

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

Opere di sostegno di linea

TR04: Muro ad U MU26

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 26 CL MU2600 001 A

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

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	1 di 69

1.	PREMESSA .....	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	3
2.	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	5
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
4.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
5.	MATERIALI .....	7
5.1	CALCESTRUZZO MURI .....	7
5.2	ACCIAIO D'ARMATURA .....	7
6.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	8
7.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	10
7.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO .....	10
7.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	10
8.	VERIFICHE STRUTTURALI SLU .....	13
8.1	CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. ....	13
8.2	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE .....	13
8.3	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO .....	13
9.	VERIFICHE STRUTTURALI (SLE) .....	16
9.1	VERIFICHE ALLE TENSIONI .....	16
9.2	VERIFICHE A FESSURAZIONE .....	17
10.	MURO AD U TIPO 1 $H_{MAX}=4.48$ M .....	18
10.1.1	<i>Codice di calcolo</i> .....	18
10.1.2	<i>Affidabilità dei codici di calcolo</i> .....	18
10.2	MODELLAZIONE SEMPLIFICATA .....	19
10.3	MODELLAZIONE ADOTTATA .....	21
10.4	ANALISI DEI CARICHI .....	23

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	2 di 69

10.4.1	<i>Peso proprio della struttura</i> .....	23
10.4.2	<i>Carichi permanenti portati</i> .....	23
10.4.3	<i>Ballast</i> .....	24
10.4.4	<i>Spinta del terreno</i> .....	25
10.4.5	<i>Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore</i> .....	27
10.4.6	<i>Verifica requisiti s.t.i. per opere minori sottobinario: carico equivalente</i> .....	28
10.4.7	<i>Incremento di spinta dovuta al carico accidentale</i> .....	30
10.4.8	<i>Azione sismica</i> .....	31
10.5	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	34
10.6	RISULTATI E VERIFICHE .....	36
10.6.1	<i>Verifica piedritti s.0.8m</i> .....	39
10.6.2	<i>Verifica piedritti s.0.4m</i> .....	49
10.6.3	<i>Verifica soletta inferiore</i> .....	59

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

## 1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento dei muri ad U della trincea TR01 inquadrata all'interno dei lavori di costruzione della Direttiva Ferroviaria Messina – Catania – Palermo nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania, tratta Lercara dir. – Caltanissetta Xirbi (lotto 3).

### 1.1 Descrizione dell'opera

L'opera si sviluppa dalla progressiva chilometrica 16+430.07 alla 16+514.86 per uno sviluppo complessivo di 85 m circa nella posizione planimetrica riportata nella seguente Figura 1-1.

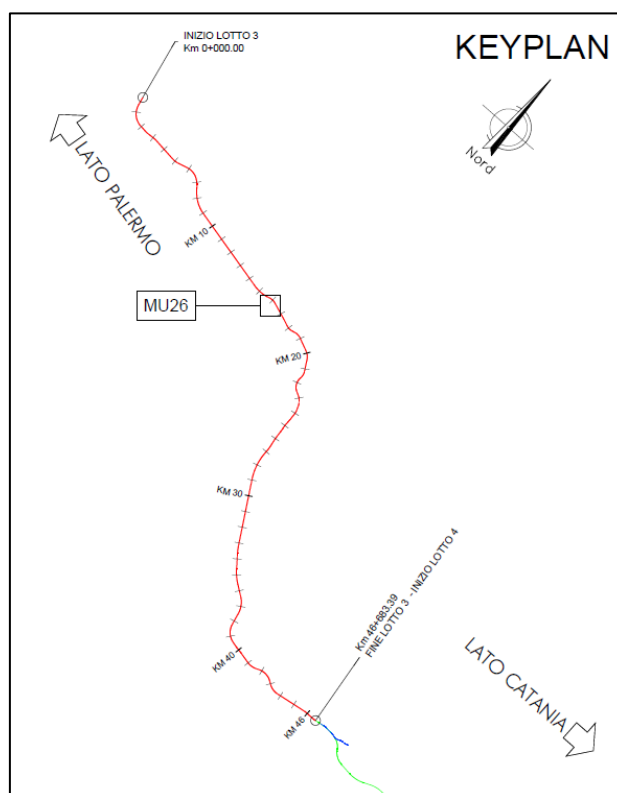


Figura 1-1 – Posizione planimetrica dell'opera MU26.

In particolare è stata analizzata la sezione rappresentativa di tutto il comportamento della struttura: l'opera in Figura 1-2 è caratterizzata da un'altezza massima dei piedritti (distanza p.c. – estradosso soletta) di 3.68 m, con uno spessore variabile, pari a 0.80 m allo spiccatto 0.40 m nella parte terminale del piedritto, per un tratto di 0.90 m. La soletta di fondo ha spessore di 0.80 m e larghezza di 5.00 m.

L'opera in questione è stata armata nel seguente modo:

- 5+10  $\phi$  26, per piedritti con spessore  $s = 0.8$  m (copriferro = 9.1 cm);
- 5+10  $\phi$  26, per piedritti con spessore  $s = 0.4$  m (copriferro = 9.1 cm);

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	4 di 69

- 10+10  $\phi$  28, con staffe  $\phi$  14 passo 20 cm, per soletta di fondazione con spessore  $s = 0.8$  m (copriferro = 9.2 cm).

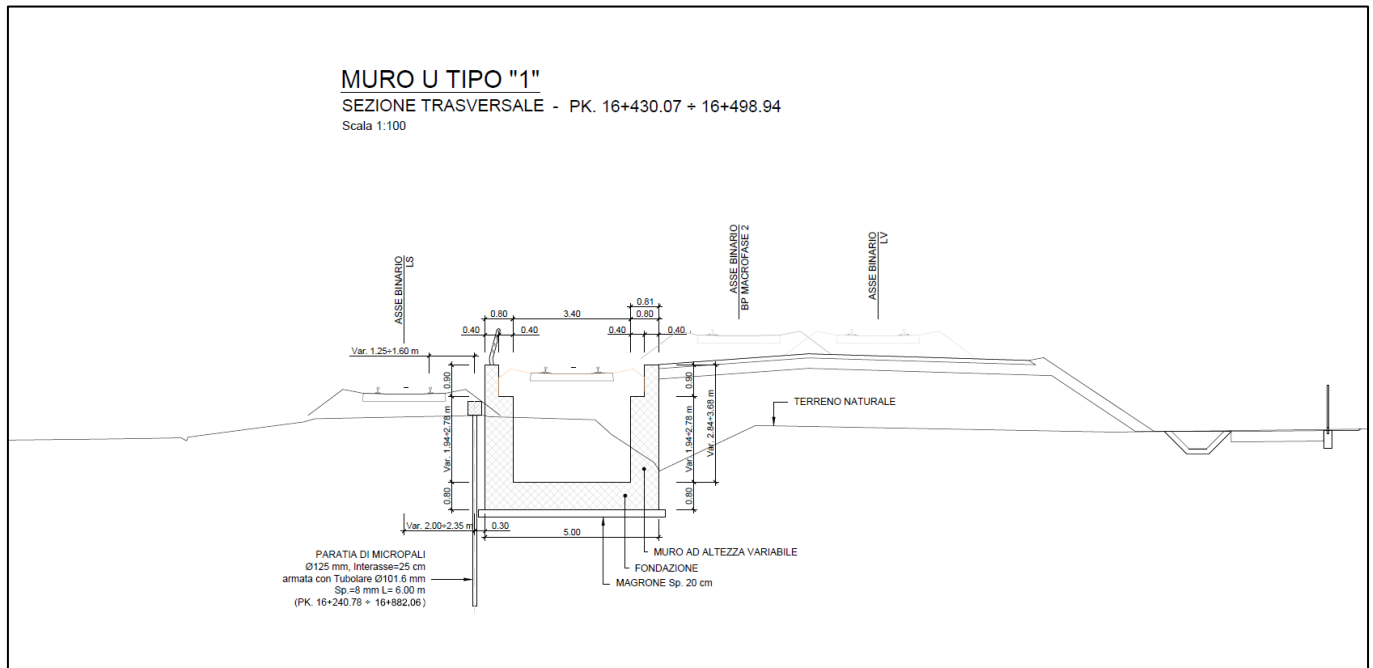


Figura 1-2 – Sezione tipo 1.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

## 2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

L'opera oggetto di studio viene localizzata in corrispondenza delle seguenti coordinate: lat = 37.694689 e long. = 13.836713.

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

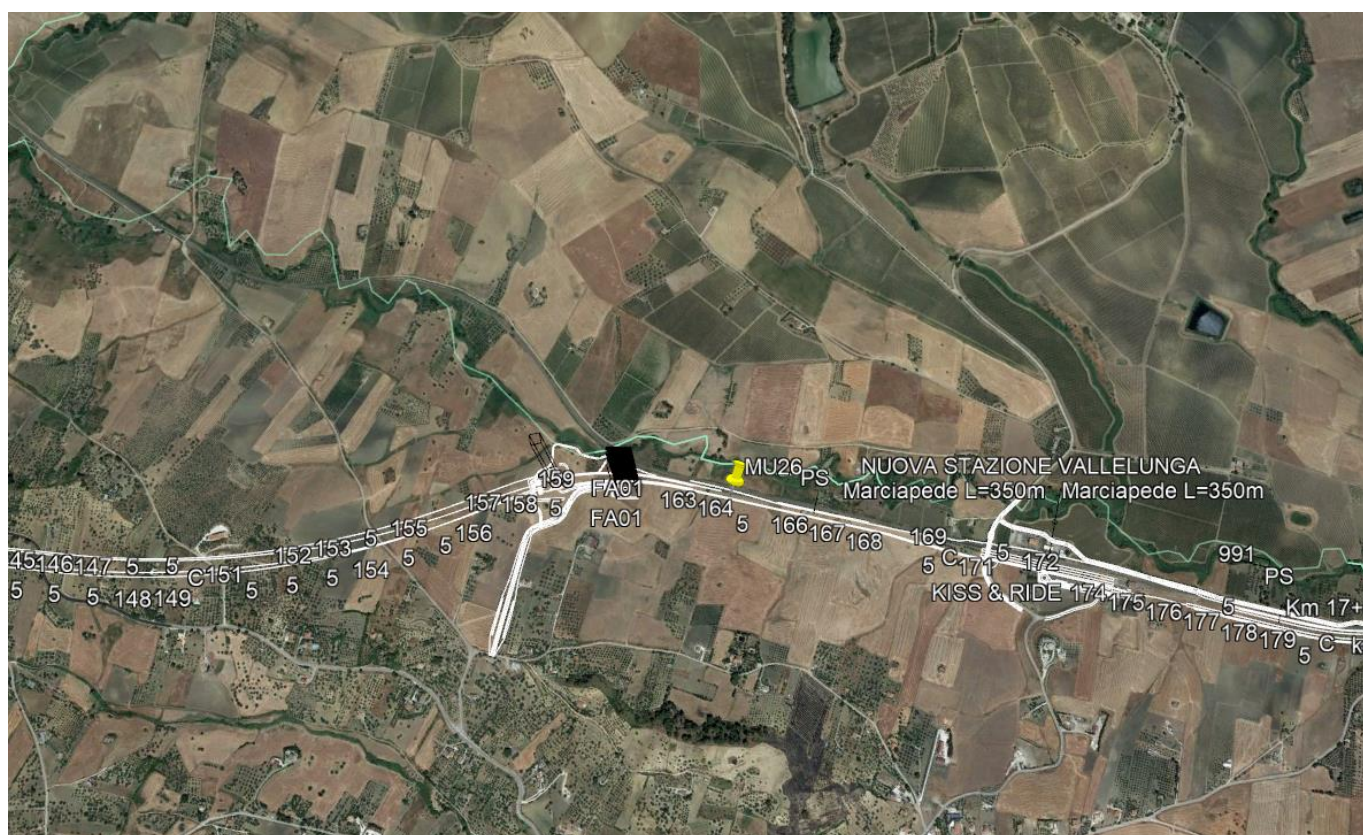


Figura 2-1. Posizione Geografica del tratto interessato : MU26.

Nella presente relazione si mostrano le principali verifiche strutturali e geotecniche, effettuate secondo la normativa NTC2018, del muro a U MU26, collocato all'interno della WBS TR04.

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA												
TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>MU 26 0 0 001</td> <td>A</td> <td>6 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	6 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	6 di 69								

### 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

### 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

RS3T 30 D 26 GE GE 00 00 001: *"Relazione geotecnica generale – opere all'aperto – Lotto 3a"*;

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

RS3T 30 D 26 P9 MU 26 00 001: *"TR04 – Muro a U MU26 – Pianta, prospetto e sezioni"*;

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 26 0 0 001	REV. A

## 5. MATERIALI

### 5.1 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:

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

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

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

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

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

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

### 5.2 Acciaio d'armatura

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

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

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

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

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

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



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

## 6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

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

Si evidenzia, inoltre, la presenza di una coltre superficiale inferiore a 1m le cui caratteristiche non risultano tali da permettervi l'impostazione del piano di posa del muro di sostegno.

U.G.	Distanza da p.c.	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$E_0$
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[MPa]
C	0-0.8	19	0	20	50
a2	0.8-11	19	19.5	25	100
TRV	11-40	21	22.5	20	100

In cui:

$\gamma$  = peso specifico del terreno;

$c'_k$  = coesione efficace;

$\phi'_k$  = angolo d'attrito efficace;

$c_u$  = coesione non drenata;

$E_0$  = Modulo dinamico del terreno.

La falda è posta a circa 2.00 metri dal piano campagna.

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

- peso volume,  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;

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

- coesione efficace  $c' = 0 \text{ kPa}$ .

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

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	9 di 69

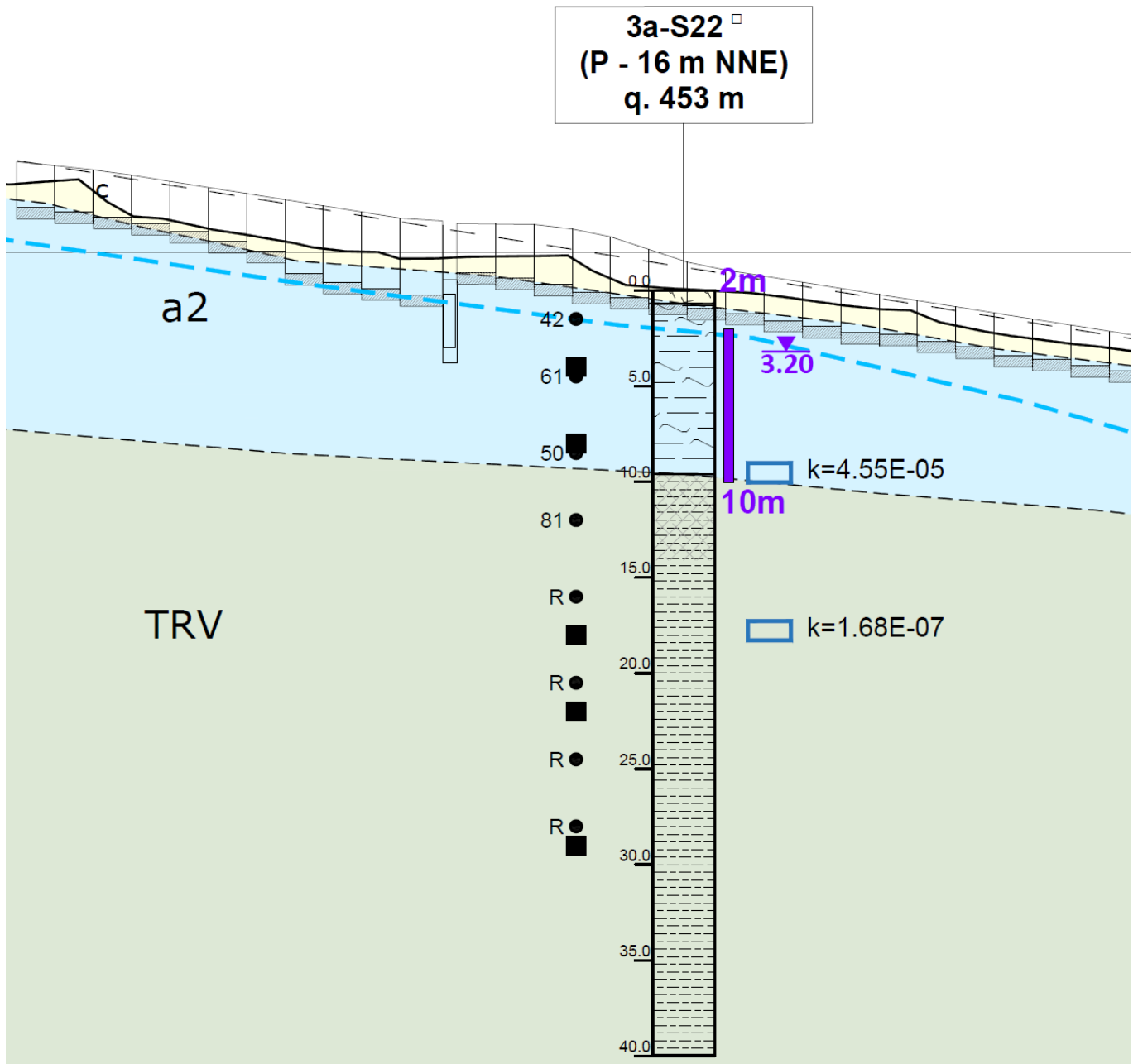


Figura 6-1 – Profilo geotecnico TR04.

 <p><b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>TR04: MURO AD U MU26 RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>MU 26 0 0 001</td> <td>A</td> <td>10 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	10 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	10 di 69								

## 7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

### 7.1 Vita nominale e classe d'uso

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

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

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

### 7.2 Parametri di pericolosità sismica

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

Categoria sottosuolo C

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

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	11 di 69

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate  
LONGITUDINE: 13.836713    LATITUDINE: 37.694689

Ricerca per comune  
REGIONE: Sicilia    PROVINCIA: Palermo    COMUNE: Baucina

Elaborazioni grafiche:  
Grafici spettri di risposta  
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:  
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

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

Interpolazione: media ponderata

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

INTRO    **FASE 1**    FASE 2    FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Classe d'uso della costruzione -  $c_U$ : 1.5 info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE:
 

SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
SLD - $P_{VR} = 63\%$	113

Stati limite ultimi - SLU:
 

SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO:  
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - - Strategia scelta

INTRO    FASE 1    **FASE 2**    FASE 3

$a_g$  → 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;

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	12 di 69

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato **SLV** info

---

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo **C** info       $S_S = 1.500$        $C_C = 1.452$  info  
 Categoria topografica **T1** info       $h/H = 0.000$        $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

---

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%) **5**       $\eta = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$  **1**      Regol. in altezza **si** info

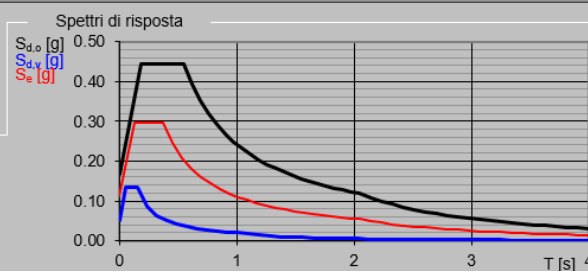
---

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$  **1**       $\eta = 1.000$  info

---

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta ▶  
 Parametri e punti spettri di risposta ▶

**Spettri di risposta**



— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

$S_{d,0}$  [g]

$S_{d,v}$  [g]

$S_e$  [g]

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.112 g
$F_{0,0}$	2.650
$T_C$	0.374 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.452
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.181 s
$T_C$	0.544 s
$T_D$	2.048 s

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

## 8. VERIFICHE STRUTTURALI SLU

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nell'istruttoria RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.8.3.

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

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

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

### 8.1 CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

### 8.2 VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE

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

### 8.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO

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

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

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

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

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRIBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 26 0 0 001	REV. A

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

$A_{s1}$  è l'area dell'armatura tesa;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

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

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

$A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

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

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

$s$  è il passo delle staffe;

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

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

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

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

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

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

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

Nel secondo caso, si assume che le condizioni ambientali del sito in cui sorge l'opera siano ordinarie e aggressive, rispettivamente per la zattera di fondazione e per il paramento verticale, e si verifica che il

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)          OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</p>												
<p>TR04: MURO AD U MU26          RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>MU 26 0 0 001</td> <td>A</td> <td>15 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	15 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	15 di 69								

valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia al più pari ai seguenti valori nominali:

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

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



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

## 9. VERIFICHE STRUTTURALI (SLE)

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

### 9.1 VERIFICHE ALLE TENSIONI

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

#### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

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

Per il caso in esame risulta in particolare:

- Muro di sostegno:

#### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{12.00} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{16.50} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

#### ACCIAIO

$$\sigma_{s \text{ max}} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)})$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

## 9.2 VERIFICHE A FESSURAZIONE

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

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

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>	ap. fessure	≤w <sub>3</sub>
		quasi permanente	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

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

Risultando:

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

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

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

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dalle specifiche RFI (Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

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

Combinazione Caratteristica (Rara)

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

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

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>												
TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>MU 26 0 0 001</td> <td>A</td> <td>18 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	18 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	18 di 69								

## 10. MURO AD U TIPO 1 H<sub>MAX</sub>=4.48 M

### 10.1.1 Codice di calcolo

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

Titolo SAP2000

Versione 21.0.2 advanced

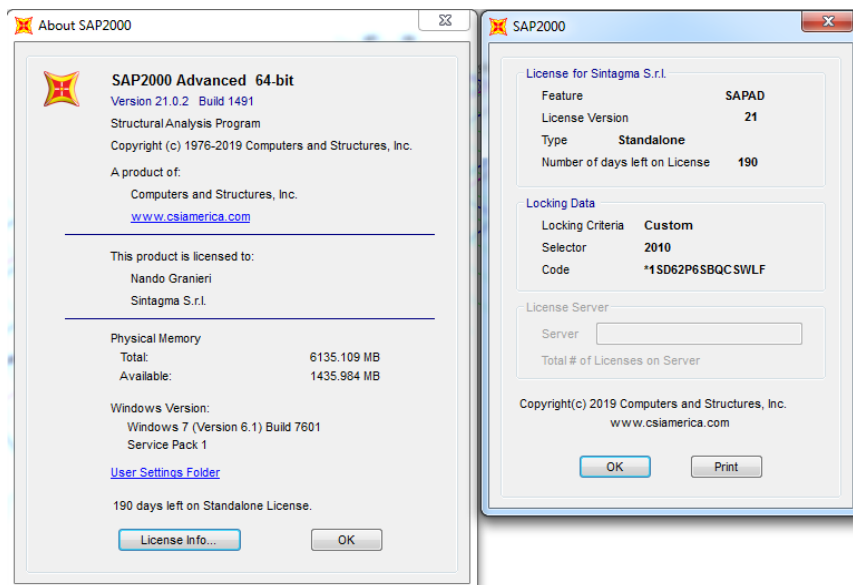
Distributore CSI Italia

### 10.1.2 Affidabilità dei codici di calcolo

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

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

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



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

## 10.2 Modellazione semplificata

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

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

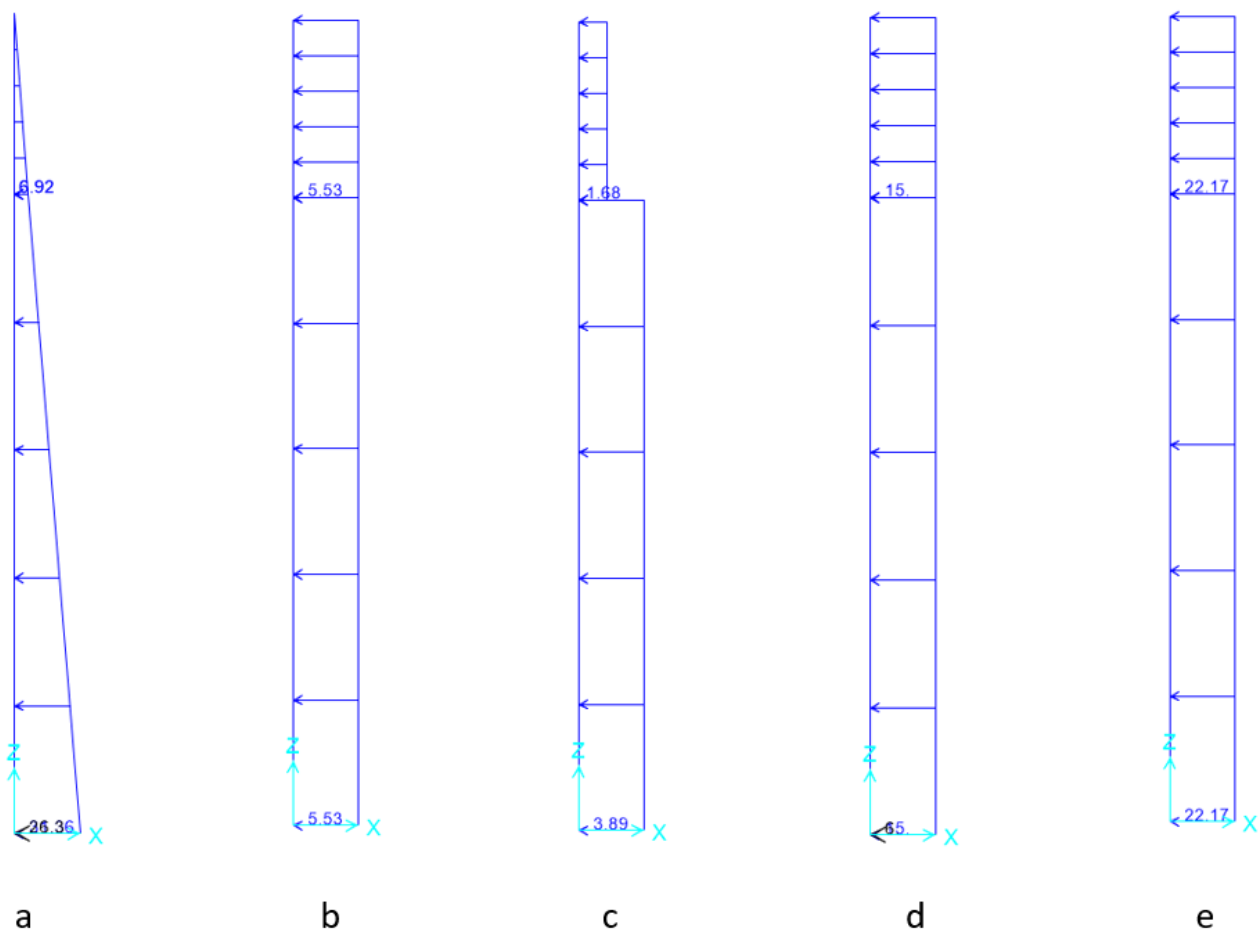


Figura 10-1 – Spinte applicate al piedritto.

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	20 di 69

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

M (SLU) = 454.08 kNm (a);

T (SLU) = 251.87 kN (b);

M (SLV) = 319.95 kNm (c);

T (SLV) = 179.71 kN (d);

M (SLE) = 317.57 kNm (e).

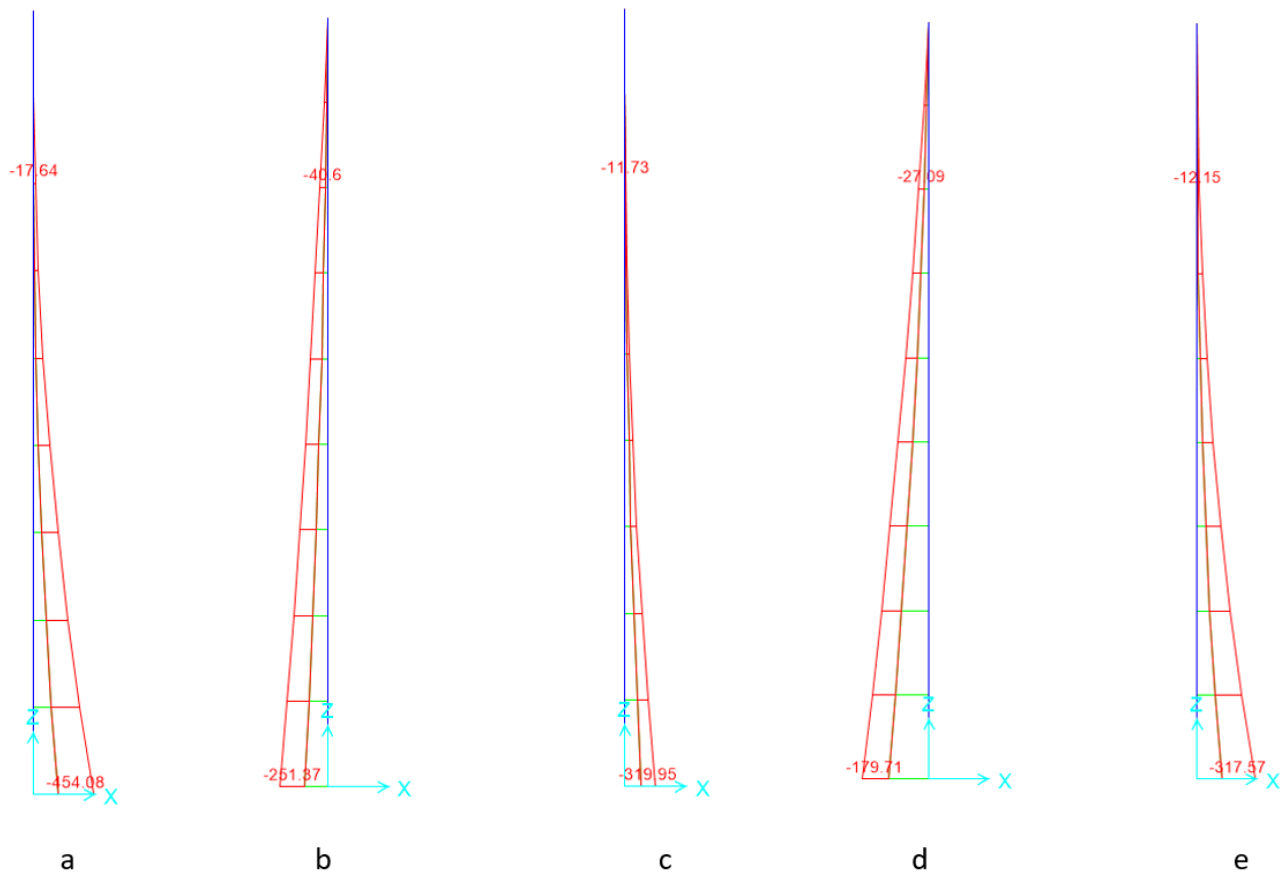


Figura 10-2 – Sollecitazioni piedritto.

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

### 10.3 Modellazione adottata

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta pari a 10000 kN/m<sup>3</sup>.

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

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

dove:

E = modulo elastico del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson =0.3;

B = larghezza della fondazione.

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

unità	E	$\nu$	B	L	L/B	$c_t$	$k_w$
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m <sup>3</sup> )
a2	20	0.3	5	30	6.00	1.8098	2429

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.

Il modello è stato considerato, a favore di sicurezza, con il rilevato ferroviario spingente dall'interno e in assenza del rilevato ferroviario esterno che verrà realizzato successivamente a destra.

La dimensione interna è di 3.4 m, l'altezza interna, a partire dal piano campana, è pari 3.68 m, la soletta inferiore ha spessore pari a 0.80 m e piedritti hanno spessore variabile, pari a 0.80 m allo spiccato e 0.40 m in sommità per un tratto di 0.90 m.

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	22 di 69

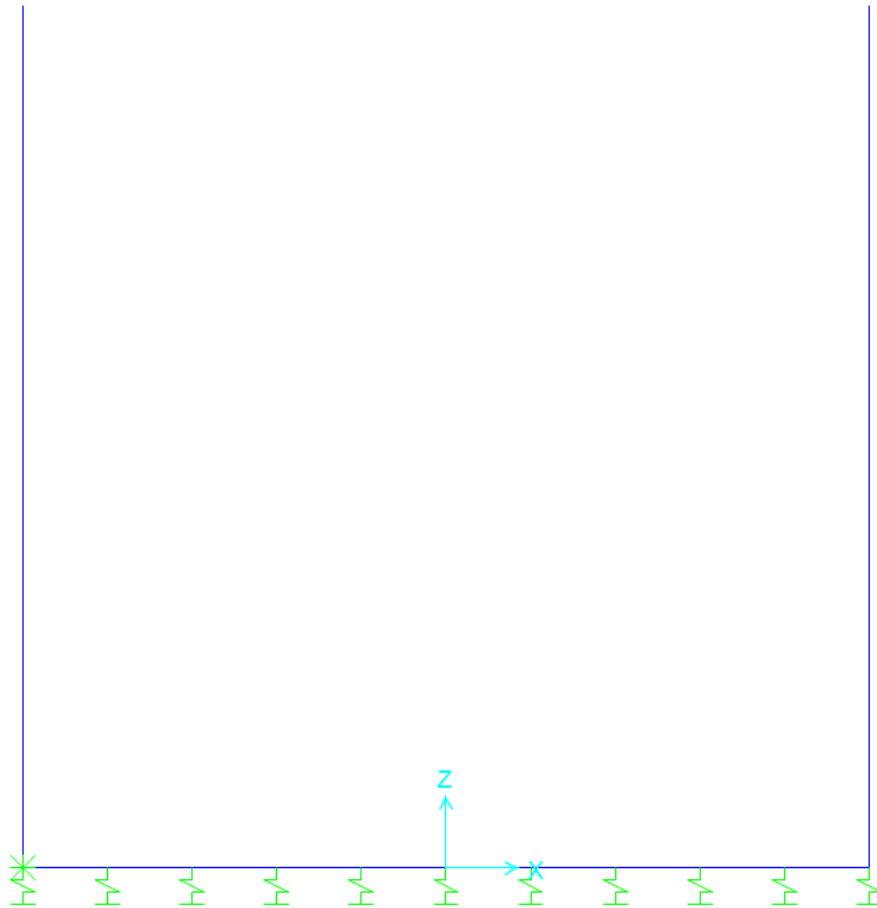


Figura 10-3 – Modello di calcolo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

## 10.4 Analisi dei carichi

### 10.4.1 *Peso proprio della struttura*

Il peso proprio della struttura è valutato automaticamente dal programma di calcolo attribuendo al c.a. un peso dell'unità di volume di 25 kN/m<sup>3</sup>.

### 10.4.2 *Carichi permanenti portati*

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta inferiore		
$\gamma_3$	20.00	kN/m <sup>3</sup>
$S_3$	4.08	m
$W_3$	81.6	kN/m <sup>2</sup>
Spessore terreno		

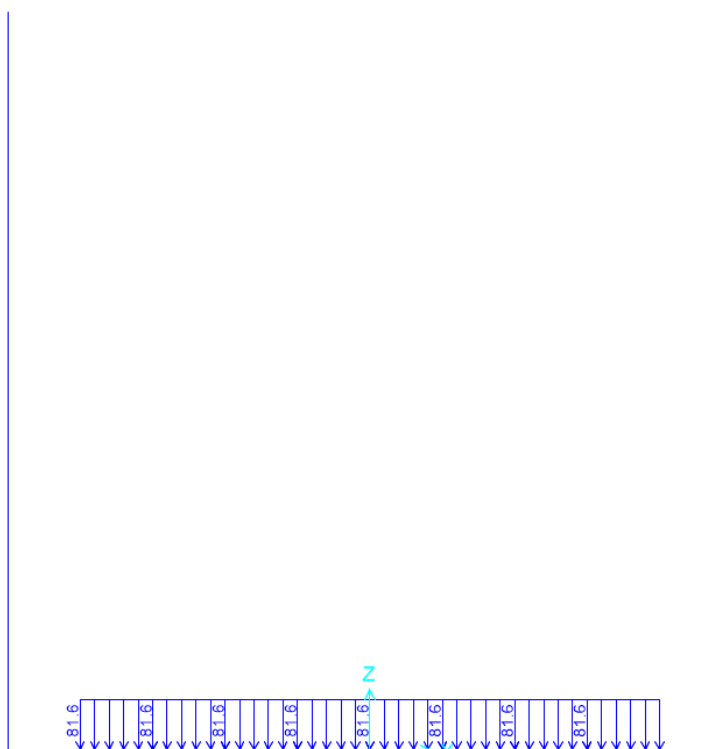


Figura 10-4 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.



 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA												
TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>MU 26 0 0 001</td> <td>A</td> <td>24 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	24 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	24 di 69								

### 10.4.3 Ballast

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

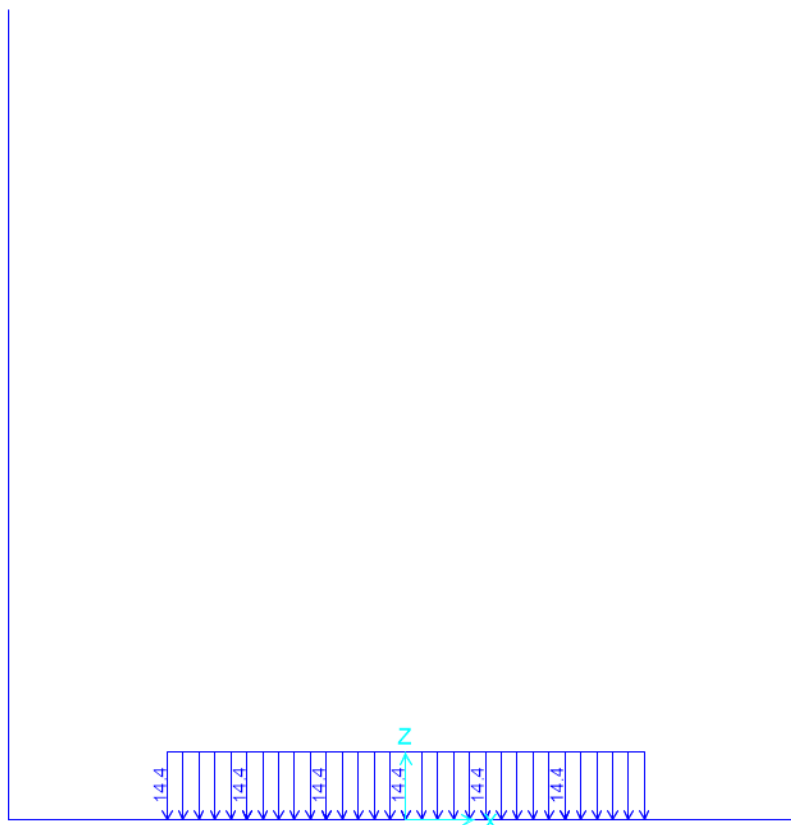


Figura 10-5 – Ballast.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

#### 10.4.4 Spinta del terreno

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

SPINTA RIPOSO E SPINTA H <sub>2</sub> O			
$\gamma_t$	20.00	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico terreno
$\Phi'_k$	38	°	angolo attrito caratteristico
$\Phi'_d$	38	°	angolo attrito di progetto
$k_0$	0.38	-	

z da p.c. (m)	$\sigma'_{h,tot}$ (kN/m <sup>2</sup> )
0	0.00
0.9	6.92
4.08	31.36

$F_{t,inf}$	26.3	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
-------------	------	------	---

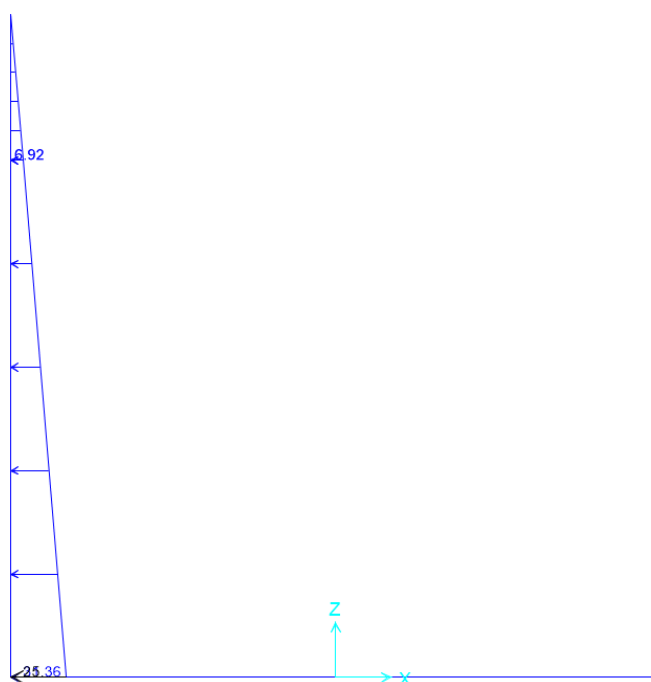


Figura 10-6 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

TR04: MURO AD U MU26  
 RELAZIONE DI CALCOLO

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

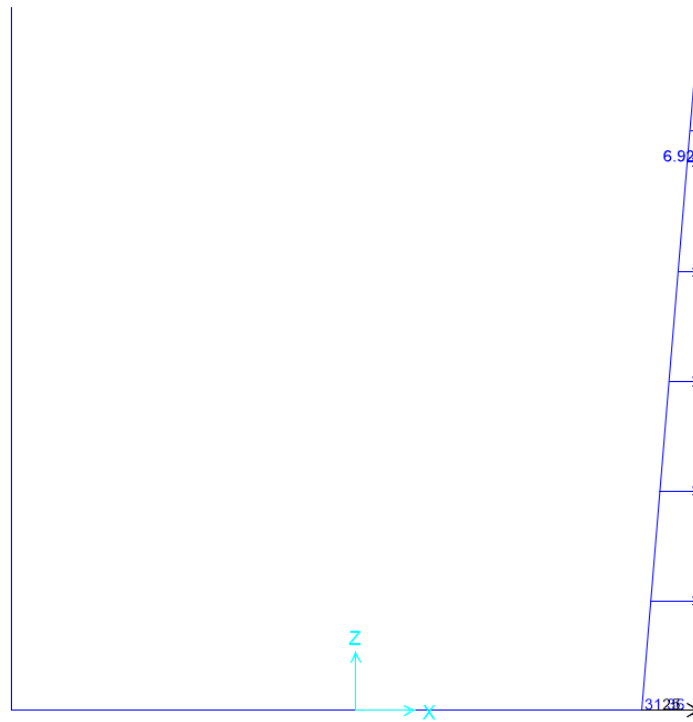


Figura 10-7 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

#### 10.4.5 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

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

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

Il treno di carico SW2 è schematizzato nella figura seguente.

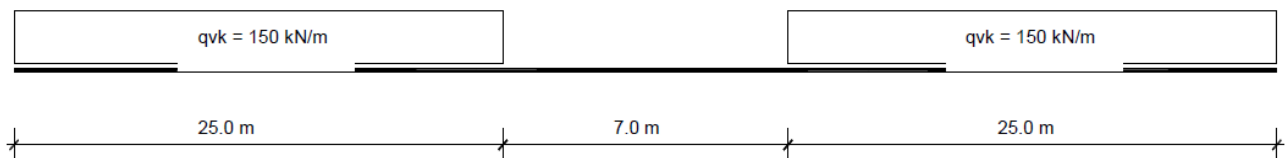


Figura 10-8 – Treno di carico SW2.

Per la ripartizione si considera

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

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

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " $\alpha$ "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Figura 10-9 – Coefficienti  $\alpha$  per modelli di carico.

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

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26 RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

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

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

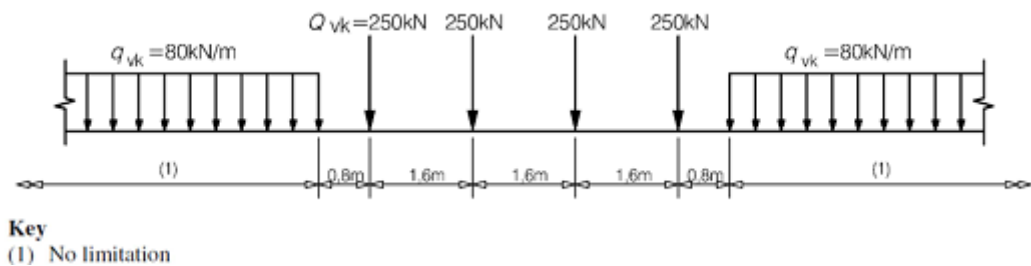
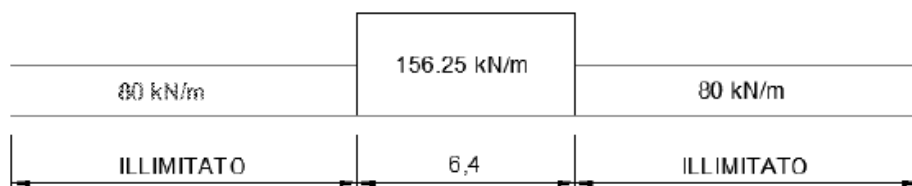


Figura 10-10 – Treno di carico LM71.

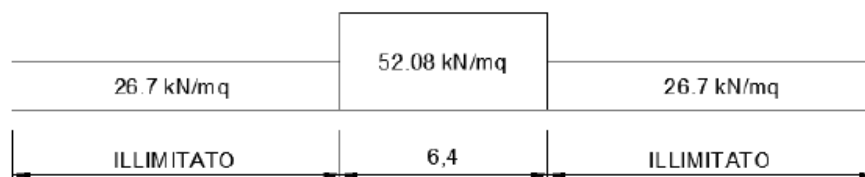
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

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

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



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



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

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU 26 0 0 001	REV. A

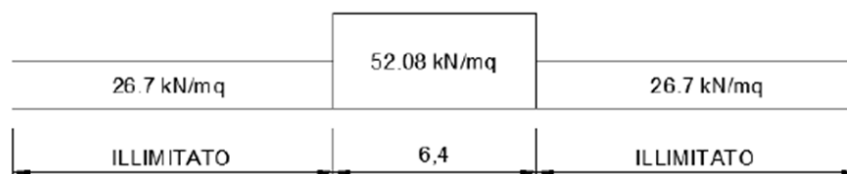
*Tabella 11*

**Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove**

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

*Tabella 10-1 – Fattore alfa per la progettazione di strutture nuove.*

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



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

$$q_{var} = (52,08 \text{ kN/m}^2 \times 3,0\text{m}) / (3,0\text{m}) = 52,08 \text{ kN/m}^2$$

Ai fini delle verifiche del carico equivalente si considera, in tutte le relazioni di calcolo specifiche, a favore di sicurezza, il carico equivalente SW2 pari a 57,7 kN/m<sup>2</sup> a vantaggio di sicurezza rispetto ai 52,08 kN/m<sup>2</sup> calcolati con riferimento alle STI.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>												
TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>MU 26 0 0 001</td> <td>A</td> <td>30 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	30 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	30 di 69								

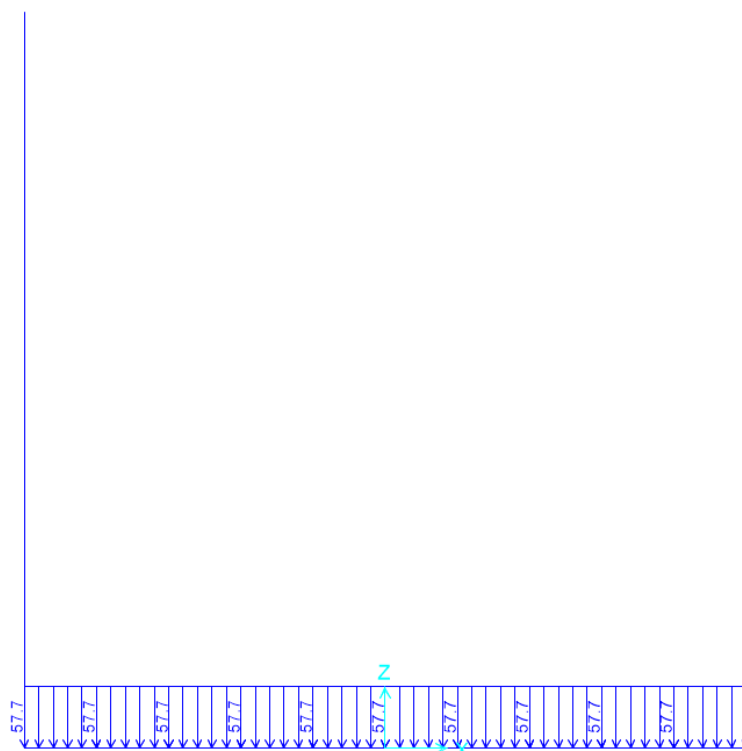


Figura 10-11 – Treno di carico LM71.

#### 10.4.7 Incremento di spinta dovuta al carico accidentale

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

<b>Spinta statica dovuta al treno SW/2</b>	
$q_{v1}$	57.7 kN/m <sup>2</sup>
$k_0$	0.38
$\Delta p_d$	22.17 kN/m <sup>2</sup>

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

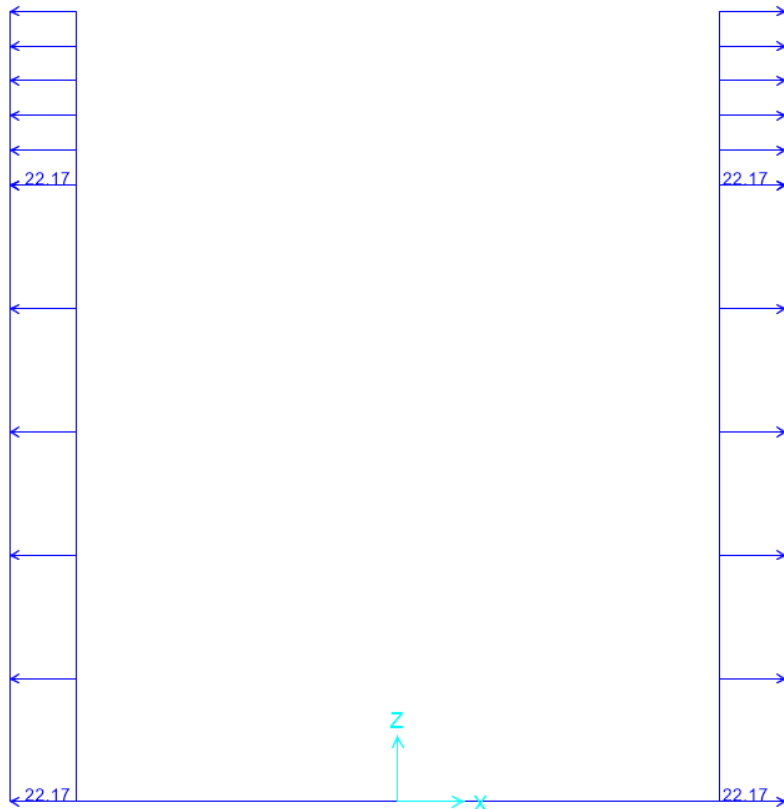


Figura 10-12 – Incremento spinta treno di carico LM71 singolo binario.

#### 10.4.8 Azione sismica

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

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

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

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

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

Nelle espressioni precedenti  $a_{\max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito mentre  $\beta_m$  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  $\beta_m$  è stato posto pari ad 1. L'accelerazione orizzontale massima è stata valutata con la relazione:



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

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

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

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

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

$a_g$	0.112	g
$S_S$	1.5	
$S_T$	1	
$a_{\max}$	0.168	g
$\beta_m$	1	
$k_h$	0.168	
$k_v$	0.084	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.68	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 0.4m
$k_h \cdot W_{P3}$	3.89	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 0.8m
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
$h_{\text{tot}}$	4.48	m	altezza complessiva
$\Delta p_d$	15	kN/m <sup>2</sup>	incremento di spinta
$F_w$	6	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	33 di 69

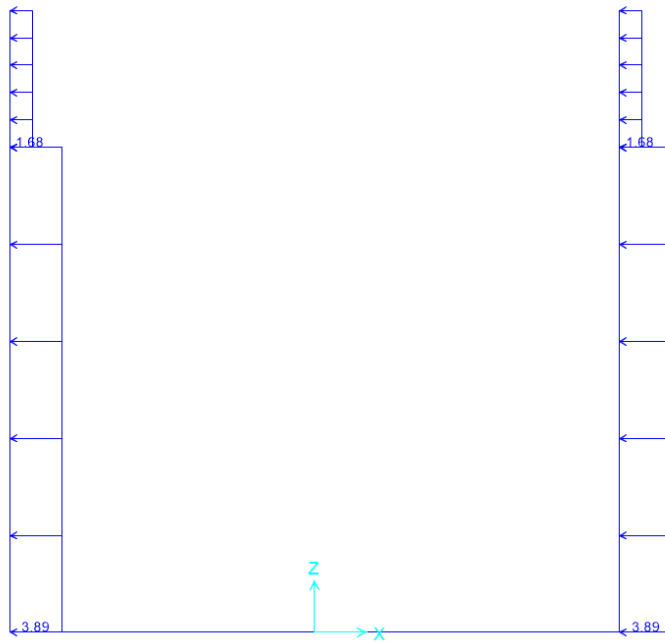


Figura 10-13 – Sisma orizzontale.

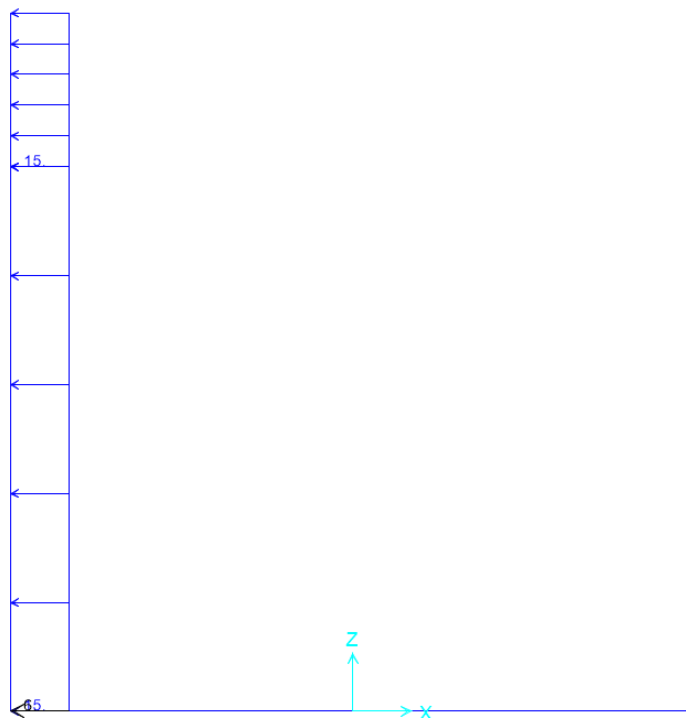


Figura 10-14 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

### 10.5 Combinazioni di calcolo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
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 sulla parte destra della soletta inferiore	acc_inf_ex
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.

TR04: MURO AD U MU26  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	35 di 69

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

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

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	36 di 69

combinazioni di carico agli SLE												
	rar1	rar2	rar3	rar4	rar5	rar6	rar7	fre1	fre2	fre3	qpe1	qpe2
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	1	0.8	1	1	0.8
spinta_q1k_sx	1	1	1	0.75	1	1	1	0.75	0.75	0	0	0
acc_inf_ex	0	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0
acc_inf	0	0.8	0	1	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0
spinta_acqua sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_acqua dx	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	1	0.8	1	1	0.8

Tabella 5 – Combinazioni di carico agli SLE.

## 10.6 Risultati e verifiche

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

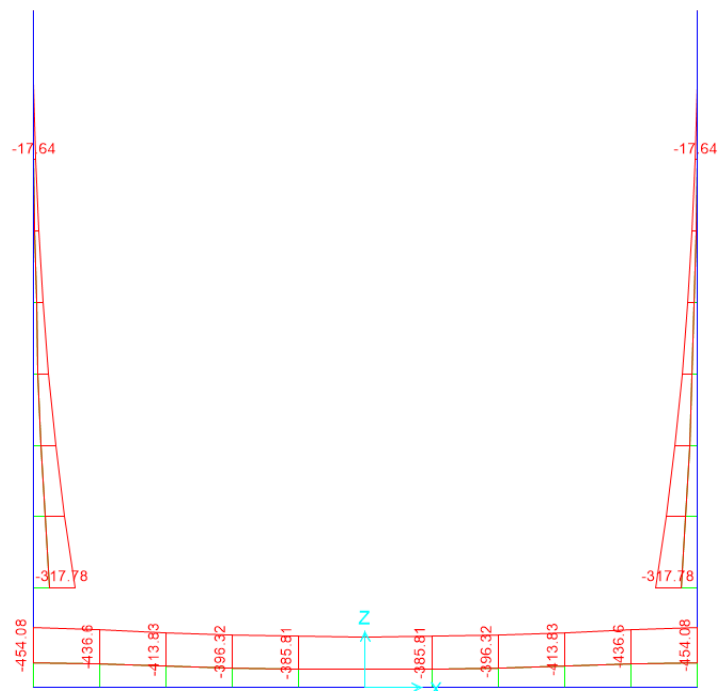


Figura 10-15 – Momento flettente enve-SLU.

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	37 di 69

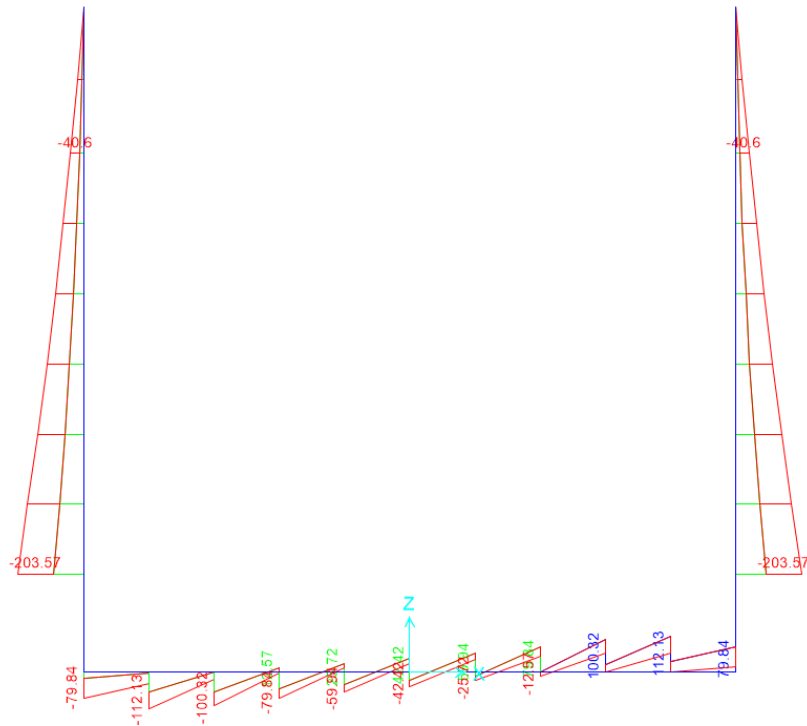


Figura 10-16 – Taglio enve-SLU.

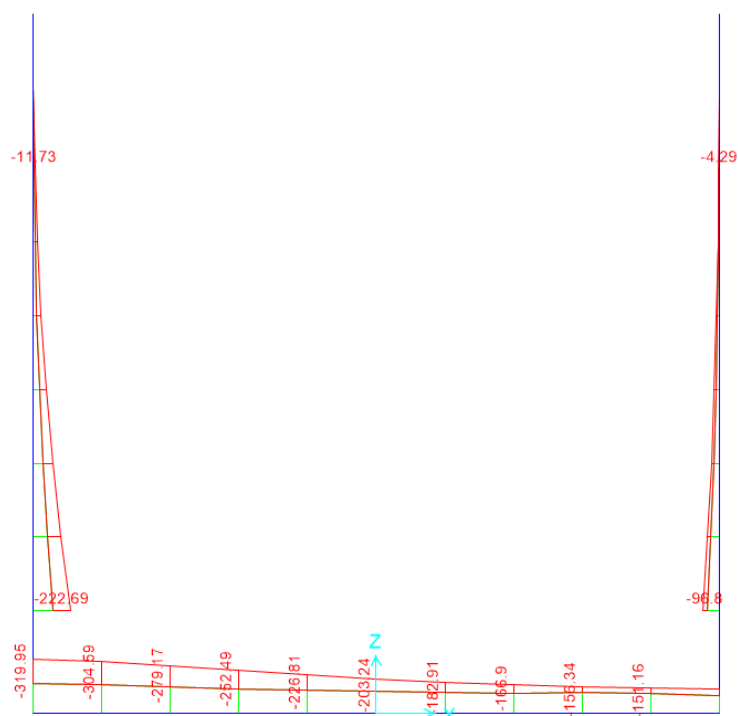


Figura 10-17 – Momento flettente enve-SLV.

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	38 di 69

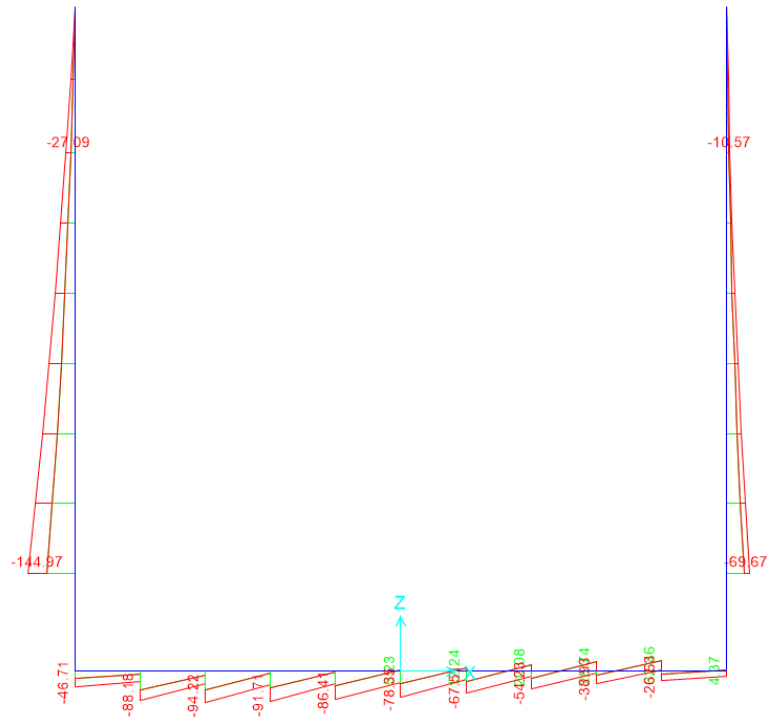


Figura 10-18 – Taglio enve-SLV.

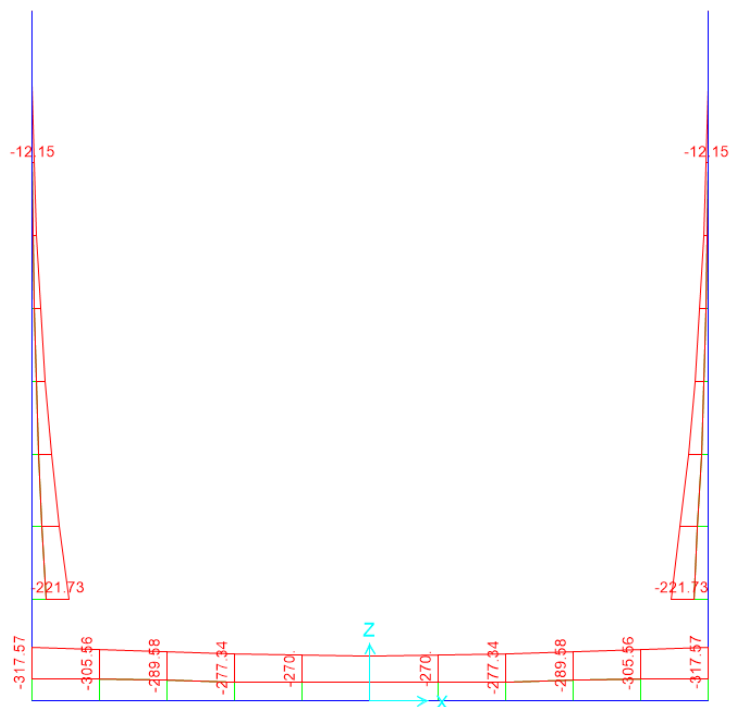


Figura 10-19 – Momento flettente enve-SLE.



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

TR04: MURO AD U MU26  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	39 di 69

### 10.6.1 Verifica piedritti s.0.8m

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-9.00	-6.58	<b>-2.49</b>	64	3.18	sis1_nl
M3	min		-60.58	-144.97	<b>-222.69</b>	62	0.60	sis3_nl
V2	max		-9.00	<b>-6.58</b>	-2.49	64	3.18	sis1_nl
V2	min		-60.58	<b>-144.97</b>	-222.69	62	0.60	sis3_nl
P	max		<b>-9.00</b>	-23.10	-9.93	62	3.18	sis1_nl
P	min		<b>-60.58</b>	-129.54	-195.84	62	0.60	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-12.15	-11.67	<b>-4.62</b>	62	3.18	slu1_nl
M3	min		-81.79	-203.57	<b>-317.78</b>	62	0.60	slu3_nl
V2	max		-12.15	<b>-11.67</b>	-4.62	62	3.18	slu1_nl
V2	min		-81.79	<b>-203.57</b>	-317.78	62	0.60	slu3_nl
P	max		<b>-9.00</b>	-11.67	-4.62	62	3.18	slu2_nl
P	min		<b>-81.79</b>	-91.71	-123.12	62	0.60	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-9.00	-8.09	<b>-3.17</b>	62	3.18	rar1_nl
M3	min		-60.58	-142.94	<b>-221.73</b>	62	0.60	rar2_nl
V2	max		-9.00	<b>-8.09</b>	-3.17	62	3.18	rar1_nl
V2	min		-60.58	<b>-142.94</b>	-221.73	62	0.60	rar2_nl
P	max		<b>-9.00</b>	-8.09	-3.17	62	3.18	rar1_nl
P	min		<b>-60.58</b>	-65.79	-87.48	62	0.60	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-9.00	-8.09	<b>-3.17</b>	62	3.18	fre2_nl
M3	min		-60.58	-127.51	<b>-194.88</b>	62	0.60	fre1_nl
V2	max		-9.00	<b>-8.09</b>	-3.17	62	3.18	fre2_nl
V2	min		-60.58	<b>-127.51</b>	-194.88	62	0.60	fre1_nl
P	max		<b>-9.00</b>	-24.05	-10.36	62	3.18	fre1_nl
P	min		<b>-60.58</b>	-127.51	-194.88	62	0.60	fre1_nl



TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	40 di 69

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-9.00	-8.09	<b>-3.17</b>	62	3.18	qpe1_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	-60.58	-65.79	<b>-87.48</b>	62	0.60	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>		-9.00	<b>-8.09</b>	-3.17	62	3.18	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>		-60.58	<b>-65.79</b>	-87.48	62	0.60	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-9.00</b>	-8.09	-3.17	62	3.18	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-60.58</b>	-65.79	-87.48	62	0.60	qpe1_nl

### 10.6.1.1 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:	c32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	37.20 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	41 di 69

Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	5Ø26	(26.5 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1215	-462	-1167	0
2	8179	-31778	-20357	0
3	1215	-462	-1167	0
4	8179	-31778	-20357	0
5	900	-462	-1167	0
6	8179	-12312	-9171	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317
2	6058	-22173
3	900	-317
4	6058	-22173
5	900	-317
6	6058	-8748

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	900	-317 (-85390)
2	6058	-19488 (-54199)
3	900	-317 (-85390)
4	6058	-19488 (-54199)
5	900	-1036 (-58951)
6	6058	-19488 (-54199)

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

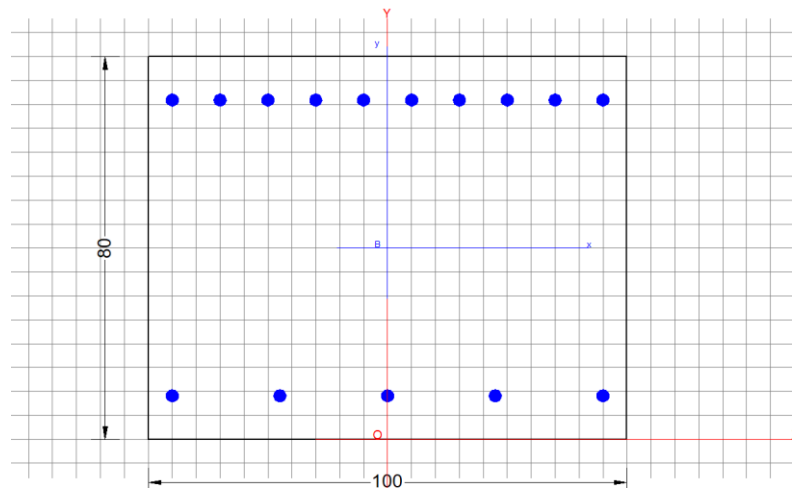
N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
---------	---	----

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	42 di 69

1	900	-317 (-85390)
2	6058	-8748 (-57362)
3	900	-317 (-85390)
4	6058	-8748 (-57362)
5	900	-317 (-85390)
6	6058	-8748 (-57362)



## 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 $\geq 1.000$
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 <sup>2</sup> ] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	1215	-462	1201	-136325	282.012	11.3	0.16	0.70	53.1 (15.2)
2	S	8179	-31778	8163	-138459	4.342	11.6	0.16	0.70	53.1 (15.2)
3	S	1215	-462	1201	-136325	282.012	11.3	0.16	0.70	53.1 (15.2)
4	S	8179	-31778	8163	-138459	4.342	11.6	0.16	0.70	53.1 (15.2)
5	S	900	-462	885	-136229	285.084	11.3	0.16	0.70	53.1 (15.2)
6	S	8179	-12312	8163	-138459	11.127	11.6	0.16	0.70	53.1 (15.2)

## DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max      Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	43 di 69

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.01840	70.9
2	0.00350	0.0	0.00075	9.1	-0.01794	70.9
3	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.01840	70.9
4	0.00350	0.0	0.00075	9.1	-0.01794	70.9
5	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.01842	70.9
6	0.00350	0.0	0.00075	9.1	-0.01794	70.9

#### VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-1167	38182	70.9	100.0	0.0075	0.0
2	S	-20357	39107	70.9	100.0	0.0075	0.1
3	S	-1167	38182	70.9	100.0	0.0075	0.0
4	S	-20357	39107	70.9	100.0	0.0075	0.1
5	S	-1167	38020	70.9	100.0	0.0075	0.0
6	S	-9171	39107	70.9	100.0	0.0075	0.1

#### 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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)  
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.  
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
2	S	24.5	0.0	0.0	26.5	-616	9.1	17.8	1784	53.1	9.1
3	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
4	S	24.5	0.0	0.0	26.5	-616	9.1	17.8	1784	53.1	9.1
5	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
6	S	10.0	0.0	0.0	29.4	-213	9.1	16.9	1690	53.1	9.1

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

Ver Esito verifica

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	44 di 69

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	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
2	S	-0.00037	0.00018	0.50	0.60	0.000185 (0.000185)	414	0.076 (0.20)	-53906
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
4	S	-0.00037	0.00018	0.50	0.60	0.000185 (0.000185)	414	0.076 (0.20)	-53906
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
6	S	-0.00013	0.00007	0.50	0.60	0.000064 (0.000064)	406	0.026 (0.20)	-57362

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
2	S	21.6	0.0	0.0	26.8	-535	9.1	17.8	1776	53.1	9.1
3	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
4	S	21.6	0.0	0.0	26.8	-535	9.1	17.8	1776	53.1	9.1
5	S	1.2	0.0	0.0	32.9	-24	9.1	16.5	1647	53.1	9.1
6	S	21.6	0.0	0.0	26.8	-535	9.1	17.8	1776	53.1	9.1

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
2	S	-0.00032	0.00016	0.50	0.60	0.000161 (0.000161)	413	0.066 (0.20)	-54199
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
4	S	-0.00032	0.00016	0.50	0.60	0.000161 (0.000161)	413	0.066 (0.20)	-54199
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	402	0.003 (0.20)	-58951
6	S	-0.00032	0.00016	0.50	0.60	0.000161 (0.000161)	413	0.066 (0.20)	-54199

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
2	S	10.0	0.0	0.0	29.4	-213	9.1	16.9	1690	53.1	9.1
3	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
4	S	10.0	0.0	0.0	29.4	-213	9.1	16.9	1690	53.1	9.1
5	S	0.4	0.0	0.0	57.4	-3	9.1	10.6	1056	53.1	9.1
6	S	10.0	0.0	0.0	29.4	-213	9.1	16.9	1690	53.1	9.1

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
2	S	-0.00013	0.00007	0.50	0.40	0.000064 (0.000064)	406	0.026 (0.20)	-57362
3	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
4	S	-0.00013	0.00007	0.50	0.40	0.000064 (0.000064)	406	0.026 (0.20)	-57362
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	353	0.000 (0.20)	-85390
6	S	-0.00013	0.00007	0.50	0.40	0.000064 (0.000064)	406	0.026 (0.20)	-57362

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	45 di 69

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	204 kN
$N_{Ed}$	82 kN

Calcestruzzo

**c32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

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

Copriferro

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

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

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

Area Calcestruzzo

$A_c$	800000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

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

$A_{sl}$	5306.6 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0075 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.1025 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

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

$k$	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

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

$V_{Rd}$	391.04 kN
----------	-----------

**Verifica:**

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

**VERIFICATA**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

### 10.6.1.2 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	c32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	37.20	daN/cm <sup>2</sup>	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	80.0	cm
Barre inferiori:	5Ø26	(26.5 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.1	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	900	-249	-658	0
2	6058	-22269	-14497	0
3	900	-249	-658	0
4	6058	-22269	-14497	0
5	900	-993	-2310	0
6	6058	-19584	-12954	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

### 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 $\geq 1.000$
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 <sup>2</sup> ] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	900	-249	911	-130334	492.053	23.4	0.33	0.85	53.1 (15.2)
2	S	6058	-22269	6081	-131793	5.895	23.6	0.33	0.86	53.1 (15.2)
3	S	900	-249	911	-130334	492.053	23.4	0.33	0.85	53.1 (15.2)
4	S	6058	-22269	6081	-131793	5.895	23.6	0.33	0.86	53.1 (15.2)
5	S	900	-993	911	-130334	129.199	23.4	0.33	0.85	53.1 (15.2)
6	S	6058	-19584	6081	-131793	6.698	23.6	0.33	0.86	53.1 (15.2)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00096	0.0	0.00059	9.1	-0.00196	70.9
2	0.00098	0.0	0.00060	9.1	-0.00196	70.9
3	0.00096	0.0	0.00059	9.1	-0.00196	70.9
4	0.00098	0.0	0.00060	9.1	-0.00196	70.9
5	0.00096	0.0	0.00059	9.1	-0.00196	70.9
6	0.00098	0.0	0.00060	9.1	-0.00196	70.9

### VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-658	38020	70.9	100.0	0.0075	0.0
2	S	-14497	38825	70.9	100.0	0.0075	0.1



TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	48 di 69

3	S	-658	38020	70.9	100.0	0.0075	0.0
4	S	-14497	38825	70.9	100.0	0.0075	0.1
5	S	-2310	38020	70.9	100.0	0.0075	0.0
6	S	-12954	38825	70.9	100.0	0.0075	0.1

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$  **145 kN**  
 $N_{Ed}$  **61 kN**

Calcestruzzo

**c32/40**

$R_{ck}$  **40 N/mm<sup>2</sup>**  
 $f_{ck}$  **33.2 N/mm<sup>2</sup>**

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  **18.81 N/mm<sup>2</sup>**

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  **1.5**

Altezza sezione

$h$  **800 mm**

Copriferro

$c$  **91 mm**

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  **1000 mm**

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  **709 mm**

Area Calcestruzzo

$A_c$  **800000 mm<sup>2</sup>**

Armatura longitudinale tesa

$n$  **10**

$\varnothing$  **26 mm**

$A_{sl}$  **5306.6 mm<sup>2</sup>**

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  **0.0075 ≤ 0.02** **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  **0.0763 ≤ 0.2 f<sub>cd</sub>** **ok**

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

$k$  **1.53 ≤ 2** **ok**

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

$v_{\min}$  **0.27**

$V_{Rd}$  **388.25 kN**

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**VERIFICATA**

TR04: MURO AD U MU26

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	49 di 69

### 10.6.2 Verifica piedritti s.0.4m

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	0.00	0.00	<b>0.00</b>	63	0.90	sis3_nl
M3	min		-9.00	-27.09	<b>-11.73</b>	63	0.00	sis3_nl
V2	max		0.00	<b>0.00</b>	0.00	65	0.90	sis3_nl
V2	min		-9.00	<b>-27.09</b>	-11.73	63	0.00	sis3_nl
P	max		<b>0.00</b>	0.00	0.00	63	0.90	sis2_nl
P	min		<b>-9.00</b>	-23.10	-9.93	63	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	0.00	0.00	<b>0.00</b>	63	0.90	slu3_nl
M3	min		-12.15	-40.60	<b>-17.64</b>	63	0.00	slu3_nl
V2	max		0.00	<b>0.00</b>	0.00	63	0.90	slu4_nl
V2	min		-12.15	<b>-40.60</b>	-17.64	63	0.00	slu3_nl
P	max		<b>0.00</b>	0.00	0.00	63	0.90	slu3_nl
P	min		<b>-12.15</b>	-11.67	-4.62	63	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	0.00	0.00	<b>0.00</b>	63	0.90	rar1_nl
M3	min		-9.00	-28.04	<b>-12.15</b>	63	0.00	rar2_nl
V2	max		0.00	<b>0.00</b>	0.00	63	0.90	rar2_nl
V2	min		-9.00	<b>-28.04</b>	-12.15	63	0.00	rar2_nl
P	max		<b>0.00</b>	0.00	0.00	65	0.90	rar1_nl
P	min		<b>-9.00</b>	-8.09	-3.17	63	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	0.00	0.00	<b>0.00</b>	65	0.90	fre1_nl
M3	min		-9.00	-24.05	<b>-10.36</b>	63	0.00	fre1_nl
V2	max		0.00	<b>0.00</b>	0.00	63	0.90	fre1_nl
V2	min		-9.00	<b>-24.05</b>	-10.36	63	0.00	fre1_nl
P	max		<b>0.00</b>	0.00	0.00	65	0.90	fre2_nl
P	min		<b>-9.00</b>	-24.05	-10.36	63	0.00	fre1_nl

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	50 di 69

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

### 10.6.2.1 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:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	188.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	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 <sup>2</sup>	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	51 di 69

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

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	0
2	900	-1215
3	0	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	0 (0)
2	900	-1036 (-11452)
3	0	0 (0)

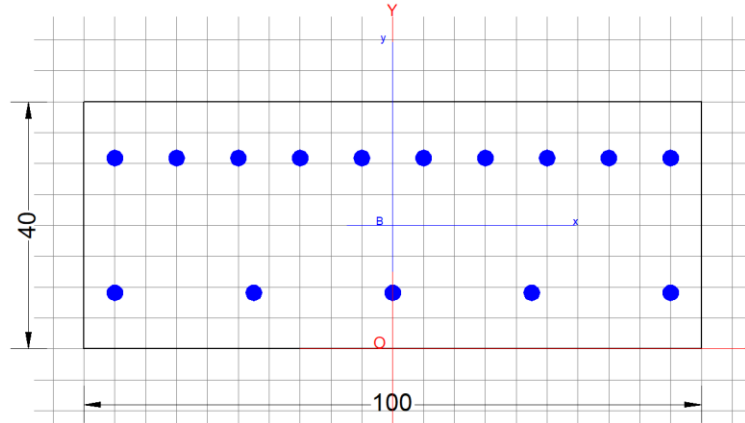
#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx
1	0	0 (0)
2	900	-317 (-13055)
3	0	0 (0)

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	52 di 69



## 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  $\geq 1.000$   
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<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	0	-1	-52856	9999.000	11.3	0.37	0.90	53.1 (5.5)
2	S	1215	-1764	1201	-52984	29.825	11.3	0.37	0.90	53.1 (5.5)
3	S	0	0	-1	-52856	9999.000	11.3	0.37	0.90	53.1 (5.5)

## DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00068	9.1	-0.00608	30.9
2	0.00350	0.0	0.00069	9.1	-0.00605	30.9
3	0.00350	0.0	0.00068	9.1	-0.00608	30.9

## VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	53 di 69

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<sup>2</sup>]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0	25758	30.9	100.0	0.0172	0.0
2	S	-4060	25898	30.9	100.0	0.0172	0.0
3	S	0	25758	30.9	100.0	0.0172	0.0

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm<sup>2</sup>])  
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<sup>2</sup>])  
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<sup>2</sup>]  
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<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)  
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.  
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a  $5(c+\varnothing/2)$  e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.1	0.0	1056	0.0	0.0
2	S	5.6	0.0	0.0	16.2	-82	9.1	8.1	814	53.1	9.1
3	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.1	8.1	1056	53.1	0.0

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0
2	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000025 (0.000025)	333	0.008 (0.20)	-11362
3	S	-0.00007	0.00004	---	---	---	---	---	0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.1	8.1	1056	53.1	0.0
2	S	4.8	0.0	0.0	16.3	-69	9.1	8.1	808	53.1	9.1
3	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.1	8.1	1056	53.1	0.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
--------	-----	----	----	----	----	------	-----	----	---------

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	54 di 69

1	S	-0.00007	0.00004	---	---	---	---	---	---	0
2	S	-0.00005	0.00004	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	332	0.007 (0.20)	-11452	
3	S	-0.00005	0.00004	---	---	---	---	---	---	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.1	8.1	1056	53.1	0.0
2	S	1.5	0.0	0.0	19.1	-15	9.1	7.2	717	53.1	9.1
3	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0	9.1	7.2	1056	53.1	0.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00005	0.00004	---	---	---	---	---	0
2	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000005 (0.000005)	325	0.001 (0.20)	-13055
3	S	-0.00001	0.00001	---	---	---	---	---	0

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	55 di 69

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

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

Calcestruzzo

**c32/40**

$R_{ck}$  40 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  33.2 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  18.81 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  400 mm

Copriferro

$c$  91 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  309 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  400000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  10

$\emptyset$  26 mm

$A_{sl}$  5306.6 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0172 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0325 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

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

$k$  1.80 ≤ 2 **ok**

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

$v_{\min}$  0.30

$V_{Rd}$  259.04 kN

**Verifica:**

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

**VERIFICATA**



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO DI LINEA</b>					
	TR04: MURO AD U MU26  RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU 26 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

### 10.6.2.2 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

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

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	0	0	0
2	900	-1173	-2709	0
3	0	0	0	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	57 di 69

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  $\geq 1.000$   
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<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	0	-27	-51648	9999.000	14.7	0.47	1.00	53.1 (5.5)
2	S	900	-1173	872	-51750	43.768	14.7	0.48	1.00	53.1 (5.5)
3	S	0	0	-27	-51648	9999.000	14.7	0.47	1.00	53.1 (5.5)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00177	0.0	0.00067	9.1	-0.00196	30.9
2	0.00178	0.0	0.00068	9.1	-0.00196	30.9
3	0.00177	0.0	0.00067	9.1	-0.00196	30.9

### VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0	25758	30.9	100.0	0.0172	0.0
2	S	-2709	25758	30.9	100.0	0.0172	0.0
3	S	0	25758	30.9	100.0	0.0172	0.0

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	58 di 69

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

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

Calcestruzzo

**c32/40**

$R_{ck}$  40 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  33.2 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  18.81 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  400 mm

Copriferro

$c$  91 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  309 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  400000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  10

$\emptyset$  26 mm

$A_{sl}$  5306.6 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0172 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0225 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

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

$k$  1.80 ≤ 2 **ok**

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

$v_{\min}$  0.30

$V_{Rd}$  258.58 kN

**Verifica:**

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

**VERIFICATA**

TR04: MURO AD U MU26  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	59 di 69

### 10.6.3 Verifica soletta inferiore

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	98.96	5.71	<b>-116.14</b>	10	0.40	sis1_nl
M3	min		117.05	-88.18	<b>-304.59</b>	3	0.00	sis3_nl
V2	max		108.68	<b>32.46</b>	-126.15	10	0.40	sis2_nl
V2	min		117.05	<b>-94.22</b>	-279.17	4	0.00	sis3_nl
P	max		<b>117.05</b>	-88.18	-304.59	3	0.00	sis3_nl
P	min		<b>98.96</b>	-82.21	-269.57	3	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	155.72	25.90	<b>-137.78</b>	6	0.40	slu2_nl
M3	min		286.88	-103.79	<b>-436.60</b>	3	0.00	slu3_nl
V2	max		286.88	<b>112.13</b>	-431.23	10	0.40	slu4_nl
V2	min		286.88	<b>-112.13</b>	-431.23	3	0.00	slu4_nl
P	max		<b>286.88</b>	-103.79	-436.60	3	0.00	slu3_nl
P	min		<b>155.72</b>	-60.50	-182.68	3	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	112.84	21.70	<b>-109.19</b>	6	0.40	rar1_nl
M3	min		203.30	-73.79	<b>-305.56</b>	3	0.00	rar2_nl
V2	max		203.30	<b>73.79</b>	-305.56	10	0.40	rar2_nl
V2	min		203.30	<b>-73.79</b>	-305.56	3	0.00	rar2_nl
P	max		<b>203.30</b>	-73.79	-305.56	3	0.00	rar2_nl
P	min		<b>112.84</b>	-43.93	-130.44	3	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	112.84	21.70	<b>-109.19</b>	6	0.40	fre2_nl
M3	min		185.20	-67.82	<b>-270.53</b>	3	0.00	fre1_nl
V2	max		185.20	<b>67.82</b>	-270.53	10	0.40	fre1_nl
V2	min		185.20	<b>-67.82</b>	-270.53	3	0.00	fre1_nl
P	max		<b>185.20</b>	-67.82	-270.53	3	0.00	fre1_nl
P	min		<b>112.84</b>	-43.93	-130.44	3	0.00	fre2_nl

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	60 di 69

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	112.84	21.70	<b>-109.19</b>	6	0.40	qpe1_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	112.84	-43.93	<b>-130.44</b>	3	0.00	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>		112.84	<b>43.93</b>	-130.44	10	0.40	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>		112.84	<b>-43.93</b>	-130.44	3	0.00	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>112.84</b>	-43.93	-130.44	3	0.00	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>112.84</b>	-43.93	-130.44	3	0.00	qpe1_nl

### 10.6.3.1 Verifica in condizioni statiche

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

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

**CALCESTRUZZO -**

Classe:	C32/40
Resis. compr. di progetto fcd:	188.00 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd':	94.00 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	336428 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	31.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	182.60 daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	132.80 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	61 di 69

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

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

#### DATI BARRE ISOLATE

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

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	28
2	2	3	8	28

#### ARMATURE A TAGLIO

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

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	-13778	0	2590	0
2	0	-43660	0	-10379	0
3	0	-43123	0	11213	0
4	0	-43123	0	-11213	0
5	0	-43660	0	-10379	0
6	0	-18268	0	-6050	0

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

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	62 di 69

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	-10919	0
2	0	-30556	0
3	0	-30556	0
4	0	-30556	0
5	0	-30556	0
6	0	-13044	0

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	-10919 (-46648)	0 (0)
2	0	-27053 (-46648)	0 (0)
3	0	-27053 (-46648)	0 (0)
4	0	-27053 (-46648)	0 (0)
5	0	-27053 (-46648)	0 (0)
6	0	-13044 (-46648)	0 (0)

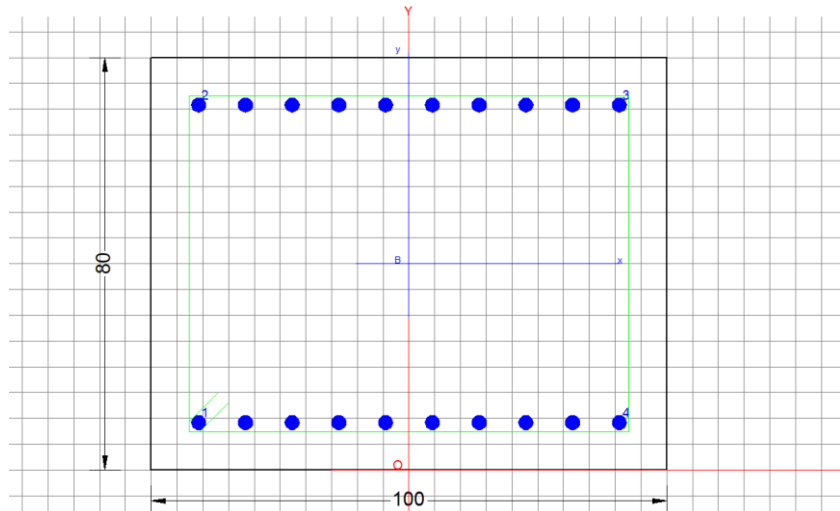
**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0	-10919 (-46648)	0 (0)
2	0	-13044 (-46648)	0 (0)
3	0	-13044 (-46648)	0 (0)
4	0	-13044 (-46648)	0 (0)
5	0	-13044 (-46648)	0 (0)
6	0	-13044 (-46648)	0 (0)

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	63 di 69



## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.3 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.4 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	-13778	0	0	-156155	0	11.33	61.6(16.0)
2	S	0	-43660	0	0	-156155	0	3.58	61.6(16.0)
3	S	0	-43123	0	0	-156155	0	3.62	61.6(16.0)
4	S	0	-43123	0	0	-156155	0	3.62	61.6(16.0)
5	S	0	-43660	0	0	-156155	0	3.58	61.6(16.0)
6	S	0	-18268	0	0	-156155	0	8.55	61.6(16.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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



TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	64 di 69

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	0.156	-50.0	0.0	0.00059	-40.8	9.2	-0.01890	-40.8	70.8
2	0.00350	0.156	-50.0	0.0	0.00059	-40.8	9.2	-0.01890	-40.8	70.8
3	0.00350	0.156	-50.0	0.0	0.00059	-40.8	9.2	-0.01890	-40.8	70.8
4	0.00350	0.156	-50.0	0.0	0.00059	-40.8	9.2	-0.01890	-40.8	70.8
5	0.00350	0.156	-50.0	0.0	0.00059	-40.8	9.2	-0.01890	-40.8	70.8
6	0.00350	0.156	-50.0	0.0	0.00059	-40.8	9.2	-0.01890	-40.8	70.8

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000316417	0.003500000	0.156	0.700
2	0.000000000	-0.000316417	0.003500000	0.156	0.700
3	0.000000000	-0.000316417	0.003500000	0.156	0.700
4	0.000000000	-0.000316417	0.003500000	0.156	0.700
5	0.000000000	-0.000316417	0.003500000	0.156	0.700
6	0.000000000	-0.000316417	0.003500000	0.156	0.700

### VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver                    S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
Ved                  Taglio di progetto [daN] = proiez. di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd                  Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd                  Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe  
Dmed                Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw                    Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg                    Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw                  Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast                  Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff                Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lunghezza legatura,  $d_{max}$ =massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	2590	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	1.0	15.4(0.0)
2	S	10379	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	4.2	15.4(0.0)
3	S	11213	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	4.5	15.4(0.0)
4	S	11213	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	4.5	15.4(0.0)
5	S	10379	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	4.2	15.4(0.0)
6	S	6050	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	2.4	15.4(0.0)

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

Ver                    S = comb. verificata / N = comb. non verificata  
Sc max              Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
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<sup>2</sup>]

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	65 di 69

Xs min, Ys min      Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.8	50.0	0.0	-284	31.7	70.8	1850	61.6
2	S	27.5	50.0	0.0	-796	22.7	70.8	1850	61.6
3	S	27.5	50.0	0.0	-796	22.7	70.8	1850	61.6
4	S	27.5	50.0	0.0	-796	22.7	70.8	1850	61.6
5	S	27.5	50.0	0.0	-796	22.7	70.8	1850	61.6
6	S	11.7	50.0	0.0	-340	31.7	70.8	1850	61.6

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

Ver.                    La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm  
Esito della verifica

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00017	0	0.500	28.0	78	0.00009 (0.00009)	408	0.035 (0.20)	-46648	0
2	S	-0.00048	0	0.500	28.0	78	0.00024 (0.00024)	408	0.097 (0.20)	-46648	0
3	S	-0.00048	0	0.500	28.0	78	0.00024 (0.00024)	408	0.097 (0.20)	-46648	0
4	S	-0.00048	0	0.500	28.0	78	0.00024 (0.00024)	408	0.097 (0.20)	-46648	0
5	S	-0.00048	0	0.500	28.0	78	0.00024 (0.00024)	408	0.097 (0.20)	-46648	0
6	S	-0.00020	0	0.500	28.0	78	0.00010 (0.00010)	408	0.042 (0.20)	-46648	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	9.8	50.0	0.0	-284	31.7	70.8	1850	61.6
2	S	24.4	50.0	0.0	-704	31.7	70.8	1850	61.6
3	S	24.4	50.0	0.0	-704	31.7	70.8	1850	61.6
4	S	24.4	50.0	0.0	-704	31.7	70.8	1850	61.6
5	S	24.4	50.0	0.0	-704	31.7	70.8	1850	61.6
6	S	11.7	50.0	0.0	-340	31.7	70.8	1850	61.6

### 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	-0.00017	0	0.500	28.0	78	0.00009 (0.00009)	408	0.035 (0.20)	-46648	0
2	S	-0.00042	0	0.500	28.0	78	0.00021 (0.00021)	408	0.086 (0.20)	-46648	0
3	S	-0.00042	0	0.500	28.0	78	0.00021 (0.00021)	408	0.086 (0.20)	-46648	0
4	S	-0.00042	0	0.500	28.0	78	0.00021 (0.00021)	408	0.086 (0.20)	-46648	0
5	S	-0.00042	0	0.500	28.0	78	0.00021 (0.00021)	408	0.086 (0.20)	-46648	0

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	66 di 69

6 S -0.00020 0 0.500 28.0 78 0.00010 (0.00010) 408 0.042 (0.20) -46648 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	9.8	50.0	0.0	-284	31.7	70.8	1850	61.6
2	S	11.7	50.0	0.0	-340	31.7	70.8	1850	61.6
3	S	11.7	50.0	0.0	-340	31.7	70.8	1850	61.6
4	S	11.7	50.0	0.0	-340	31.7	70.8	1850	61.6
5	S	11.7	50.0	0.0	-340	31.7	70.8	1850	61.6
6	S	11.7	50.0	0.0	-340	31.7	70.8	1850	61.6

**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	-0.00017	0	0.500	28.0	78	0.00009 (0.00009)	408	0.035 (0.20)	-46648	0
2	S	-0.00020	0	0.500	28.0	78	0.00010 (0.00010)	408	0.042 (0.20)	-46648	0
3	S	-0.00020	0	0.500	28.0	78	0.00010 (0.00010)	408	0.042 (0.20)	-46648	0
4	S	-0.00020	0	0.500	28.0	78	0.00010 (0.00010)	408	0.042 (0.20)	-46648	0
5	S	-0.00020	0	0.500	28.0	78	0.00010 (0.00010)	408	0.042 (0.20)	-46648	0
6	S	-0.00020	0	0.500	28.0	78	0.00010 (0.00010)	408	0.042 (0.20)	-46648	0

**10.6.3.2 Verifica in condizioni sismiche**

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

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

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

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

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	67 di 69

Classe Conglomerato: C32/40

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

#### DATI BARRE ISOLATE

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

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	4	8	28
2	2	3	8	28

#### ARMATURE A TAGLIO

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

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	-11614	0	571	0
2	0	-30459	0	-8818	0
3	0	-12615	0	3246	0
4	0	-27917	0	-9422	0
5	0	-30459	0	-8818	0
6	0	-26957	0	-8221	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	MU 26 0 0 001	A	68 di 69

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.3 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.4 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	-11614	0	0	-150443	0	12.95	61.6(16.0)
2	S	0	-30459	0	0	-150443	0	4.94	61.6(16.0)
3	S	0	-12615	0	0	-150443	0	11.93	61.6(16.0)
4	S	0	-27917	0	0	-150443	0	5.39	61.6(16.0)
5	S	0	-30459	0	0	-150443	0	4.94	61.6(16.0)
6	S	0	-26957	0	0	-150443	0	5.58	61.6(16.0)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00094	0.325	-50.0	0.0	0.00056	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
2	0.00094	0.325	-50.0	0.0	0.00056	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
3	0.00094	0.325	-50.0	0.0	0.00056	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
4	0.00094	0.325	-50.0	0.0	0.00056	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
5	0.00094	0.325	-50.0	0.0	0.00056	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8
6	0.00094	0.325	-50.0	0.0	0.00056	-40.8	9.2	-0.00196	-40.8	70.8

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000040923	0.000940844	0.325	0.846
2	0.000000000	-0.000040923	0.000940844	0.325	0.846
3	0.000000000	-0.000040923	0.000940844	0.325	0.846
4	0.000000000	-0.000040923	0.000940844	0.325	0.846
5	0.000000000	-0.000040923	0.000940844	0.325	0.846
6	0.000000000	-0.000040923	0.000940844	0.325	0.846

TR04: MURO AD U MU26  
RELAZIONE DI CALCOLO

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

## VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe  
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	571	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	0.2	15.4(0.0)
2	S	8818	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	3.5	15.4(0.0)
3	S	3246	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	1.3	15.4(0.0)
4	S	9422	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	3.8	15.4(0.0)
5	S	8818	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	3.5	15.4(0.0)
6	S	8221	299484	38382	70.8	100.0	1.000	1.000	3.3	15.4(0.0)