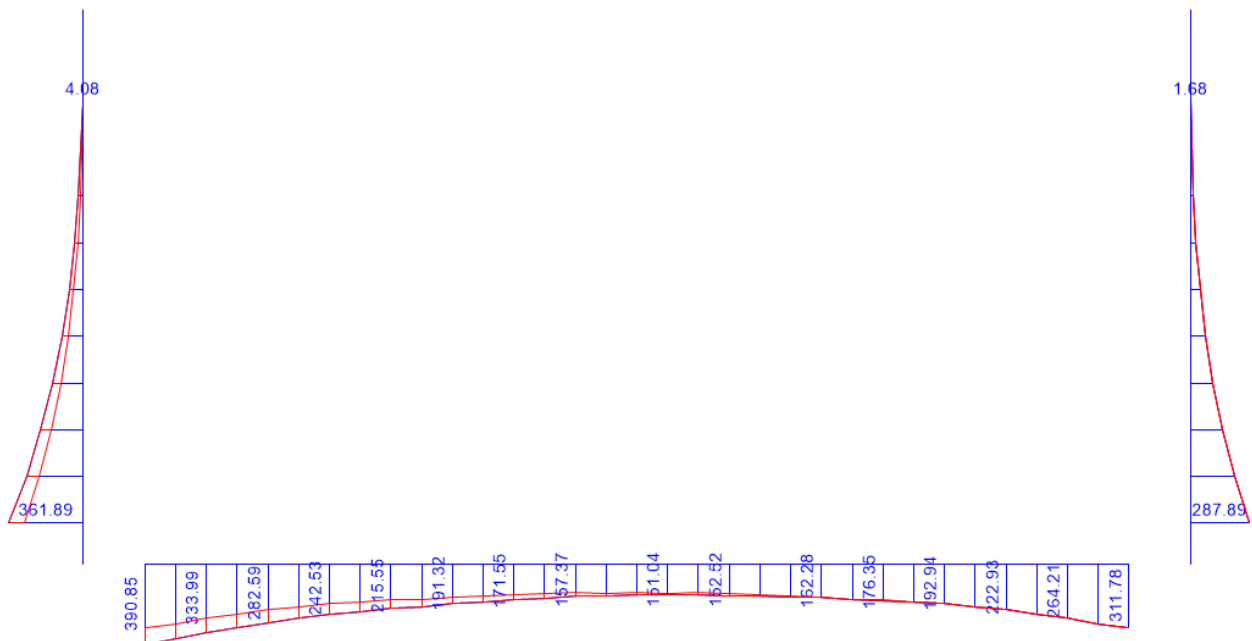


Figura 24 – Momento flettente enve-SLE.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

7.4.1 Verifica piedritti s.0.8m

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-90.97	275.60	542.37	2	0.40	sis1_nl
	-9.00	4.28	1.08	6	4.50	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-122.81	273.13	488.55	2	0.40	slu2_nl
	-12.15	5.60	1.68	2	4.50	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-90.97	202.32	361.89	2	0.40	rar1_nl
RAR	-9.00	4.48	1.34	6	4.50	rar4_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-90.97	194.92	343.39	2	0.40	fre1_nl
FRE	-90.97	0.00	0.00	6	0.40	fre3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-90.97	172.72	287.89	2	0.40	qpe1_nl
QPE	-9.00	4.48	1.34	6	4.50	qpe2_nl

7.4.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	35 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	12281	48855	27313	0
2	1215	168	560	0
3	900	550	1475	0
4	12281	28789	17272	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	9097	36189
2	900	134
3	900	408

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	36 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

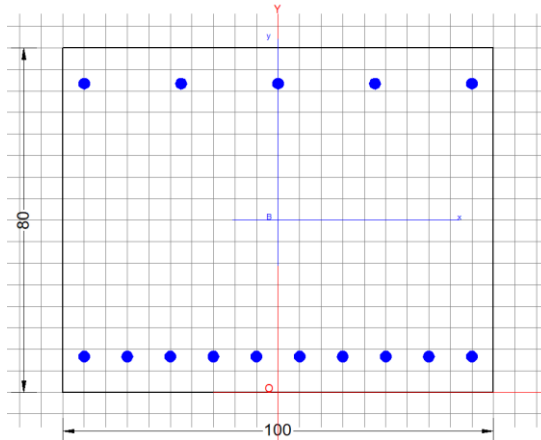
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	9097	34339 (42488)
2	9097	0 (0)
3	900	348 (64064)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	9097	28789 (42805)
2	900	134 (664152)
3	900	168 (162672)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
--------	-----	---	----	------	-------	----------	----	-----	--------	---------

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	37 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

1	S	12281	48855	12255	141083	2.878	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)
2	S	1215	168	1216	137669	717.400	68.5	0.16	0.70	53.1 (12.0)
3	S	900	550	881	137566	242.340	68.6	0.16	0.70	53.1 (12.0)
4	S	12281	28789	12255	141083	4.868	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	80.0	0.00106	71.7	-0.01759	8.3
2	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01840	8.3
3	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01843	8.3
4	0.00350	80.0	0.00106	71.7	-0.01759	8.3

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	27313	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2
2	S	560	37124	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	1475	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
4	S	17272	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	38.9	80.0	0.0	53.5	-997	71.7	17.8	1785	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	2.2	0	71.7	0.8	76	53.1	9.3
3	S	0.5	80.0	0.0	36.6	-5	71.7	12.8	1278	53.1	9.3

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	38 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00059	0.00029	0.50	0.60	0.000299 (0.000299)	387	0.116 (0.20)	42404
2	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	244	0.000 (0.20)	664152
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000002 (0.000002)	344	0.001 (0.20)	59143

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	36.9	80.0	0.0	53.5	-942	71.7	17.8	1782	53.1	9.3
2	S	1.1	80.0	0.9	0.0	14	71.7	0.0	0	0.0	0.0
3	S	0.4	80.0	0.0	33.4	-4	71.7	11.6	1163	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00056	0.00028	0.50	0.60	0.000283 (0.000283)	386	0.109 (0.20)	42488
2	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	335	0.000 (0.20)	64064

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	31.2	80.0	0.0	53.0	-778	71.7	17.7	1770	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	2.2	0	71.7	0.8	76	53.1	9.3
3	S	0.2	80.0	0.0	9.0	0	71.7	3.6	358	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00046	0.00023	0.50	0.40	0.000233 (0.000233)	385	0.090 (0.20)	42805
2	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	244	0.000 (0.20)	664152
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	268	0.000 (0.20)	162672

7.4.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	39 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	9097	54237	27560	0
2	900	108	428	0
3	900	952	2303	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE 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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	40 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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	9097	54237	9119	140119	2.578	68.2	0.16	0.70	53.1 (12.0)
2	S	900	108	881	137566	1094.287	68.6	0.16	0.70	53.1 (12.0)
3	S	900	952	881	137566	141.878	68.6	0.16	0.70	53.1 (12.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	80.0	0.00103	71.7	-0.01781	8.3
2	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01843	8.3
3	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01843	8.3

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	27560	38184	71.7	100.0	0.0074	0.1
2	S	428	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	2303	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

7.4.2 Verifica piedritti s.0.4m

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-9.00	23.03	9.52	4	0.00	sis1_nl
	0.00	0.00	0.00	4	0.90	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-9.00	14.75	5.50	4	0.00	slu3_nl
	0.00	0.00	0.00	8	0.90	slu3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-9.00	10.93	4.08	4	0.00	rar1_nl
	0.00	0.00	0.00	8	0.90	rar3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-9.00	9.59	3.48	4	0.00	fre1_nl
	0.00	0.00	0.00	4	0.90	fre3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-9.00	5.60	1.68	4	0.00	qpe1_nl
	0.00	0.00	0.00	4	0.90	qpe2_nl

7.4.2.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	42 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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. $\beta_1 \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	900	550	1475	0
2	1215	550	1475	0
3	1215	168	560	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	408

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	43 di 106

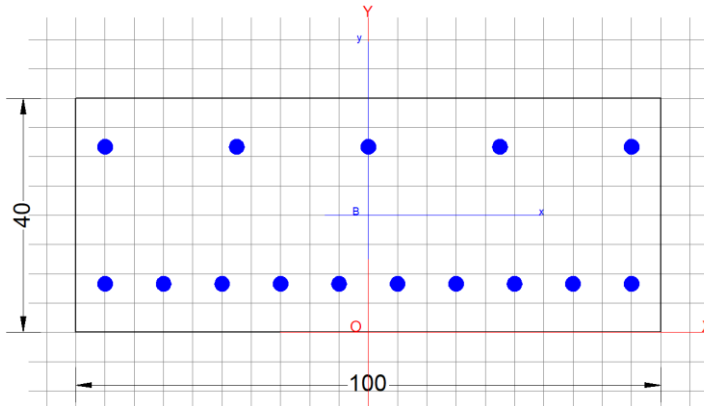
RELAZIONE DI CALCOLO

N°Comb.	N	Mx
1	900	348 (12479)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	168 (15599)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	900	550	911	54292	96.791	28.6	0.36	0.89	53.1 (5.3)
2	S	1215	550	1228	54327	96.198	28.5	0.36	0.89	53.1 (5.3)
3	S	1215	168	1228	54327	297.124	28.5	0.36	0.89	53.1 (5.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	44 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	40.0	0.00096	31.7	-0.00619	8.3
2	0.00350	40.0	0.00096	31.7	-0.00618	8.3
3	0.00350	40.0	0.00096	31.7	-0.00618	8.3

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	1475	25187	31.7	100.0	0.0167	0.0
2	S	1475	25331	31.7	100.0	0.0167	0.0
3	S	560	25331	31.7	100.0	0.0167	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.8	40.0	0.0	21.6	-21	31.7	7.4	737	53.1	9.3

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000006 (0.000006)	299	0.002 (0.20)	12145

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

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	1.6	40.0	0.0	21.0	-17	31.7	7.2	718	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000005 (0.000005)	298	0.002 (0.20)	12479

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	0.8	40.0	0.0	16.5	-5	31.7	5.7	565	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00001	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	285	0.000 (0.20)	15599

7.4.2.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	46 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	900	952	2303	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
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	952	907	53090	55.139	24.7	0.48	1.00	53.1 (5.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00182	40.0	0.00083	31.7	-0.00196	8.3

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	47 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	2303	25187	31.7	100.0	0.0167	0.0

7.4.3 Verifica soletta inferiore

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-350.78	107.05	596.95	29	0.00	sis3_nl
	-272.93	20.01	145.84	45	0.60	sis2_nl
	-350.78	131.11	453.50	32	0.60	sis1_nl
	-272.93	-88.94	254.90	70	0.00	sis2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-367.27	96.33	543.10	29	0.00	slu4_nl
	-242.08	22.34	119.62	43	0.60	slu1_nl
	-369.78	146.28	445.78	29	0.60	slu2_nl
	-369.78	-103.57	247.60	70	0.00	slu2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-273.91	78.44	392.11	29	0.00	rar5_nl
RAR	-273.91	17.40	131.72	47	0.60	rar4_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-265.32	79.35	371.31	29	0.00	fre2_nl
FRE	-239.57	23.40	-25.04	69	0.60	fre3_nl

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	48 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-239.57	67.72	312.01	29	0.00	qpe2_nl
QPE	-239.57	18.97	123.80	45	0.60	qpe2_nl

7.4.3.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

Descrizione Sezione:

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C30/37
 Resis. compr. di progetto fcd: 170.00 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-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. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di progetto fyd: 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di progetto ftd: 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 3375.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C30/37

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	49 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

DATI BARRE ISOLATE

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

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	36727	54310	0	9633	0
2	24208	11962	0	2234	0
3	36978	44578	0	14628	0
4	36978	24760	0	-10357	0
5	24208	30251	0	7586	0
6	36978	52554	0	11959	0

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	27391	39211	0
2	27391	13172	0
3	27391	33399	0
4	27391	26372	0
5	26532	37236	0
6	27391	15737	0

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	50 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

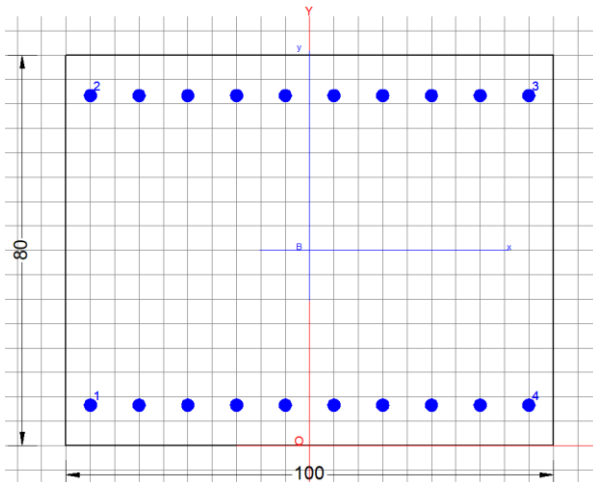
N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia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

N° Comb.	N	Mx	My
1	26532	37131 (47755)	0 (0)
2	23957	-2504 (0)	0 (0)
3	26532	31654 (48791)	0 (0)
4	26532	26385 (50266)	0 (0)
5	23957	31396 (48156)	0 (0)
6	26532	37108 (47759)	0 (0)

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

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

N° Comb.	N	Mx	My
1	23957	31201 (48196)	0 (0)
2	23957	12380 (60414)	0 (0)
3	23957	26421 (49385)	0 (0)
4	23957	26421 (49385)	0 (0)
5	23957	31178 (48201)	0 (0)
6	23957	13913 (57740)	0 (0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	36727	54310	0	36747	148993	0	2.74	53.1(13.4)
2	S	24208	11962	0	24222	145059	0	12.13	53.1(13.4)
3	S	36978	44578	0	36981	149067	0	3.34	53.1(13.4)
4	S	36978	24760	0	36981	149067	0	6.02	53.1(13.4)
5	S	24208	30251	0	24222	145059	0	4.80	53.1(13.4)
6	S	36978	52554	0	36981	149067	0	2.84	53.1(13.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.154	-50.0	80.0	0.00087	-45.0	71.7	-0.01922	-45.0	8.3
2	0.00350	0.150	-50.0	80.0	0.00079	-45.0	71.7	-0.01987	-45.0	8.3
3	0.00350	0.154	-50.0	80.0	0.00087	-45.0	71.7	-0.01920	-45.0	8.3
4	0.00350	0.154	-50.0	80.0	0.00087	-45.0	71.7	-0.01920	-45.0	8.3
5	0.00350	0.150	-50.0	80.0	0.00079	-45.0	71.7	-0.01987	-45.0	8.3
6	0.00350	0.154	-50.0	80.0	0.00087	-45.0	71.7	-0.01920	-45.0	8.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000316824	-0.021845920	0.154	0.700
2	0.000000000	0.000326009	-0.022580742	0.150	0.700
3	0.000000000	0.000316651	-0.021832056	0.154	0.700
4	0.000000000	0.000316651	-0.021832056	0.154	0.700
5	0.000000000	0.000326009	-0.022580742	0.150	0.700
6	0.000000000	0.000316651	-0.021832056	0.154	0.700

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	52 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d Altezza utile sezione [cm]
bw Larghezza minima sezione [cm]
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	9633	41899	71.7	100.0	0.0074	0.5
2	S	2234	40216	71.7	100.0	0.0074	0.3
3	S	14628	41932	71.7	100.0	0.0074	0.5
4	S	10357	41932	71.7	100.0	0.0074	0.5
5	S	7586	40216	71.7	100.0	0.0074	0.3
6	S	11959	41932	71.7	100.0	0.0074	0.5

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	39.1	-50.0	80.0	-923	-35.0	8.3	1750	53.1
2	S	14.1	-50.0	80.0	-173	-25.0	8.3	1350	53.1
3	S	33.6	-50.0	80.0	-753	-25.0	8.3	1700	53.1
4	S	26.9	-50.0	80.0	-548	5.0	8.3	1650	53.1
5	S	37.2	-50.0	80.0	-872	-15.0	8.3	1750	53.1
6	S	16.6	-50.0	80.0	-243	-45.0	8.3	1450	53.1

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00055	0	0.500	26.0	70	0.00028 (0.00028)	384	0.106 (0.20)	47624	0
2	S	-0.00011	0	0.500	26.0	70	0.00005 (0.00005)	350	0.018 (0.20)	62369	0
3	S	-0.00045	0	0.500	26.0	70	0.00023 (0.00023)	380	0.086 (0.20)	48637	0
4	S	-0.00033	0	0.500	26.0	70	0.00016 (0.00016)	375	0.062 (0.20)	50569	0
5	S	-0.00052	0	0.500	26.0	70	0.00026 (0.00026)	384	0.100 (0.20)	47739	0
6	S	-0.00015	0	0.500	26.0	37	0.00007 (0.00007)	247	0.018 (0.20)	57964	0

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	53 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	37.1	-50.0	80.0	-869	-15.0	8.3	1750	53.1
2	S	4.2	-50.0	0.0	17	35.0	71.7	---	---
3	S	31.9	-50.0	80.0	-709	-45.0	8.3	1700	53.1
4	S	26.9	-50.0	80.0	-555	-35.0	8.3	1650	53.1
5	S	31.5	-50.0	80.0	-722	-25.0	8.3	1700	53.1
6	S	37.1	-50.0	80.0	-868	-45.0	8.3	1750	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00052	0	0.500	26.0	70	0.00026 (0.00026)	384	0.100 (0.20)	47755	0
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0	0
3	S	-0.00042	0	0.500	26.0	37	0.00021 (0.00021)	267	0.057 (0.20)	48791	0
4	S	-0.00033	0	0.500	26.0	70	0.00017 (0.00017)	375	0.063 (0.20)	50266	0
5	S	-0.00043	0	0.500	26.0	70	0.00022 (0.00022)	380	0.082 (0.20)	48156	0
6	S	-0.00052	0	0.500	26.0	37	0.00026 (0.00026)	271	0.071 (0.20)	47759	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	31.3	-50.0	80.0	-717	-45.0	8.3	1700	53.1
2	S	13.2	-50.0	80.0	-175	-25.0	8.3	1400	53.1
3	S	26.7	-50.0	80.0	-577	5.0	8.3	1700	53.1
4	S	26.7	-50.0	80.0	-577	5.0	8.3	1700	53.1
5	S	31.3	-50.0	80.0	-716	5.0	8.3	1700	53.1
6	S	14.7	-50.0	80.0	-217	-45.0	8.3	1450	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00043	0	0.500	26.0	37	0.00021 (0.00021)	267	0.057 (0.20)	48196	0
2	S	-0.00011	0	0.500	26.0	70	0.00005 (0.00005)	355	0.019 (0.20)	60414	0
3	S	-0.00035	0	0.500	26.0	70	0.00017 (0.00017)	380	0.066 (0.20)	49385	0
4	S	-0.00035	0	0.500	26.0	70	0.00017 (0.00017)	380	0.066 (0.20)	49385	0
5	S	-0.00043	0	0.500	26.0	70	0.00021 (0.00021)	380	0.082 (0.20)	48201	0
6	S	-0.00013	0	0.500	26.0	37	0.00007 (0.00007)	247	0.016 (0.20)	57740	0

7.4.3.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Normativa di riferimento:

Percorso sollecitazione:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe

N.T.C.

A Sforzo Norm. costante

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:

C30/37

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	54 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Resis. compr. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²

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

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

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

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	26
2	-45.0	75.0	26
3	45.0	75.0	26
4	45.0	5.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	55 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	35078	59695	0	10705	0
2	27293	14584	0	2001	0
3	35078	45350	0	13111	0
4	27293	25490	0	-8894	0
5	27293	39352	0	8400	0
6	35078	59695	0	10798	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	35078	59695	0	35079	152006	0	2.55	53.1(13.4)
2	S	27293	14584	0	27301	149706	0	10.27	53.1(13.4)
3	S	35078	45350	0	35079	152006	0	3.35	53.1(13.4)
4	S	27293	25490	0	27301	149706	0	5.87	53.1(13.4)
5	S	27293	39352	0	27301	149706	0	3.80	53.1(13.4)
6	S	35078	59695	0	35079	152006	0	2.55	53.1(13.4)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00094	0.324	-50.0	80.0	0.00075	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
2	0.00092	0.319	-50.0	80.0	0.00073	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
3	0.00094	0.324	-50.0	80.0	0.00075	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
4	0.00092	0.319	-50.0	80.0	0.00073	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
5	0.00092	0.319	-50.0	80.0	0.00073	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0
6	0.00094	0.324	-50.0	80.0	0.00075	-45.0	75.0	-0.00196	-45.0	5.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	56 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000038602	-0.002149511	0.324	0.845
2	0.000000000	0.000038312	-0.002148062	0.319	0.839
3	0.000000000	0.000038602	-0.002149511	0.324	0.845
4	0.000000000	0.000038312	-0.002148062	0.319	0.839
5	0.000000000	0.000038312	-0.002148062	0.319	0.839
6	0.000000000	0.000038602	-0.002149511	0.324	0.845

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	10705	42727	75.0	100.0	0.0071	0.4
2	S	2001	41632	75.0	100.0	0.0071	0.3
3	S	13111	42727	75.0	100.0	0.0071	0.4
4	S	8894	41632	75.0	100.0	0.0071	0.3
5	S	8400	41632	75.0	100.0	0.0071	0.3
6	S	10798	42727	75.0	100.0	0.0071	0.4

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8. MURO AD U TIPO 1 $H_{MAX}=6.75M$

8.1 Modellazione adottata

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

La costante di Winkler si calcola tramite la formula:

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

con:

$E = 100 \text{ MPa}$ modulo elastico del terreno

$\nu = 0.4$ Coefficiente di Poisson del terreno

$$E' = \frac{1 - \nu^2}{E} = 0.0084$$

$$I_s = I_1 + \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} I_2 = 0.216 \quad \text{Coefficiente di Steinbrenner}$$

$IF = 0.70$ Coefficiente di forma

$$I_1 = \frac{1}{\pi} \left[M \ln \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{M^2 + N^2}}{M (1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \ln \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right] = 0.177$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \tan^{-1} \frac{M}{N \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} = 0.124$$

$B = 12.2 \text{ m}$ Larghezza della soletta di fondo

$B' = B/2 = 6.1 \text{ m}$ per I_i relativi al centro

$N = H/B' = 2.00 \text{ m}$

$M = L'/B' = 2.46 \text{ m}$

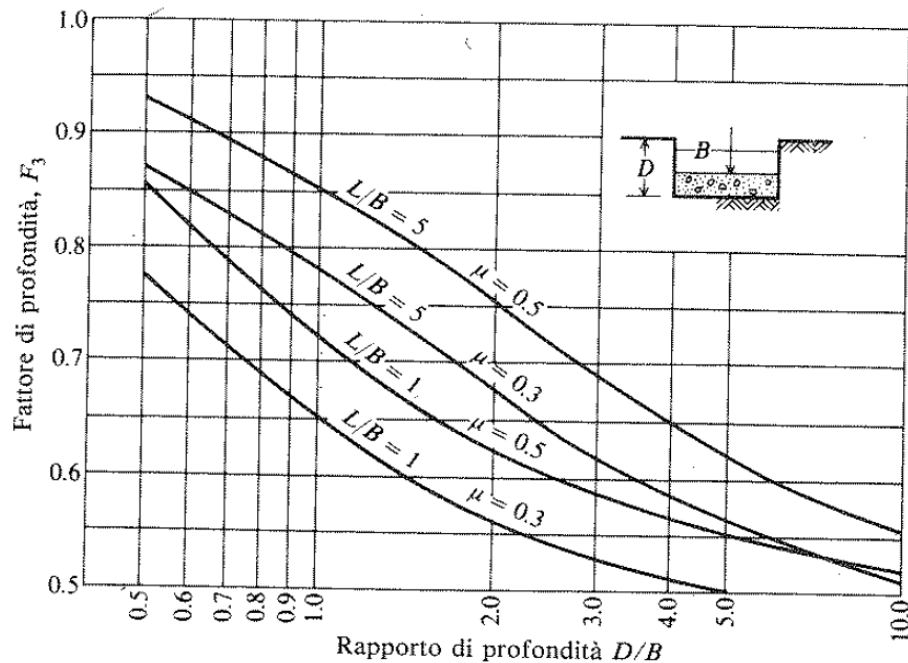


Figura 25– Coefficiente di influenza I_F per una fondazione collocata a profondità D

Sostituendo i valori nella formula precedente si ricava $k = 26000 \text{ kN/m}^3$. La costante elastica viene applicata ai nodi dell'elemento frame con cui viene modellata la soletta di fondo differenziando la rigidità delle molle dei nodi centrali da quelli laterali e da quelli di spigolo.

n	18	numero di elementi di divisione della soletta inf.
ks	26000 kN/m^3	
Lint	9.8 m	larghezza interna dello scatolare
Sp	1.2 m	spessore dei piedritti
<u>RIGIDEZZA MOLLE CENTRALI</u>		
K_{centrali}	15888.89 kN/m	
<u>RIGIDEZZA MOLLE DI SPIGOLO</u>		
K_{spigolo}	47088.89 kN/m	
<u>RIGIDEZZA MOLLE INTERMEDIE</u>		
$K_{\text{intermedie}}$	23833.33 kN/m	

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

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

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

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

La dimensione interna è di 9.80 m, l'altezza interna, a partire dal piano campagna, è pari 6.75 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 1.30 m e i piedritti hanno spessore variabile.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera .

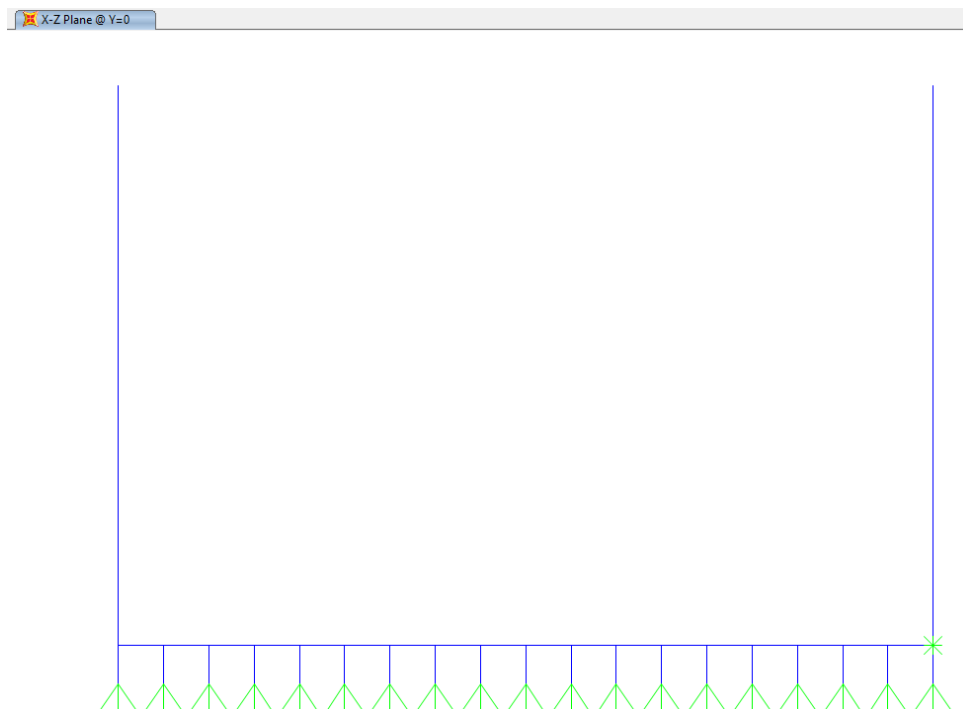


Figura 26 – Modello di calcolo.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8.2 Analisi dei carichi

8.2.1 *Peso proprio della struttura*

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

8.2.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
γ_3	25.00	kN/m ³
S_3	0.70	m
W_3	17.50	kN/m ²
spessore e massetto pendenze		

Frame Span Loads (permanenti_soletta_inferiore) (GLOBAL CSys)

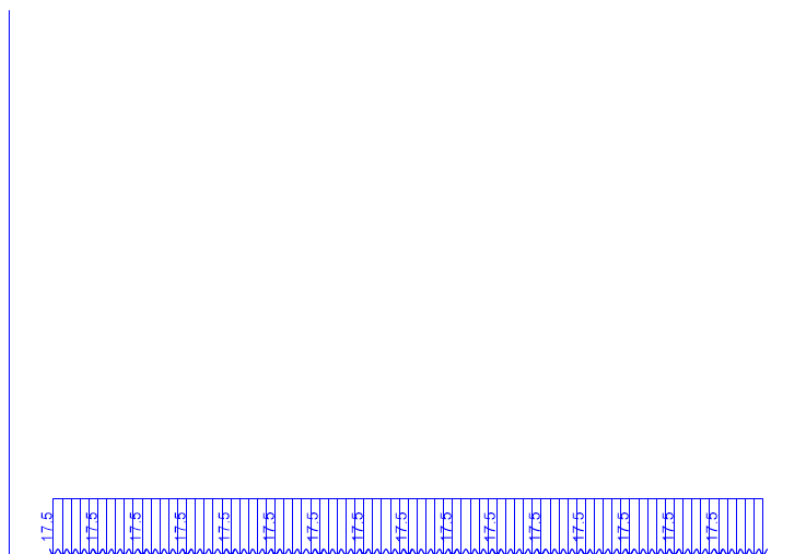


Figura 27 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>RI51 – MURI AD U MU51 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>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>MU5100001</td> <td>B</td> <td>61 di 106</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	61 di 106
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	61 di 106								

8.2.3 Ballast

Il ballast è stato valutato considerando uno sviluppo in altezza di 0.8 m: $p_b = 18 \cdot 0.8 = 14.40 \text{ kN/m}^2$

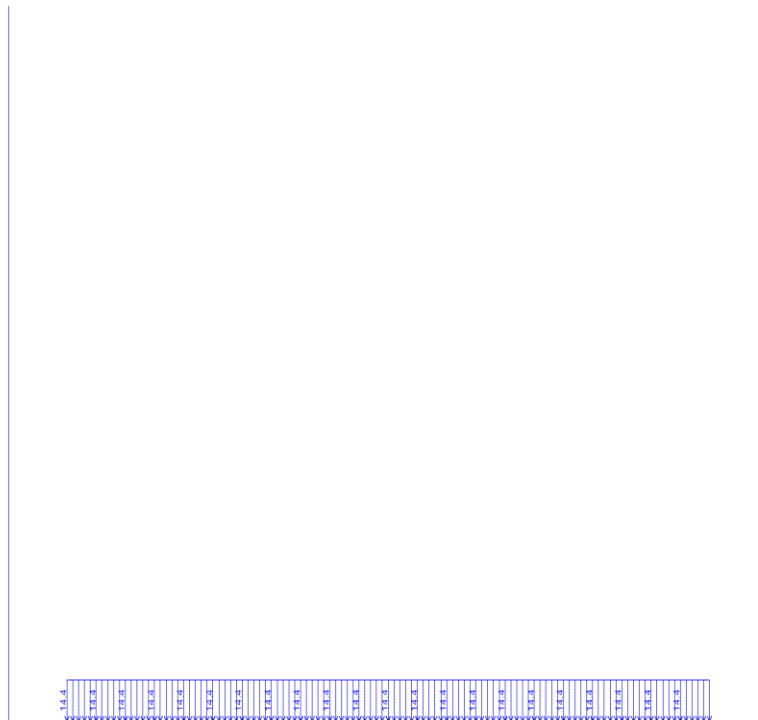


Figura 28 – Ballast.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8.2.4 Spinta del terreno e dell'acqua

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

SPINTA RIPOSO E SPINTA H ₂ O			
γ_t	21.00	kN/m ³	peso specifico terreno
Φ'_k	20	°	angolo attrito caratteristico
Φ'_d	20	°	angolo attrito di progetto
k_0	0.66	-	
γ_w	10.00	kN/m ³	peso H ₂ O
h_w	14.00	m	quota H ₂ O rispetto p.c.

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m ²)	σ_w (kN/m ²)
0	0.00	0.00
0.9	12.47	0.00
5	69.30	0.00
7.4	102.56	0.00

$F_{t,inf}$	69.59	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
$F_{w,inf}$	0.00	kN/m	spinta H ₂ O su metà spessore soletta inferiore

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

Frame Span Loads (spinta_sx_k0) (GLOBAL CSys)

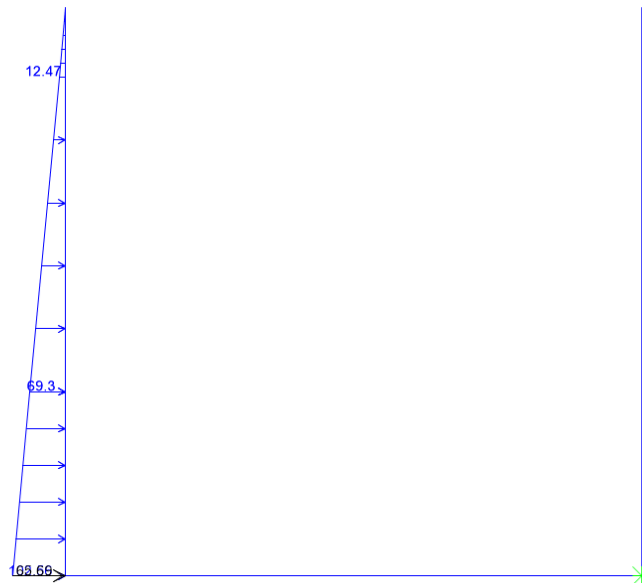


Figura 29 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

Frame Span Loads (spinta_dx_k0) (GLOBAL CSys)

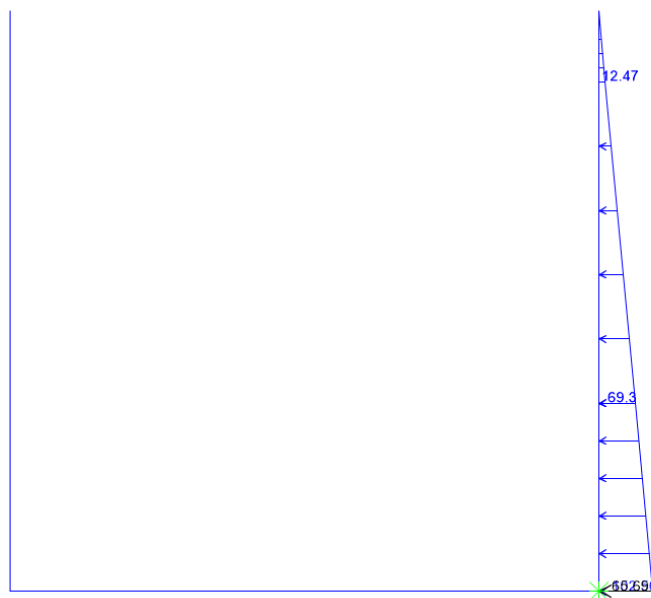


Figura 30 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8.2.5 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare è stato considerato il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 25, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

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

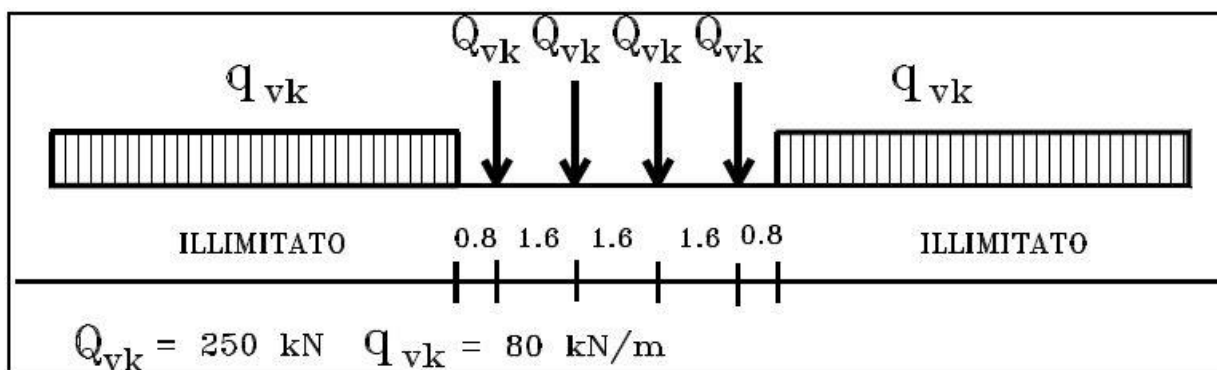


Figura 25 – Treno di carico LM71

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α , il cui valore è riportato nella Figura 32.

modello di carico	coefficiente di adattamento α
LM71	1.1

Figura 32 – Coefficiente di adattamento α

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

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{r'} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.7 + 1.3/2) \cdot 2 = 5.28 \text{ m}$$

I carichi utilizzati sono riepilogati nella Tabella seguente:

Carico variabile verticale agente alla quota del piano medio della soletta inferiore agente su L_d	
LM71	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d = 32.58 \text{ kN/m}^2$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

Frame Span Loads (accidentale_inferiore) (GLOBAL CSys)

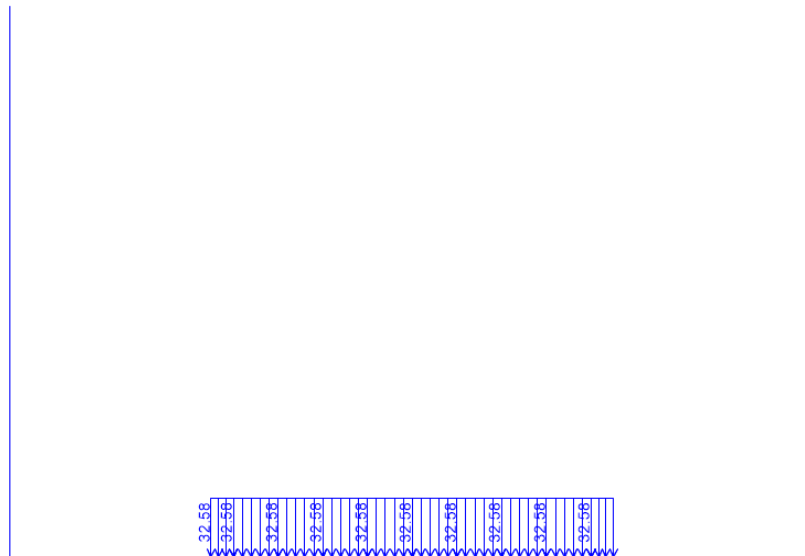


Figura 33 – Treno di carico LM71 singolo binario.

8.2.6 Sovraccarico accidentale a tergo dell'opera

incremento spinta dovuto al sovraccarico accidentale			
q_{1k}	9	kN/m^2	carico distribuito esterno
σ_h	5.92	kN/m^2	
F_{inf}	3.85	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

Frame Span Loads (spinta_Q1k_sx) (GLOBAL CSys)

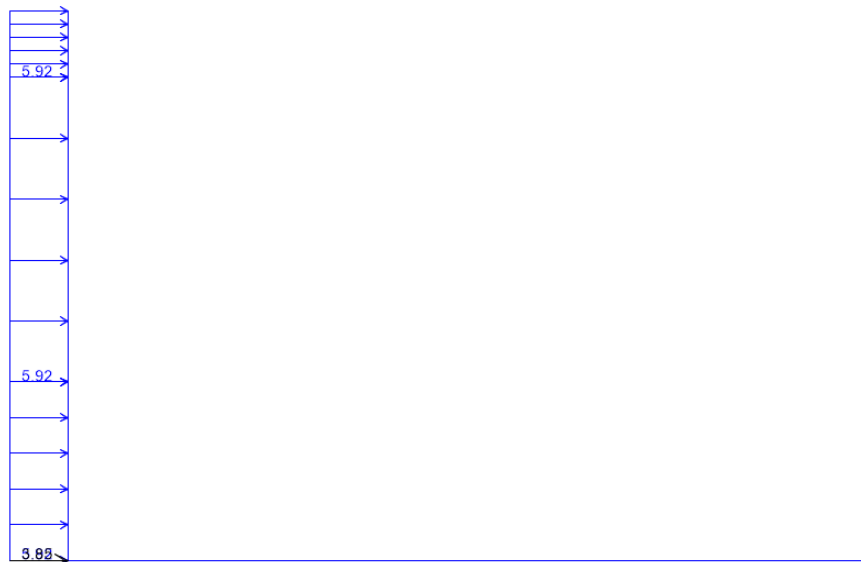


Figura 34 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sovraccarico accidentale.

8.2.7 Azione sismica

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

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

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

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

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

a_g	0.098	g
S_S	1.5	
S_T	1	
a_{max}	0.147	g
β_m	1	
k_h	0.147	
k_v	0.074	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.47	kN/m ²	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P2}$	2.94	kN/m ²	peso proprio s. 0.8m
$k_h \cdot W_{P3}$	4.41	kN/m ²	peso proprio s. 1.2m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	8.05	m	altezza complessiva
Δp_d	24.85	kN/m ²	incremento di spinta

Frame Distributed Loads (sisma_orizzontale)

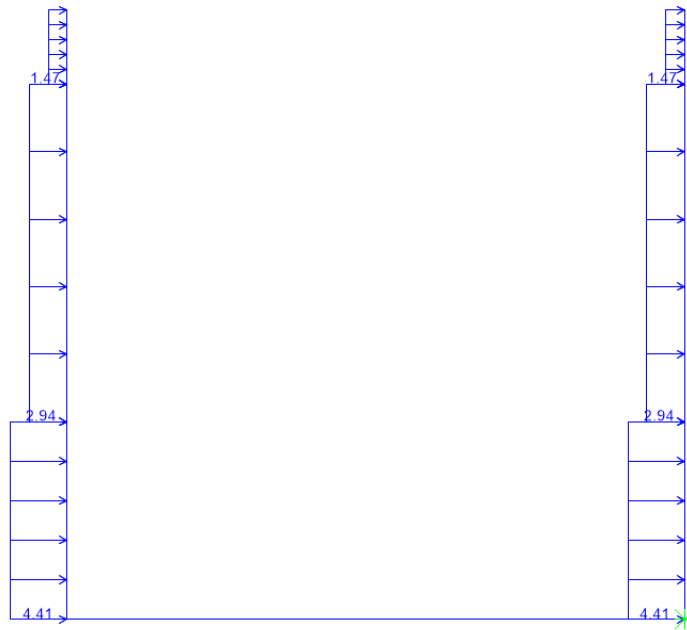


Figura 35 – Sisma orizzontale.

Frame Distributed Loads (sovraspinta_sismica)

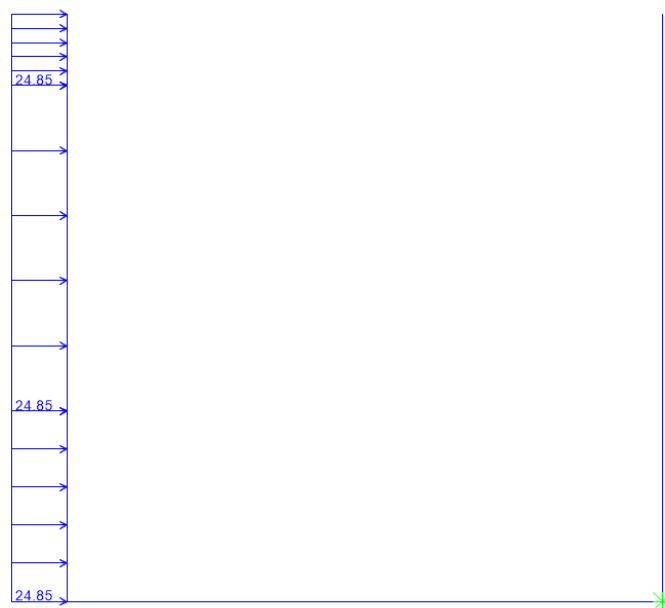


Figura 36 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8.3 Combinazioni di calcolo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 6.

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

Tabella 6 – Riepilogo carichi.

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	70 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

Tabella 7 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche.

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

Tabella 8 – Combinazioni di carico agli SLV

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

Tabella 9 – Combinazioni di carico agli SLE.

8.4 Risultati e verifiche

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

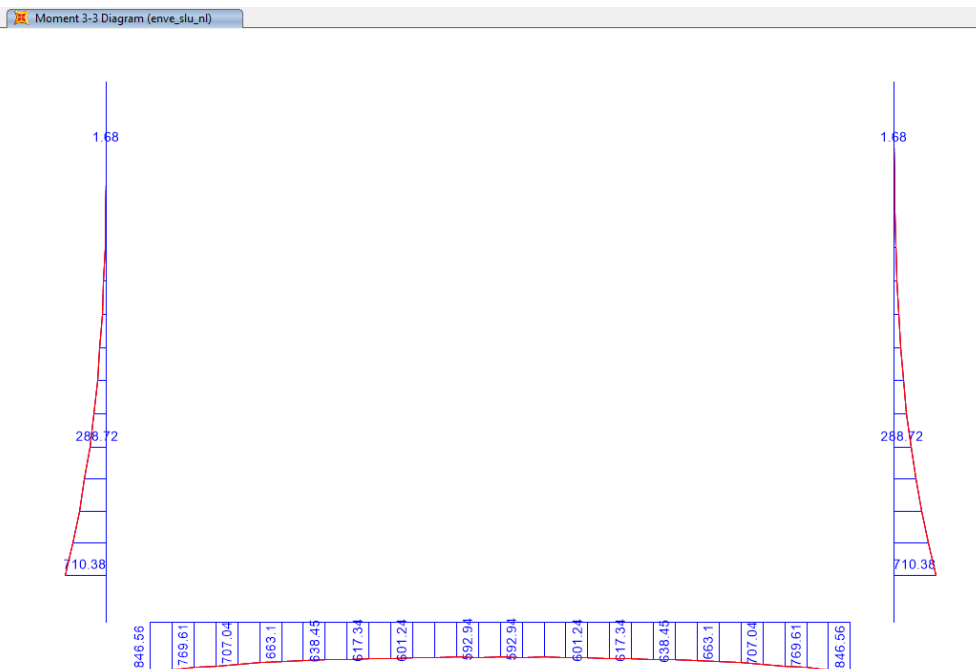


Figura 37 – Momento flettente enve-SLU.

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	72 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slu_n1)

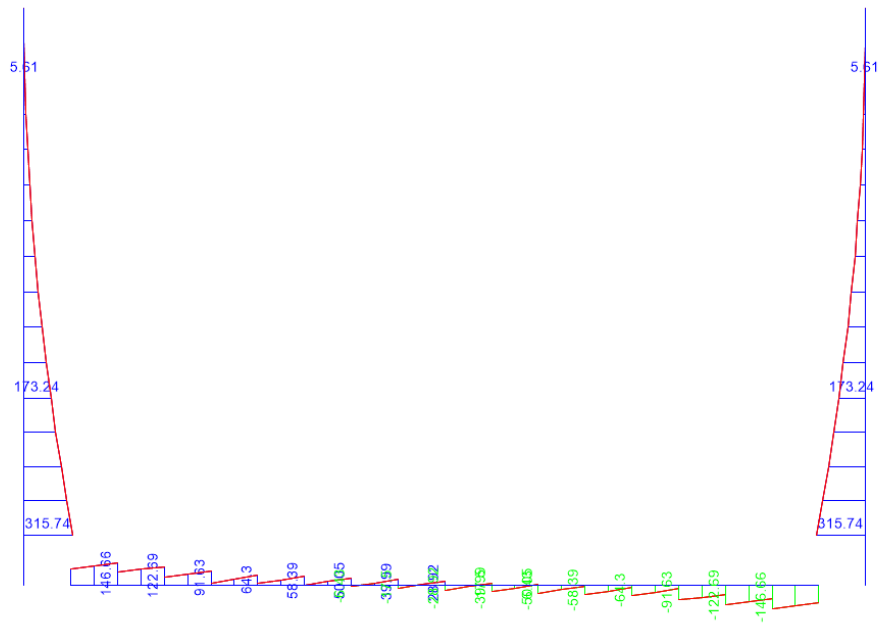


Figura 38 – Taglio enve-SLU.

Moment 3-3 Diagram (enve_slusis_n1)

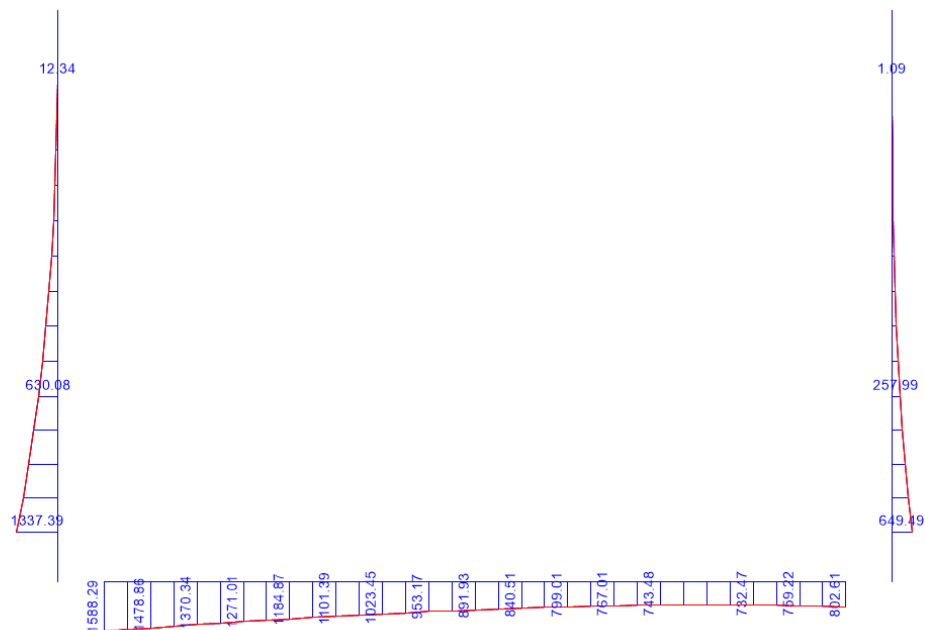


Figura 39 – Momento flettente enve-SLV.

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	73 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slusis_n1)

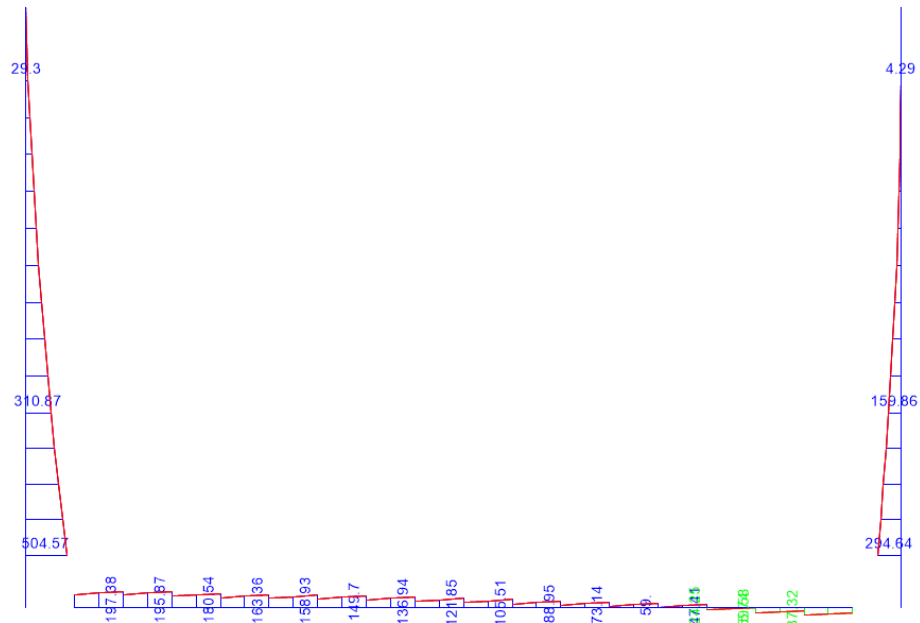


Figura 40 – Taglio enve-SLV.

Moment 3-3 Diagram (enve_sle_n1)

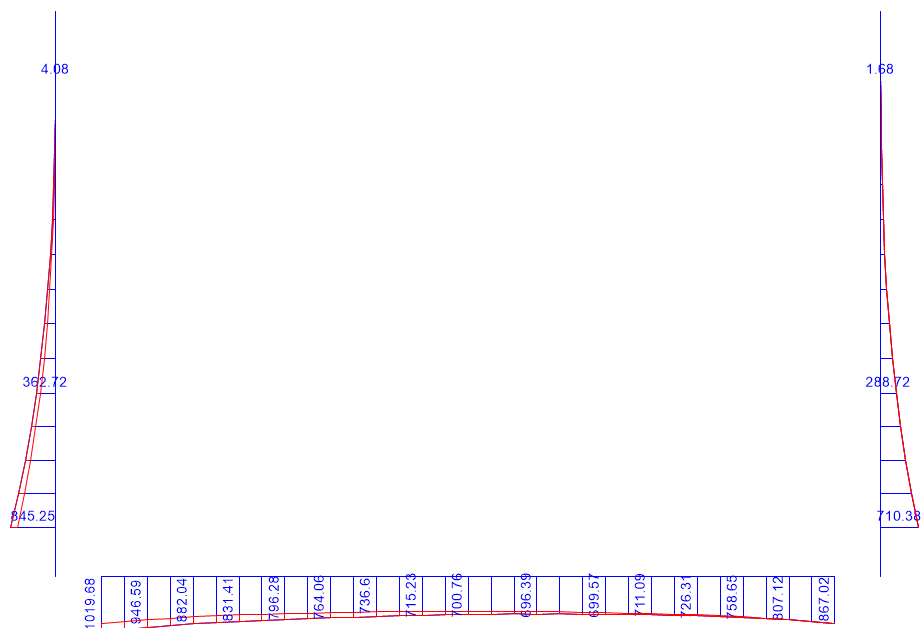


Figura 41 – Momento flettente enve-SLE.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8.4.1 Verifica piedritti s.1.2m

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-143.46	504.57	1337.39	62	0.65	sis1_nl
	-90.97	159.86	257.99	64	2.40	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-193.67	480.19	1141.09	62	0.65	slu2_nl
	-122.81	173.24	288.72	62	2.40	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-143.46	355.70	845.25	62	0.65	rar1_nl
RAR	-90.97	138.59	230.98	64	2.40	rar4_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-143.46	345.71	811.53	62	0.65	fre1_nl
FRE	-90.97	0.00	0.00	64	2.40	fre3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-143.46	315.74	710.38	62	0.65	qpe1_nl
QPE	-90.97	138.59	230.98	64	2.40	qpe2_nl

8.4.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	75 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00 daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00 daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	-45.0	111.7	26
3	45.0	111.7	26
4	45.0	8.3	26
5	-45.0	16.0	26
6	45.0	16.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26
3	5	6	3	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	76 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	19367	114109	0	48019	0
2	12281	28872	0	17324	0
3	9097	48967	0	27383	0

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	14346	84525	0
2	9097	23098	0
3	9097	36272	0

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	14346	81153 (99739)	0 (0)
2	9097	0 (0)	0 (0)
3	9097	34422 (101812)	0 (0)

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

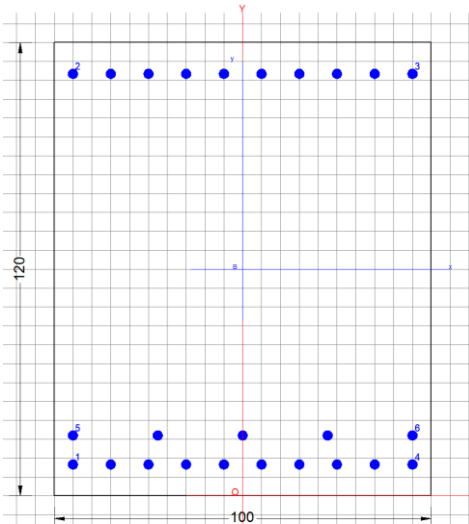
N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia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

N°Comb.	N	Mx	My
1	14346	71038 (100327)	0 (0)
2	9097	23098 (105047)	0 (0)
3	9097	28872 (103057)	0 (0)

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	77 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	19367	114109	0	19367	329195	0	2.88	79.6(20.1)
2	S	12281	28872	0	12305	325637	0	11.20	79.6(20.1)
3	S	9097	48967	0	9087	324015	0	6.60	79.6(20.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.121	50.0	120.0	0.00136	45.0	111.7	-0.02532	-45.0	8.3
2	0.00350	0.119	50.0	120.0	0.00132	45.0	111.7	-0.02581	-45.0	8.3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

3 0.00350 0.119 50.0 120.0 0.00131 45.0 111.7 -0.02603 -45.0 8.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000257997	-0.027459693	0.121	0.700
2	0.000000000	0.000262402	-0.027988277	0.119	0.700
3	0.000000000	0.000264401	-0.028228138	0.119	0.700

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	48019	56542	115.0	100.0	0.0069	0.2
2	S	17324	55523	115.0	100.0	0.0069	0.1
3	S	27383	55065	115.0	100.0	0.0069	0.1

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	36.6	-50.0	120.0	-1036	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	10.4	-50.0	120.0	-254	25.0	8.3	2600	79.6
3	S	15.9	-50.0	120.0	-428	35.0	8.3	2650	79.6

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	79 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00058	0	0.500	26.0	70	0.00031 (0.00031) 388	0.120 (0.20)	99575	0
2	S	-0.00014	0	0.500	26.0	70	0.00008 (0.00008) 382	0.029 (0.20)	105047	0
3	S	-0.00024	0	0.500	26.0	70	0.00013 (0.00013) 385	0.049 (0.20)	101487	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	35.2	-50.0	120.0	-991	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	0.7	50.0	120.0	9	-5.0	8.3	---	---
3	S	15.1	-50.0	120.0	-403	35.0	8.3	2650	79.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00055	0	0.500	26.0	70	0.00030 (0.00030) 388	0.115 (0.20)	99739	0
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0	0
3	S	-0.00023	0	0.500	26.0	70	0.00012 (0.00012) 385	0.047 (0.20)	101812	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	31.0	50.0	120.0	-857	35.0	8.3	2700	79.6
2	S	10.4	-50.0	120.0	-254	25.0	8.3	2600	79.6
3	S	12.8	50.0	120.0	-330	35.0	8.3	2650	79.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00048	0	0.500	26.0	70	0.00026 (0.00026) 388	0.100 (0.20)	100327	0
2	S	-0.00014	0	0.500	26.0	70	0.00008 (0.00008) 382	0.029 (0.20)	105047	0
3	S	-0.00018	0	0.500	26.0	70	0.00010 (0.00010) 385	0.038 (0.20)	103057	0

8.4.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione:

Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe

Normativa di riferimento:

N.T.C.

Percorso sollecitazione:

A Sforzo Norm. costante

Riferimento Sforzi assegnati:

Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità:

Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

C30/37

Resis. compr. di progetto fcd:

170.00 daN/cm²

Def.unit. max resistenza ec2:

0.0020

Def.unit. ultima ecu:

0.0035

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	80 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec: 328360 daN/cm²
Resis. media a trazione fctm: 29.00 daN/cm²

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²
Resist. snerv. di progetto fyd: 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di progetto ftd: 3913.0 daN/cm²
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	-45.0	111.7	26
3	45.0	111.7	26
4	45.0	8.3	26
5	-45.0	16.0	26
6	45.0	16.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26
3	5	6	3	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	14346	133739	0	50457	0
2	9097	25799	0	5986	0
3	9097	63008	0	31087	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.1 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	14346	133739	0	14354	301411	0	2.25	79.6(20.1)
2	S	9097	25799	0	9110	299164	0	11.53	79.6(20.1)
3	S	9097	63008	0	9110	299164	0	4.74	79.6(20.1)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00093	0.322	50.0	120.0	0.00071	45.0	111.7	-0.00196	-45.0	8.3
2	0.00092	0.319	50.0	120.0	0.00070	45.0	111.7	-0.00196	-45.0	8.3
3	0.00092	0.319	50.0	120.0	0.00070	45.0	111.7	-0.00196	-45.0	8.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000025824	-0.002170840	0.322	0.842
2	0.000000000	0.000025728	-0.002170041	0.319	0.839
3	0.000000000	0.000025728	-0.002170041	0.319	0.839

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	82 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	50457	55820	115.0	100.0	0.0069	0.1
2	S	5986	55065	115.0	100.0	0.0069	0.1
3	S	31087	55065	115.0	100.0	0.0069	0.1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8.4.2 Verifica piedritti s.0.8m

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-90.97	310.87	630.08	63	0.00	sis1_nl
	-9.00	4.29	1.09	65	4.10	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-122.81	273.83	489.67	63	0.00	slu2_nl
	-12.15	5.61	1.68	63	4.10	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-90.97	202.84	362.72	63	0.00	rar1_nl
	-9.00	4.49	1.35	65	4.10	rar4_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-90.97	195.44	344.22	63	0.00	fre1_nl
	-90.97	0.00	0.00	65	0.00	fre3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-90.97	173.24	288.72	63	0.00	qpe1_nl
	-9.00	4.49	1.35	65	4.10	qpe2_nl

8.4.2.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	84 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	12281	48967	27383	0
2	1215	168	561	0
3	900	551	1477	0
4	12281	28872	17324	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	9097	36272
2	900	135
3	900	408

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	85 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

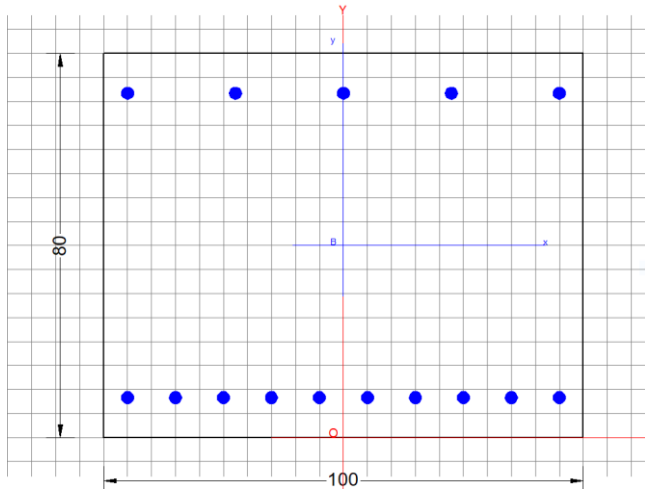
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	9097	34422 (42484)
2	9097	0 (0)
3	900	348 (64064)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	9097	28872 (42799)
2	900	135 (596812)
3	900	168 (162672)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	86 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	12281	48967	12255	141083	2.872	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)
2	S	1215	168	1216	137669	717.400	68.5	0.16	0.70	53.1 (12.0)
3	S	900	551	881	137566	241.914	68.6	0.16	0.70	53.1 (12.0)
4	S	12281	28872	12255	141083	4.854	68.1	0.17	0.70	53.1 (12.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	80.0	0.00106	71.7	-0.01759	8.3
2	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01840	8.3
3	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01843	8.3
4	0.00350	80.0	0.00106	71.7	-0.01759	8.3

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	27383	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2
2	S	561	37124	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	1477	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
4	S	17324	38612	71.7	100.0	0.0074	0.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+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	39.0	80.0	0.0	53.5	-1000	71.7	17.8	1785	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	2.4	0	71.7	0.8	85	53.1	9.3

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	87 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

3 S 0.5 80.0 0.0 36.6 -5 71.7 12.8 1278 53.1 9.3

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

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e2)$ 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	-0.00059	0.00029	0.50	0.60	0.000300 (0.000300)	387	0.116 (0.20)	42401
2	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	245	0.000 (0.20)	596812
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000002 (0.000002)	344	0.001 (0.20)	59143

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	37.0	80.0	0.0	53.5	-945	71.7	17.8	1782	53.1	9.3
2	S	1.1	80.0	0.9	0.0	14	71.7	0.0	0	0.0	0.0
3	S	0.4	80.0	0.0	33.4	-4	71.7	11.6	1163	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00056	0.00028	0.50	0.60	0.000283 (0.000283)	386	0.110 (0.20)	42484
2	S	0.00001	0.00001	---	---	---	---	---	0
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	335	0.000 (0.20)	64064

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	31.3	80.0	0.0	53.0	-780	71.7	17.7	1771	53.1	9.3
2	S	0.2	80.0	0.0	2.4	0	71.7	0.8	85	53.1	9.3
3	S	0.2	80.0	0.0	9.0	0	71.7	3.6	358	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00046	0.00023	0.50	0.40	0.000234 (0.000234)	385	0.090 (0.20)	42799
2	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	245	0.000 (0.20)	596812
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	268	0.000 (0.20)	162672

8.4.2.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza:
Normativa di riferimento:
Tipologia sezione:

Stati Limite Ultimi
N.T.C.
Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	88 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

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

ACCIAIO -

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

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	9097	63008	31087	0
2	900	109	429	0
3	900	1234	2930	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE 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.)

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	89 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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	9097	63008	9119	140119	2.220	68.2	0.16	0.70	53.1 (12.0)
2	S	900	109	881	137566	1085.652	68.6	0.16	0.70	53.1 (12.0)
3	S	900	1234	881	137566	109.915	68.6	0.16	0.70	53.1 (12.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	80.0	0.00103	71.7	-0.01781	8.3
2	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01843	8.3
3	0.00350	80.0	0.00096	71.7	-0.01843	8.3

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	31087	38184	71.7	100.0	0.0074	0.1
2	S	429	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0
3	S	2930	36961	71.7	100.0	0.0074	0.0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8.4.3 Verifica piedritti s.0.4m

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-9.00	29.30	12.34	59	0.00	sis1_nl
	0.00	0.00	0.00	61	0.90	sis3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-12.15	14.77	5.51	59	0.00	slu2_nl
	0.00	0.00	0.00	59	0.90	slu2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-9.00	10.94	4.08	59	0.00	rar1_nl
	0.00	0.00	0.00	59	0.90	rar4_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-9.00	9.61	3.48	59	0.00	fre1_nl
	0.00	0.00	0.00	59	0.90	fre2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-9.00	5.61	1.68	59	0.00	qpe1_nl
	0.00	0.00	0.00	59	0.90	qpe1_nl

8.4.3.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:

C30/37

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	91 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1215	551	1477	0
2	1215	168	561	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	408

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)	

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	92 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

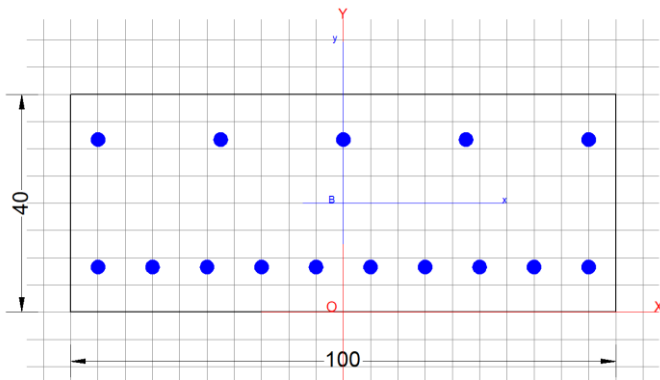
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	900	348 (12479)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	168 (15599)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	1215	551	1228	54327	96.028	28.5	0.36	0.89	53.1 (5.3)
2	S	1215	168	1228	54327	297.124	28.5	0.36	0.89	53.1 (5.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	93 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	40.0	0.00096	31.7	-0.00618	8.3
2	0.00350	40.0	0.00096	31.7	-0.00618	8.3

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	1477	25331	31.7	100.0	0.0167	0.0
2	S	561	25331	31.7	100.0	0.0167	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.8	40.0	0.0	21.6	-21	31.7	7.4	737	53.1	9.3

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000006 (0.000006)	299	0.002 (0.20)	12145

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	94 di 106

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	1.6	40.0	0.0	21.0	-17	31.7	7.2	718	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000005 (0.000005)	298	0.002 (0.20)	12479

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	0.8	40.0	0.0	16.5	-5	31.7	5.7	565	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00001	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	285	0.000 (0.20)	15599

8.4.3.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	95 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø26	(26.5 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	900	1234	2930	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
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	1234	907	53090	42.650	24.7	0.48	1.00	53.1 (5.3)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00182	40.0	0.00083	31.7	-0.00196	8.3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	2930	25187	31.7	100.0	0.0167	0.0

8.4.4 Verifica soletta inferiore

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

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-653.01	165.17	1588.31	29	0.00	sis3_nl
	-507.52	29.25	697.11	47	0.60	sis2_nl
	-653.01	197.38	1478.86	29	0.60	sis1_nl
	-507.52	-110.43	788.93	70	0.00	sis2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-665.31	117.75	1397.27	29	0.00	slu4_nl
	-445.16	28.92	587.74	43	0.60	slu1_nl
	-665.31	203.42	1256.92	29	0.60	slu2_nl
	-445.16	-146.66	769.61	70	0.00	slu1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-492.82	90.82	1025.68	29	0.00	rar2_nl
RAR	-492.82	25.61	587.77	66	0.60	rar4_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-480.91	102.61	981.02	29	0.00	fre1_nl
FRE	-445.16	23.24	-22.05	70	0.60	fre3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE	-445.16	89.98	865.03	29	0.00	qpe1_nl
QPE	-445.16	27.33	561.67	47	0.60	qpe2_nl

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

8.4.4.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk:		4500.0	daN/cm ²
Resist. snerv. di progetto fyd:		3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:		3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	-45.0	121.7	26
3	45.0	121.7	26

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	98 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

4 45.0 8.3 26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	66531	139727	0	11775	0
2	44516	58774	0	2892	0
3	66531	125692	0	20342	0
4	44516	76961	0	-14666	0
5	44516	84656	0	10985	0
6	66531	136792	0	16661	0

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	49282	102568	0
2	49282	58777	0
3	49282	94073	0
4	49282	80712	0
5	48091	98852	0
6	49282	101968	0

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

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	99 di 106

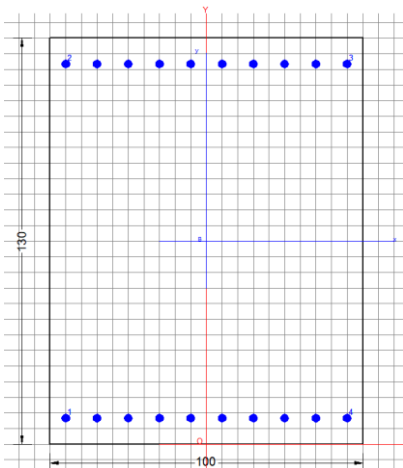
RELAZIONE DI CALCOLO

N°Comb.	N	Mx	My
1	48091	98102 (118930)	0 (0)
2	44516	-2205 (0)	0 (0)
3	44516	14307 (451617)	0 (0)
4	48091	80585 (122601)	0 (0)
5	44516	85952 (119863)	0 (0)
6	48091	69794 (125968)	0 (0)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	44516	86503 (119751)	0 (0)
2	44516	56167 (129974)	0 (0)
3	44516	79618 (121278)	0 (0)
4	44516	80204 (121136)	0 (0)
5	44516	86503 (119751)	0 (0)
6	44516	86503 (119751)	0 (0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	100 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	66531	139727	0	66530	278810	0	2.00	53.1(21.8)
2	S	44516	58774	0	44517	266439	0	4.53	53.1(21.8)
3	S	66531	125692	0	66530	278810	0	2.22	53.1(21.8)
4	S	44516	76961	0	44517	266439	0	3.46	53.1(21.8)
5	S	44516	84656	0	44517	266439	0	3.15	53.1(21.8)
6	S	66531	136792	0	66530	278810	0	2.04	53.1(21.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.097	-50.0	130.0	0.00105	45.0	121.7	-0.03246	-45.0	8.3
2	0.00350	0.092	-50.0	130.0	0.00092	45.0	121.7	-0.03435	-45.0	8.3
3	0.00350	0.097	-50.0	130.0	0.00105	45.0	121.7	-0.03246	-45.0	8.3
4	0.00350	0.092	-50.0	130.0	0.00092	45.0	121.7	-0.03435	-45.0	8.3
5	0.00350	0.092	-50.0	130.0	0.00092	45.0	121.7	-0.03435	-45.0	8.3
6	0.00350	0.097	-50.0	130.0	0.00105	45.0	121.7	-0.03246	-45.0	8.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000295449	-0.034908307	0.097	0.700
2	0.000000000	0.000311038	-0.036934985	0.092	0.700
3	0.000000000	0.000295449	-0.034908307	0.097	0.700
4	0.000000000	0.000311038	-0.036934985	0.092	0.700
5	0.000000000	0.000311038	-0.036934985	0.092	0.700
6	0.000000000	0.000295449	-0.034908307	0.097	0.700

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	11775	57710	121.7	100.0	0.0044	0.5
2	S	2892	54619	121.7	100.0	0.0044	0.3
3	S	20342	57710	121.7	100.0	0.0044	0.5

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

4	S	14666	54619	121.7	100.0	0.0044	0.3
5	S	10985	54619	121.7	100.0	0.0044	0.3
6	S	16661	57710	121.7	100.0	0.0044	0.5

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm ²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	44.5	-50.0	130.0	-1320	15.0	8.3	2050	53.1
2	S	26.2	-50.0	130.0	-595	-35.0	8.3	2050	53.1
3	S	41.0	-50.0	130.0	-1178	-15.0	8.3	2050	53.1
4	S	35.5	-50.0	130.0	-956	-35.0	8.3	2050	53.1
5	S	43.0	-50.0	130.0	-1268	5.0	8.3	2050	53.1
6	S	44.3	-50.0	130.0	-1310	5.0	8.3	2050	53.1

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00073	0	0.500	26.0	70	0.00040 (0.00040)	409	0.162 (0.20)	118605	0
2	S	-0.00033	0	0.500	26.0	70	0.00018 (0.00018)	409	0.073 (0.20)	131832	0
3	S	-0.00065	0	0.500	26.0	70	0.00035 (0.00035)	409	0.144 (0.20)	120065	0
4	S	-0.00053	0	0.500	26.0	70	0.00029 (0.00029)	409	0.117 (0.20)	123094	0
5	S	-0.00070	0	0.500	26.0	70	0.00038 (0.00038)	409	0.155 (0.20)	118806	0
6	S	-0.00072	0	0.500	26.0	70	0.00039 (0.00039)	409	0.161 (0.20)	118699	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	42.6	-50.0	130.0	-1255	-45.0	8.3	2050	53.1
2	S	3.7	50.0	0.0	38	35.0	121.7	---	---
3	S	7.1	-50.0	130.0	-10	-45.0	8.3	950	53.1
4	S	35.4	-50.0	130.0	-963	5.0	8.3	2050	53.1
5	S	37.5	-50.0	130.0	-1081	-35.0	8.3	2050	53.1
6	S	30.9	-50.0	130.0	-784	-15.0	8.3	2050	53.1

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

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	102 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00069	0	0.500	26.0	37	0.00038 (0.00038)	296	0.112 (0.20)	118930	0
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0	0
3	S	-0.00001	0	0.500	26.0	37	0.00000 (0.00000)	205	0.001 (0.20)	451617	0
4	S	-0.00053	0	0.500	26.0	70	0.00029 (0.00029)	409	0.118 (0.20)	122601	0
5	S	-0.00060	0	0.500	26.0	70	0.00032 (0.00032)	409	0.132 (0.20)	119863	0
6	S	-0.00043	0	0.500	26.0	70	0.00024 (0.00024)	409	0.096 (0.20)	125968	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	37.7	-50.0	130.0	-1090	35.0	8.3	2050	53.1
2	S	25.0	-50.0	130.0	-588	5.0	8.3	2050	53.1
3	S	34.8	-50.0	130.0	-975	35.0	8.3	2050	53.1
4	S	35.1	-50.0	130.0	-985	-45.0	8.3	2050	53.1
5	S	37.7	-50.0	130.0	-1090	35.0	8.3	2050	53.1
6	S	37.7	-50.0	130.0	-1090	35.0	8.3	2050	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00060	0	0.500	26.0	70	0.00033 (0.00033)	409	0.134 (0.20)	119751	0
2	S	-0.00033	0	0.500	26.0	70	0.00018 (0.00018)	409	0.072 (0.20)	129974	0
3	S	-0.00054	0	0.500	26.0	70	0.00029 (0.00029)	409	0.120 (0.20)	121278	0
4	S	-0.00054	0	0.500	26.0	37	0.00030 (0.00030)	296	0.088 (0.20)	121136	0
5	S	-0.00060	0	0.500	26.0	70	0.00033 (0.00033)	409	0.134 (0.20)	119751	0
6	S	-0.00060	0	0.500	26.0	70	0.00033 (0.00033)	409	0.134 (0.20)	119751	0

8.4.4.2 Verifica in condizioni sismiche
DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione:

Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe

Normativa di riferimento:

N.T.C.

Percorso sollecitazione:

A Sforzo Norm. costante

Riferimento Sforzi assegnati:

Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità:

Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

C30/37

Resis. compr. di progetto fcd:

 170.00 daN/cm²

Def.unit. max resistenza ec2:

0.0020

Def.unit. ultima ecu:

0.0035

Diagramma tensione-deformaz.:

Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec:

 328360 daN/cm²

Resis. media a trazione fctm:

 29.00 daN/cm²

ACCIAIO -

Tipo:

B450C

Resist. caratt. snervam. fyk:

 4500.0 daN/cm²

Resist. caratt. rottura ftk:

 4500.0 daN/cm²

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	103 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	8.3	26
2	-45.0	121.7	26
3	45.0	121.7	26
4	45.0	8.3	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	65301	158831	0	16517	0
2	50752	69711	0	2925	0
3	65301	147886	0	19738	0
4	50752	78893	0	-11043	0
5	50752	108113	0	11425	0
6	65301	158829	0	16739	0

RISULTATI DEL CALCOLO

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	65301	158831	0	65290	264445	0	1.66	53.1(21.8)
2	S	50752	69711	0	50764	257325	0	3.69	53.1(21.8)
3	S	65301	147886	0	65290	264445	0	1.79	53.1(21.8)
4	S	50752	78893	0	50764	257325	0	3.26	53.1(21.8)
5	S	50752	108113	0	50764	257325	0	2.38	53.1(21.8)
6	S	65301	158829	0	65290	264445	0	1.66	53.1(21.8)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00080	0.290	-50.0	130.0	0.00061	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
2	0.00077	0.283	-50.0	130.0	0.00058	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
3	0.00080	0.290	-50.0	130.0	0.00061	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
4	0.00077	0.283	-50.0	130.0	0.00058	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
5	0.00077	0.283	-50.0	130.0	0.00058	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3
6	0.00080	0.290	-50.0	130.0	0.00061	45.0	121.7	-0.00196	-45.0	8.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000022648	-0.002144482	0.290	0.803
2	0.000000000	0.000022410	-0.002142506	0.283	0.793
3	0.000000000	0.000022648	-0.002144482	0.290	0.803
4	0.000000000	0.000022410	-0.002142506	0.283	0.793
5	0.000000000	0.000022410	-0.002142506	0.283	0.793

RI51 – MURI AD U MU51

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	MU5100001	B	105 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

6 0.000000000 0.000022648 -0.002144482 0.290 0.803

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	16517	57538	121.7	100.0	0.0044	0.5
2	S	2925	55495	121.7	100.0	0.0044	0.4
3	S	19738	57538	121.7	100.0	0.0044	0.5
4	S	11043	55495	121.7	100.0	0.0044	0.4
5	S	11425	55495	121.7	100.0	0.0044	0.4
6	S	16739	57538	121.7	100.0	0.0044	0.5

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	RI51 – MURI AD U MU51 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU5100001	REV. B

9. TABELLA INCIDENZA ARMATURE

Si riportano di seguito le tabelle di incidenza delle armature relative ai muri a U di tipo 1 e tipo 2:

MURO a U MU51 - Tipo 1	
PARTE D'OPERA	INCIDENZA (Kg/mc)
Piedritti	130
Fondazione	150

MURO a U MU51 - Tipo 2	
PARTE D'OPERA	INCIDENZA (Kg/mc)
Piedritti	130
Fondazione	90