

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)**

SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI

SL02 - Scatolare di approccio al VI06 lato PA

Relazione di calcolo scatolare

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 CL SL0200 001 B

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

ITALFERR S.p.A.  
Direzione Tecnica  
Infrastrutture Centro  
Dott. Ing. Emilio Arduini  
Dott. Ing. Roberto Barreca  
Dott. Ing. Roberto Barreca  
Dott. Ing. Roberto Barreca



SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	1 di 90

Relazione di calcolo scatolare

1.	PREMESSA .....	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
3.	MATERIALI .....	6
3.1	CALCESTRUZZO SCATOLARE .....	6
3.2	ACCIAIO D'ARMATURA .....	6
3.3	VERIFICA S.L.E. ....	7
3.3.1	<i>Verifica tensioni</i> .....	7
3.3.2	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	8
4.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	9
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	10
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO .....	10
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	10
6.	MODELLAZIONE ADOTTATA .....	14
7.	ANALISI DEI CARICHI .....	16
7.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA .....	16
7.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI .....	16
7.3	SOVRACCARICO FERROVIARIO .....	18
7.3.1	<i>Azioni verticali</i> .....	18
7.3.2	<i>Azioni orizzontali</i> .....	22
7.4	AZIONE DEL VENTO .....	25
7.5	AZIONI TERMICHE .....	28
7.6	RITIRO .....	28
7.7	AZIONE SISMICA .....	29
8.	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	31
9.	RISULTATI E VERIFICHE .....	36
9.1	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....	39

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	2 di 90

Relazione di calcolo scatolare

9.1.1	Armature adottate e calcolo copriferro.....	40
9.1.2	Verifica in condizioni statiche.....	41
9.1.3	Verifica in condizioni sismiche.....	45
9.2	VERIFICA PIEDRITTI.....	48
9.2.1	Armature adottate e calcolo copriferro.....	49
9.2.2	Verifica a taglio.....	50
9.2.3	Verifica in condizioni statiche.....	51
9.2.4	Verifica in condizioni sismiche.....	54
9.3	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	57
9.3.1	Armature adottate e calcolo copriferro.....	58
9.3.2	Verifica in condizioni statiche.....	59
9.3.3	Verifica in condizioni sismiche.....	63
10.	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE.....	66
10.1	VERIFICA STATICA IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI.....	67
10.2	VERIFICA STATICA IN TERMINI DI TENSIONI TOTALI.....	71
10.3	VERIFICA SISMICA IN TERMINI DI TENSIONI TOTALI.....	74
11.	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE CON RINTERRO LATERALE.....	77
11.1	VERIFICA STATICA IN TERMINI DI TENSIONI EFFICACI.....	78
11.2	VERIFICA STATICA IN TERMINI DI TENSIONI TOTALI.....	82
11.3	VERIFICA SISMICA IN TERMINI DI TENSIONI TOTALI.....	85
12.	CALCOLO INCIDENZA.....	88
12.1	CALCOLO INCIDENZA DELLA SOLETTA INFERIORE.....	88
12.2	CALCOLO INCIDENZA DEI PIEDRITTI.....	89
12.3	CALCOLO INCIDENZA DELLA SOLETTA SUPERIORE.....	90

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b>  <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>  <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b>  <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b></p>												
<p>SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA</p> <p>Relazione di calcolo scatolare</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>SL 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>3 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	3 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	3 di 90								

## 1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento dello scatolare SL02 di approccio, lato Palermo, al viadotto VI06, inquadrato all'interno dei lavori di costruzione del nuovo collegamento ferroviario Palermo - Catania, specificamente del Lotto 4 di tale progetto.

L'opera si sviluppa in approccio al viadotto VI05 lato Catania dalla progressiva chilometrica 6+534.00 alla progressiva 6+552.00 per uno sviluppo complessivo di 18 m è previsto uno scatolare di approccio a singolo binario.

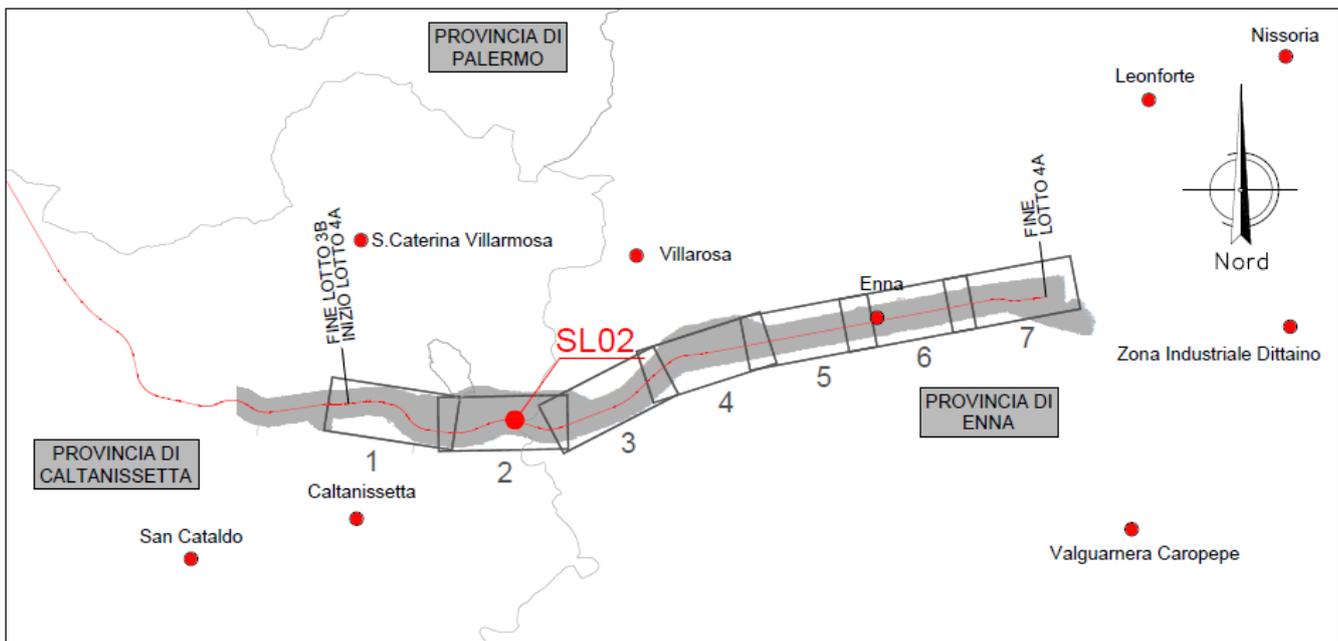


Figura 1 – Inquadramento del SL02 all'interno del lotto di progettazione

In particolare è stata analizzata la sezione trasversale riportata in Figura 2 caratterizzata dalla massima altezza.

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	4 di 90

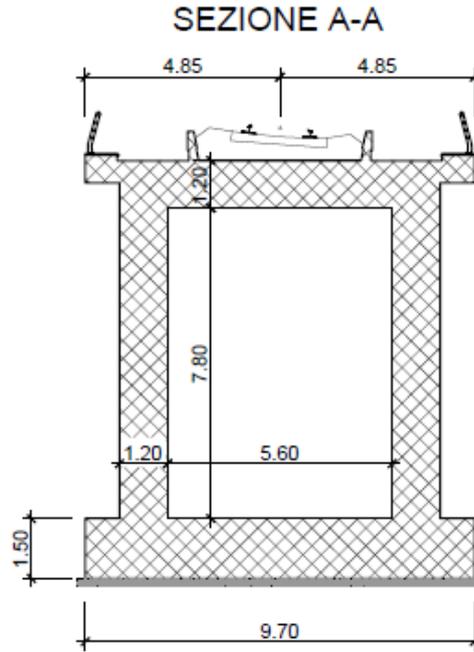


Figura 2 – Sezione tipo.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>												
SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>SL 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>5 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	5 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	5 di 90								

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- Rif. [1] Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Rif. [2] 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;
- Rif. [3] Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2;
- Rif. [4] RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- Rif. [5] RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21-12-18 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### 3. MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo scatolare

Classe di resistenza C32/40  $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione ambientale XC4

Copriferro nominale minimo 50 mm

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

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck}$  32 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cm} = f_{ck} + 8$  40 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$  18.13 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$  3.02 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$  2.12 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$  1.41 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$  3.63 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$  2.54 N/mm<sup>2</sup>

$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$  33346 N/mm<sup>2</sup>

#### 3.2 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:

$f_{y, \text{nom}}$  450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{t, \text{nom}}$  540 N/mm<sup>2</sup>

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>

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

 <p><b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)          SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</p>												
<p>SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA           Relazione di calcolo scatolare</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>SL 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>7 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	7 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	7 di 90								

### 3.3 Verifica S.L.E.

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

#### 3.3.1 Verifica tensioni

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

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

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

Nel caso in esame pertanto si ha:

#### CALCESTRUZZO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

$$\sigma_c = 0,55 \cdot f_{ck} \qquad 17,60 \text{ N/mm}^2$$

Massima tensione allo SLE per combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c = 0,40 \cdot f_{ck} \qquad 12,80 \text{ N/mm}^2$$

#### ACCIAIO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

$$\sigma_s = 0,75 f_{yk} \qquad 337,5 \text{ N/mm}^2$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### 3.3.2 Verifica a fessurazione

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

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

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

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

#### 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel tratto in esame la stratigrafia è costituita da:

- Coltre: argille limose e sabbiose localmente sabbie limose (c)
- Formazione Terravecchia: argille limose e argille marnose (TRV)

In particolare in corrispondenza della soletta inferiore è presente l'unità geotecnica TRV. Per tale unità, in accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica, sono stati considerati i seguenti parametri:

U.G.	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	$c'$ (kPa)	$c_u$ (kPa)	$E_{op}$ (MPa)
TRV	21	20	22	200	50

La falda è posta alla quota di circa -12.0 m dal p.c.

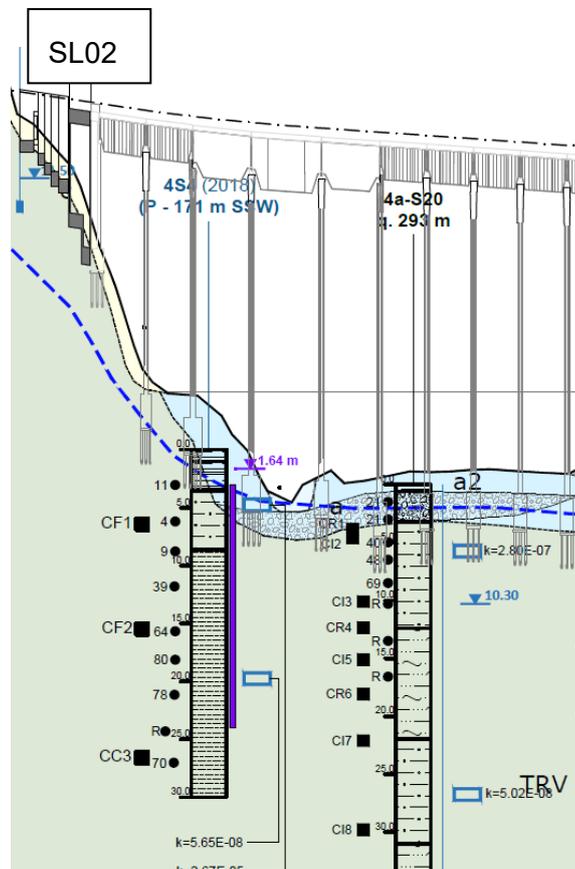


Figura 3 – Stratigrafia.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>												
SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>SL 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>10 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	10 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	10 di 90								

## 5. 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.

### 5.1 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.

### 5.2 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:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

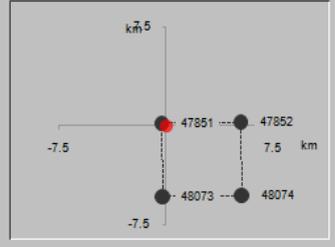
Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

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:

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ :  info

Valori di progetto

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

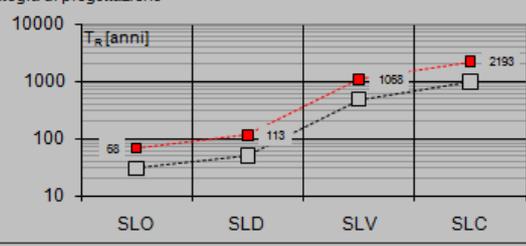
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ : info

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

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

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

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

INTRO **FASE 1** **FASE 2** FASE 3

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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	12 di 90

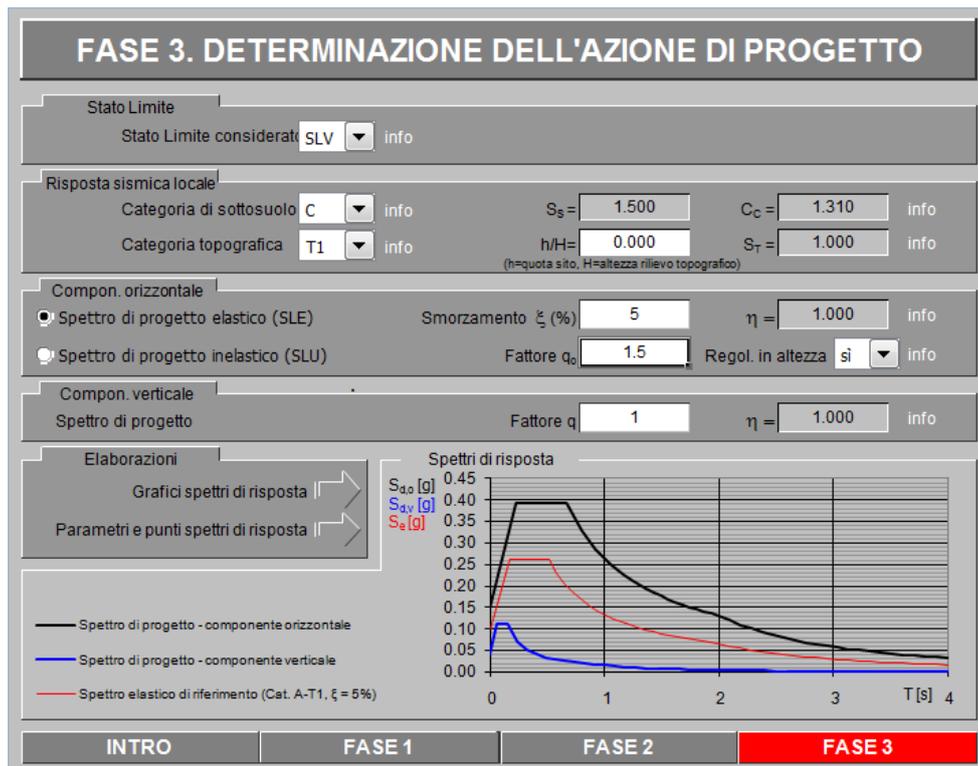
Relazione di calcolo scatolare

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.040	2.515	0.288
SLD	113	0.049	2.500	0.325
SLV	1068	0.099	2.639	0.511
SLC	2193	0.122	2.749	0.547

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

$F_o$  → 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;



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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.099 g
$F_0$	2.639
$T_C^*$	0.511 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.310
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.223 s
$T_C$	0.670 s
$T_D$	1.997 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.149
$T_B$ ←	0.223	0.393
$T_C$ ←	0.670	0.393
	0.733	0.359
	0.796	0.331
	0.859	0.306
	0.923	0.285
	0.986	0.267
	1.049	0.251
	1.112	0.237
	1.175	0.224
	1.239	0.213
	1.302	0.202
	1.365	0.193
	1.428	0.184
	1.491	0.176
	1.555	0.169
	1.618	0.163
	1.681	0.157
	1.744	0.151
	1.808	0.146
	1.871	0.141
	1.934	0.136
$T_D$ ←	1.997	0.132
	2.093	0.120
	2.188	0.110
	2.283	0.101
	2.379	0.093
	2.474	0.086
	2.569	0.080
	2.665	0.074
	2.760	0.069
	2.856	0.064
	2.951	0.060
	3.046	0.057
	3.142	0.053
	3.237	0.050
	3.332	0.047
	3.428	0.045
	3.523	0.042
	3.619	0.040
	3.714	0.038
	3.809	0.036
	3.905	0.034
	4.000	0.033

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 6. 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 4800 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> )
TRV	50	0.3	9.7	18	1.86	1.18	4788

La rigidezza delle molle assegnate allo scatolare varia in base alla posizione delle stesse, in particolare dipende dall'interasse tra le molle che nel caso in esame è pari a  $i = 0.4$  m.

Si definiscono quindi:

Molle centrali  $k_{sc} = k_w \cdot i = 4800 \cdot 0.4 = 1920$  kN/m

Molle laterali  $k_{sl} = k_w \cdot i \cdot 1.5 = 4800 \cdot 0.4 \cdot 1.5 = 2880$  kN/m

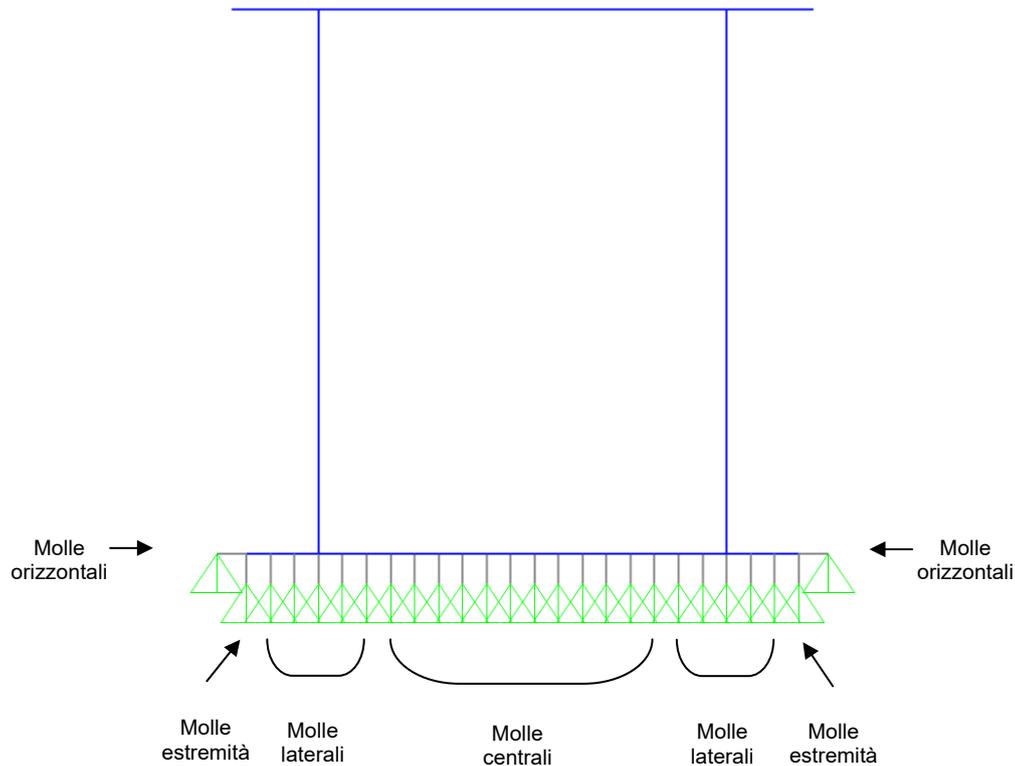
Molle di estremità  $k_{se} = k_w \cdot \frac{i}{2} = 4800 \cdot 0.2 = 960$  kN/m

Molle orizzontali  $k_{so} = \frac{k_w}{2} \cdot 1.5 = 3600$  kN/m

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	15 di 90

Relazione di calcolo scatolare



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.

Lo scatolare presenta una larghezza interna di 5.60 m mentre l'altezza interna è pari a 7.80 m. La soletta superiore e i piedritti hanno spessore di 1.20 m mentre la soletta inferiore ha uno spessore pari a 1.50 m. La fondazione presenta una larghezza pari a 9.70 m.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

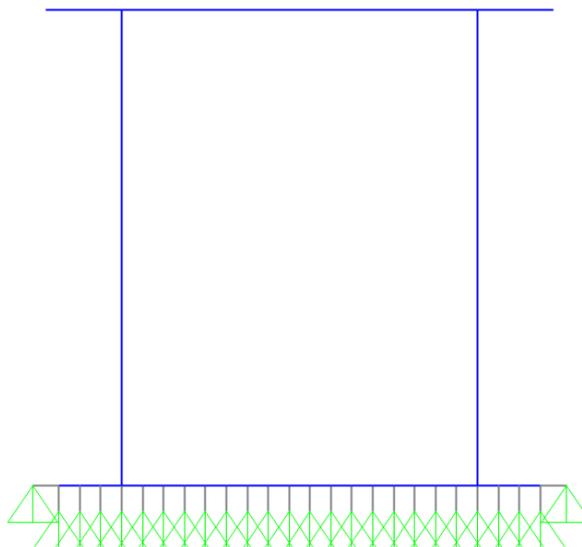


Figura 4 – Modello di calcolo.

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 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  $25 \text{ kN/m}^3$ .

### 7.2 Carichi permanenti portati

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI		
soletta superiore		
$\gamma_b$	20.00	$\text{kN/m}^3$
$S_b$	0.80	m
$W_b$	16.00	$\text{kN/m}^2$
ballast + armamento		

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)          SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</p>												
<p>SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA           Relazione di calcolo scatolare</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>SL 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>17 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	17 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	17 di 90								

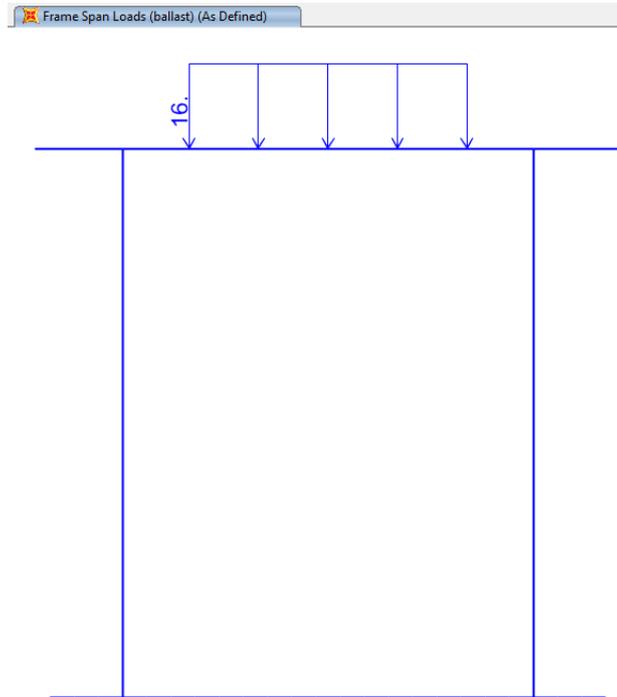


Figura 5 – Ballast.

Si considera inoltre la presenza della barriera inserendo un carico puntuale pari a 16 kN.

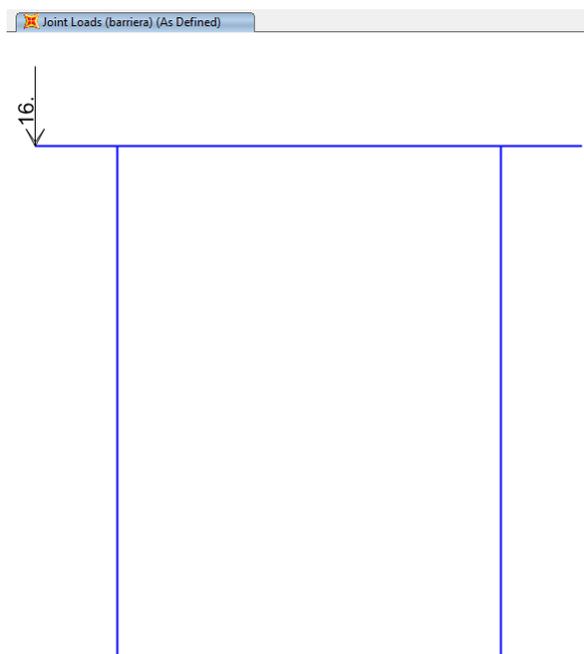


Figura 6 – Barriera antirumore.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 02 0 0 001	REV. B

### 7.3 Sovraccarico ferroviario

#### 7.3.1 Azioni verticali

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare sono stati considerati il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale, e il treno di carico SW/2 rappresentativo del traffico pesante.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 7, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

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

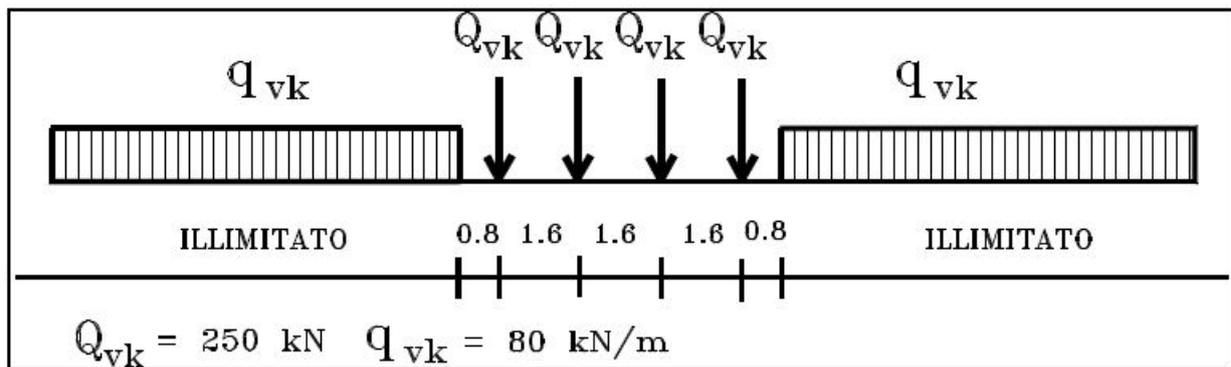
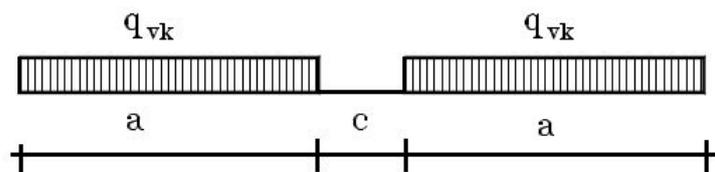


Figura 7 – Treno di carico LM71

Per questo modello di carico va inoltre considerata un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario pari a  $s/18$  ( $s = 1435 \text{ mm}$ ).

Il treno di carico SW/2 invece è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un'estensione di 25 m posti ad una distanza,  $c$ , di 7.0 m (Figura 8).



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

Figura 8 – Treno di carico SW/2.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)          SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</p>												
<p>SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA           Relazione di calcolo scatolare</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>SL 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>19 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	19 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	19 di 90								

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ , il cui valore è riportato nella Figura 9.

modello di carico	coefficiente di adattamento $\alpha$
LM71	1.1
SW/2	1.0

Figura 9 – Coefficiente di adattamento  $\alpha$

I coefficienti di incremento dinamico  $\Phi$  che aumentano l'intensità dei modelli di carico teorici si assumono pari a  $\Phi_2$  o  $\Phi_3$ , in dipendenza del livello di manutenzione della linea. Nel caso in esame si è assunto il coefficiente  $\Phi_3$  corrispondente a linee con ridotto standard manutentivo:

$$\Phi_3 = 2.16 / (\sqrt{L_\phi} - 0.2) + 0.73, \text{ con la limitazione } 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00,$$

in cui  $L_\phi$  è la lunghezza caratteristica valutata secondo quanto riportato nella tab 5.2.II delle NTC18.

Nel caso in esame risulta quindi  $\Phi_3=1.34$ .

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

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{ss}/2) \cdot 2 = 3.78 \text{ m}$$

I carichi utilizzati sono riepilogati nella Tabella seguente:

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	20 di 90

Relazione di calcolo scatolare

Carichi accidentali mobili			ACCMOB
Modello LM71	coeff. $\alpha$	1.10	
Modello SW/2	coeff. $\alpha$	1.00	
<b>Coeff. di incremento dinamico</b>	$\Delta_3$	1.34	
Larghezza di ripartizione trasversale	$L_R$	3.78 m	
<b>Modello di carico SW/2</b>			
Q SW/2		150.0 kN/m	
Treno SW2	$\alpha \cdot \Phi \cdot Q_{vk} / L_R$	$p_2$	53.2 kN/m/m
<b>Modello di carico LM71</b>			
Q LM71		250.0 kN	
Interasse longitudinale		1.60 m	
Treno LM71	$\alpha \cdot \Phi \cdot Q_{vk} / 1.6 / L_R$	$p_2$	60.9 kN/m <sup>2</sup>
Eccentricità di carico LM71			
	e+	0.26	
	Me	59.88 kNm/m	
	$p_{2+}$	86.07 kN/m <sup>2</sup>	
	$p_{2-}$	35.78 kN/m <sup>2</sup>	
Eccentricità di carico LM71			
	e-	0.10	
	Me	23.03 kNm/m	
	$p_{2+}$	70.60 kN/m <sup>2</sup>	
	$p_{2-}$	51.26 kN/m <sup>2</sup>	

Nel modello di calcolo è stato considerato il treno di carico LM71 in quanto più gravoso.

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	21 di 90

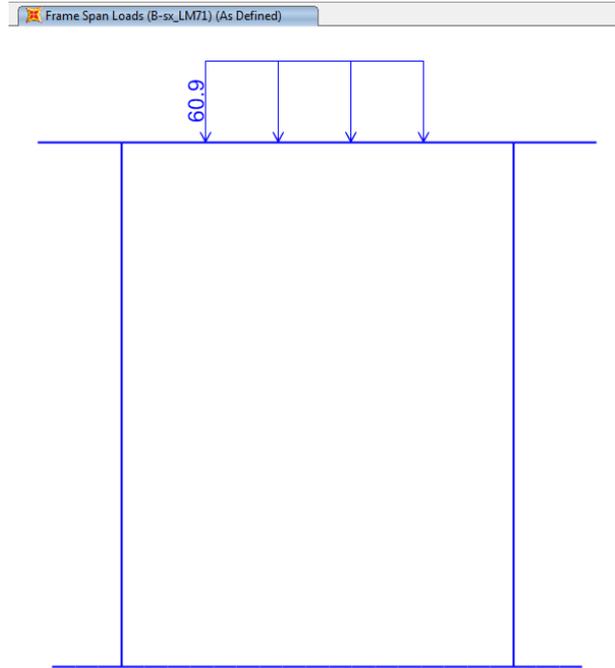


Figura 10 – Modello di carico LM71.

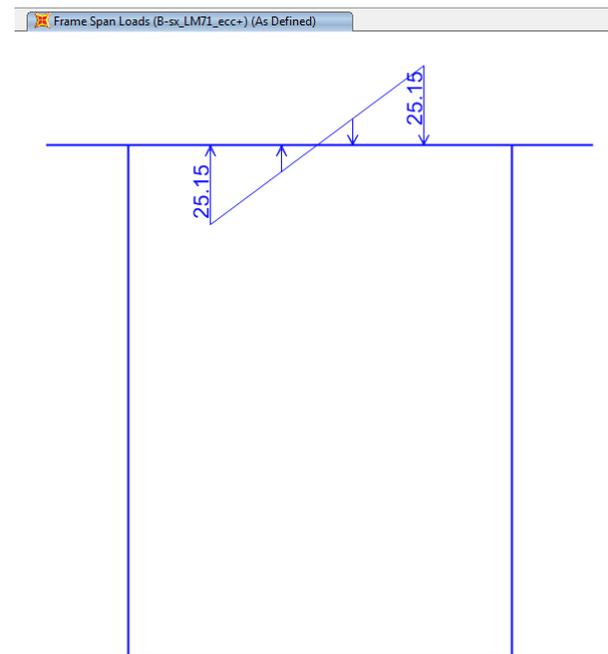


Figura 11 – Eccentricità + LM71.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

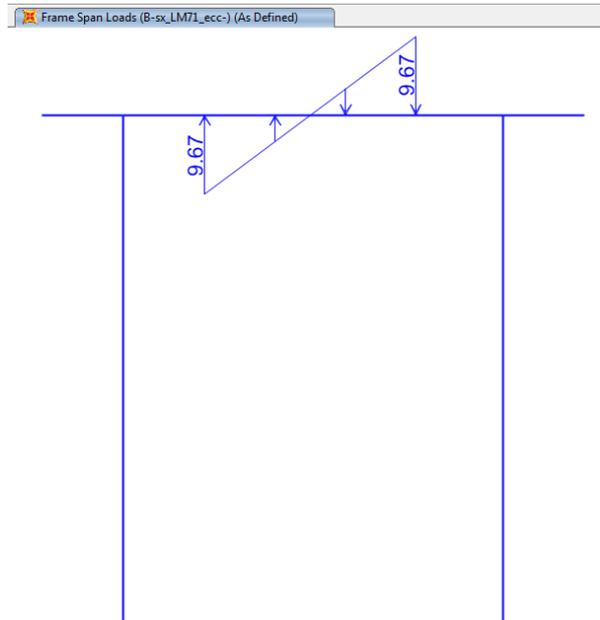


Figura 12 – Eccentricità - LM71.

### 7.3.2 Azioni orizzontali

#### Azione centrifuga

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1.80 m al di sopra del P.F..

Il valore da adottare è funzione della velocità di progetto e del raggio di curvatura.

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g * r} (f * Q_{vk})$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g * r} (f * q_{vk})$$

Il valore che si ottiene per il carico assiale del treno LM71 è pari a 23.4 kN che diviso per l'interasse tra i carichi assiali (1.6 m) è pari a 14.6 kN/m.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

<b>Forza centrifuga</b> (Si considera agente a 180 dal piano del ferro)				Centr
Treno LM71	F		<b>14.60 kN/m</b>	
	$\tau$		3.86 kN/m/m	
Punto di app risp baricentro soletta superiore			<b>3.18 m</b>	
Momento	Mc		46.43 kNm/m	
	d		2.52 m	
	$\Delta N$		18.42 kN	
	$\Delta\sigma+$		19.50 kN/m <sup>2</sup>	
	$\Delta\sigma-$		-19.50 kN/m <sup>2</sup>	

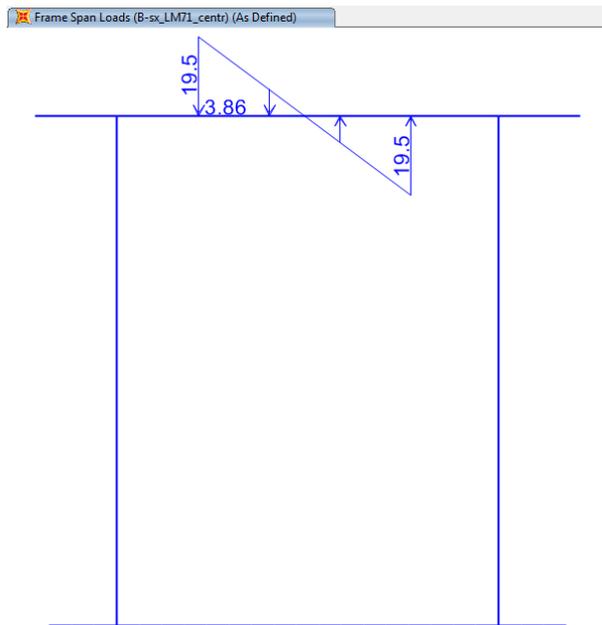


Figura 13 –Forza centrifuga LM71.

### Azione laterale (serpeggio)

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse . Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a  $Q_{sk} = 100 \text{ KN}$ . Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ( $1.1 > 1$ ).

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	24 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**Serpeggio LM71** (Si considera agente a livello rotaia più alta)

Serp

S		100.00 kN
$\alpha \cdot S$		110.00 kN
$\tau$		29.10 kN/m
Punto di app risp baricentro soletta superiore		1.44 m
Momento	Ms	158.40 kNm
	d	2.52 m
	$\Delta N$	62.86 kN
	$\Delta \sigma +$	66.52 kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta \sigma -$	-66.52 kN/m <sup>2</sup>

Frame Span Loads (B-sx\_LM71\_serp) (As Defined)

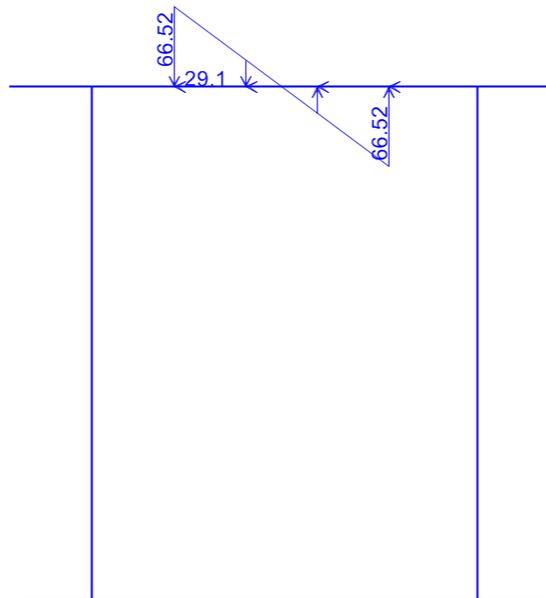


Figura 14 – Serpeggio LM71.

### Azione di avviamento e frenatura (AVV)

L'avviamento e la frenatura sono azioni orizzontali ortogonali alla sezione di calcolo, e quindi non verranno prese in conto nel modello.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

#### 7.4 Azione del vento

Lo scatolare in esame, essendo fuori terra, è soggetto alla pressione del vento. Inoltre va considerata l'azione del vento che investe il convoglio ferroviario che viaggia parallelamente al lato lungo dello scatolare. Quest'ultimo contributo, in conformità al DM 17/01/2018 "NTC2018", si considera agente sulla superficie del treno assunta di altezza pari a 4m.

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Siamo in zona 4 per cui si ha:

$a_s$ (m)	<b>300</b> (quota del terreno valutata sul livello del mare)
$a_o$ (m)	<b>500</b>
$k_s$	<b>0.360</b>
<hr/>	
$v_b = v_{b,o}$ (m/s)	<b>28</b> (velocità di riferimento del vento per $a_s \leq a_o$ )
$v_b$ (m/s)	- (velocità di riferimento del vento per $a_s > a_o$ )
$v_b$ (m/s)	<b>28</b> (valore assunto nel calcolo)
<hr/>	
$q_r$ (N/mq)	<b>490</b> (pressione cinetica di riferimento)

Classe di rugosità D categoria di esposizione II

$k_r$	<b>0.19</b>
$z_o$ (m)	<b>0.05</b>
$z_{min}$ (m)	<b>4</b>
$c_d$	<b>1</b> (coefficiente dinamico)
$c_t$	<b>1</b> (coefficiente di topografia)
$z$ (m)	<b>11</b> (altezza della struttura)

<b>Coefficiente di esposizione</b>	
$c_e(z)$	<b>2.41</b> (per $z \geq z_{min}$ )
$c_e(z)$	<b>1.80</b> (per $z < z_{min}$ )
$c_e(z)$	<b>2.41</b> (valore assunto nel calcolo)

<b>Coefficiente di forma</b>	
$c_p$	<b>0.8</b> (sopravento)

$p$ (N/mq)	<b>946</b> (pressione del vento sopravento)
------------	---

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

Essendo il valore ottenuto inferiore a  $1.5 \text{ kN/m}^2$  nei calcoli è stato assunto  $p=1.5 \text{ kN/m}^2$  come indicato nel Manuale di Progettazione.

Di conseguenza il carico applicato alla sezione di calcolo è pari a:

Vento		(Si considera agente sulla superficie del treno e su quella del manufatto)		Vento
	$p_3$		<b>1.5 <math>\text{kN/m}^2</math></b>	
Vento agente sul convoglio	$P_3$		7.20 $\text{kN/m}$	
	$\tau$		1.90 $\text{kN/m}^2$	
Punto di app risp baricentro soletta superiore			3.00 m	
Momento	$M_v$		21.60 $\text{KNm}$	
	$d$		2.52 m	
	$\Delta N_v$		8.57 $\text{kN}$	
	$\Delta \sigma+$		9.07 $\text{kN/m}^2$	
	$\Delta \sigma-$		-9.07 $\text{kN/m}^2$	
Spinta del vento sui piedritti	$p_3$		0.75 $\text{kN/m}^2$	

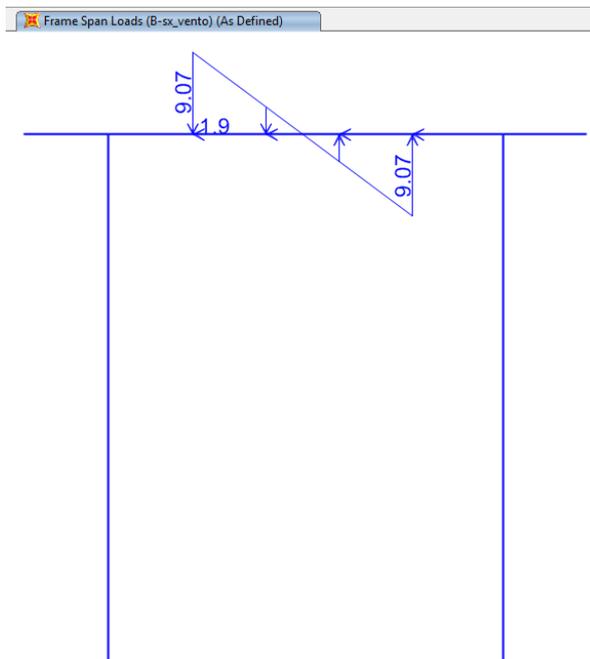


Figura 15 – Vento su convoglio ferroviario.

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	27 di 90

Frame Span Loads (vento) (As Defined)

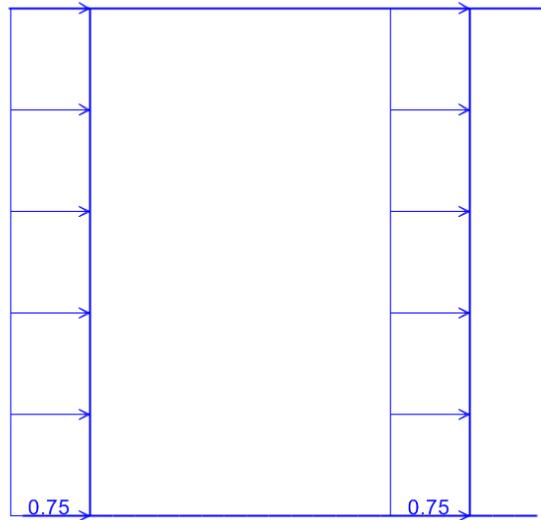


Figura 16 – Vento su struttura.

Frame Span Loads (vento\_barriera) (As Defined)

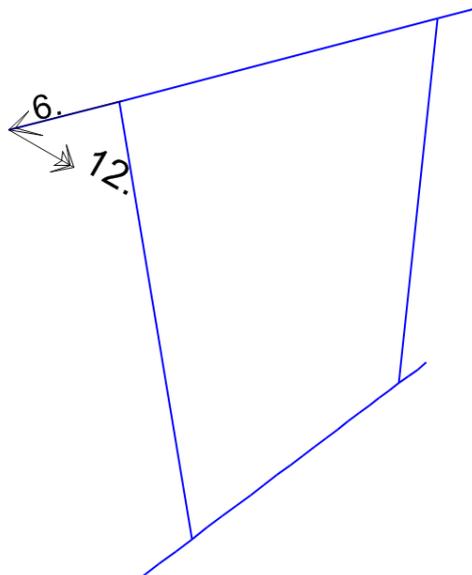


Figura 17 – Vento su barriera antirumore.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 7.5 Azioni termiche

Alla soletta superiore è stata applicata una variazione termica uniforme  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$  ed un gradiente di temperatura tra estradosso ed intradosso pari a  $\pm 5^\circ\text{C}$ , come indicato dalla normativa vigente.

## 7.6 Ritiro

Gli effetti del ritiro sono stati valutati a lungo termine attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\varphi(t, t_0)$ . Tali effetti sono stati considerati agenti solo sulla soletta superiore ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente.

La deformazione totale da ritiro è formata da due componenti: la deformazione da ritiro per essiccamento e la deformazione da ritiro autogeno.

Classe cls =	<b>C32/40</b>	
$f_{ck} =$	<b>32</b> Mpa	
$f_{cm} =$	<b>40</b> Mpa	
Tipo di cemento =	<b>R</b>	
$A_c =$	<b>1 200 000</b> mm <sup>2</sup>	area della sezione in cls
$u =$	<b>1 000</b> mm	perimetro della sezione in cls a contatto con l'atmosfera
$h_0 = 2 A_c / u =$	<b>2 400</b> mm	dimensione fittizia
RH =	<b>75</b> %	umidità relativa ambientale
$t =$	<b>25 550</b> giorni	età del cls nel momento considerato
$t_s =$	<b>2</b> giorni	età del cls a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento

### Deformazione per ritiro da essiccamento ( $\varepsilon_{cd}$ )

La deformazione da ritiro per essiccamento si sviluppa lentamente, dal momento che è funzione della migrazione dell'acqua attraverso il cls indurito.

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \varepsilon_{cd,0}$$

Prospetto 3.3 - Valori di  $k_h$

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1.0
200	0.85
300	0.75
$\geq 500$	0.70

Per valori intermedi del parametro  $h_0$  si procede con interpolazione lineare.

$k_h =$	<b>0.70</b>	
$\varepsilon_{cd,0} = -0,85 [(220 + 110 \alpha_{ds1}) \exp(-\alpha_{ds2} f_{cm} / f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH}$		
$\alpha_{ds1} =$	<b>6</b>	
$\alpha_{ds2} =$	<b>0.11</b>	
$f_{cm0} =$	<b>10</b> Mpa	
$\beta_{RH} = 1,55 [1 - (RH / RH_0)^3]$ con $RH_0 = 100\%$		
$\beta_{RH} =$	<b>0.896</b>	
$\varepsilon_{cd,0} =$	<b>-0.432</b> ‰	
$\varepsilon_{cd,\infty} =$	<b>-0.302</b> ‰	deformazione per ritiro da essiccamento a tempo infinito
$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \varepsilon_{cd,\infty}$		
$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / [(t - t_s) + 0,04 h_0^{3/2}] =$	<b>0.845</b>	
$\varepsilon_{cd}(t) =$	<b>-0.255</b> ‰	deformazione per ritiro da essiccamento al tempo "t"

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	29 di 90

Relazione di calcolo scatolare

#### Deformazione per ritiro autogeno ( $\epsilon_{ca}$ )

La deformazione da ritiro autogeno si sviluppa durante l'indurimento del cls: la maggior parte si sviluppa quindi nei primi giorni successivi al getto.

$$\epsilon_{ca,\infty} = -2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = -0.055 \text{ ‰} \quad \text{deformazione per ritiro autogeno a tempo infinito}$$

$$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca,\infty}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 t^{0,5}) = 1.000$$

$$\epsilon_{ca}(t) = -0.055 \text{ ‰} \quad \text{deformazione per ritiro autogeno al tempo "t"}$$

#### Deformazione totale da ritiro ( $\epsilon_{cs}$ )

$$\epsilon_{cs}(t) = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = -0.310 \text{ ‰} \quad \text{deformazione totale da ritiro al tempo "t"}$$

$$\epsilon_{cs,\infty} = \epsilon_{cd,\infty} + \epsilon_{ca,\infty} = -0.357 \text{ ‰} \quad \text{deformazione totale da ritiro a tempo infinito}$$

#### VARIAZIONE TERMICA UNIFORME EQUIVALENTE AL RITIRO

$$\Delta T_{\text{ritiro}} = \epsilon_{cs}(t) / [(1 + \varphi(t, t_0)) \alpha]$$

$$\varphi(t, t_0) = 1.979$$

$$\alpha = 1.00E-05 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T_{\text{ritiro}} = -10.41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## 7.7 Azione sismica

L'azione sismica agente sulle masse strutturali della struttura scatolare è stata considerata con un approccio di tipo pseudo-statico. Esso consente di rappresentare il sisma mediante un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo. In particolare è stata effettuata un'analisi statica equivalente con un'accelerazione orizzontale pari a quella di plateau dello spettro elastico ( $q=1$ ).

AZIONE SISMICA SU STRUTTURA		Sisma H
	SVL	
	$a_g$	0.099 g
	$S_S$	1.50
	$S_T$	1.00
	$F_0$	2.64
	$\eta$	1.00
Spettro $T_B - T_C$	$S_e(T_B - T_C)$	0.393 g
Forza orizzontale su soletta sup. permanenti		18.08 kN/m
Forza orizzontale su soletta sup. LM71		4.79 kN/m
distanza baricentro treno - p.f.		1.80 m
distanza baricentro treno - mezzeria soletta		3.20 m
Momento LM71	$M_s$	15.32 kNm
	$d$	2.52 m
	$\Delta N$	6.08 kN
	$\Delta\sigma+$	6.44 kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta\sigma-$	-6.44 kN/m <sup>2</sup>
Forza orizzontale dei piedritti		11.79 kN/m

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	30 di 90

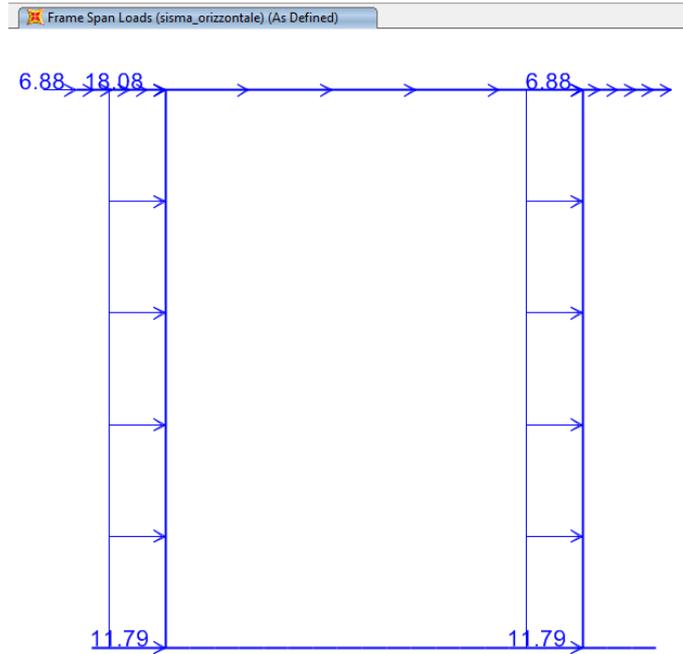


Figura 18 – Sisma orizzontale.

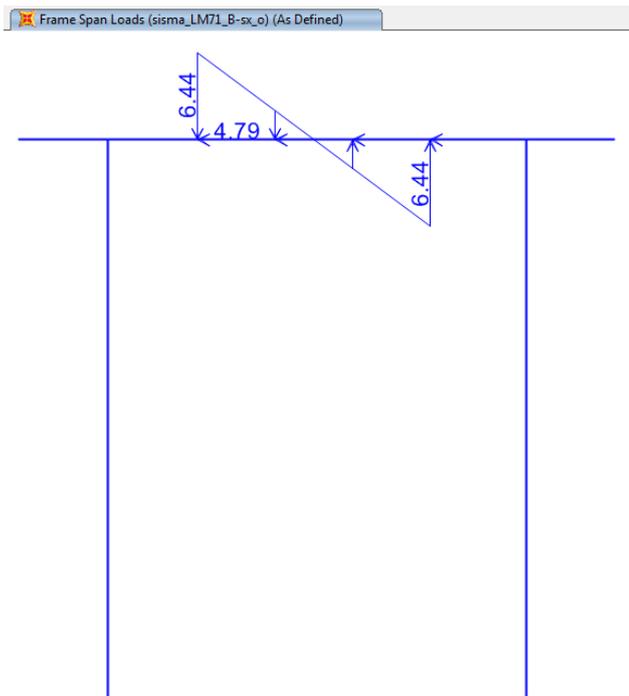


Figura 19 – Sisma orizzontale LM71.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 8. 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 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:

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

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

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
ballast + armamento	ballast
carico verticale LM71	B-sx_LM71
carico dovuto all'eccentricità positiva del modello LM71	B-sx_LM71_ecc+
carico dovuto all'eccentricità negativa del modello LM71	B-sx_LM71_ecc-
azione di serpeggio	B-sx_LM71_serp
forza centrifuga	B-sx_LM71_cent
vento su convoglio ferroviario	B_vento_treno
vento sulla struttura	vento
ritiro della soletta superiore	ritiro
variazione termica uniforme sulla soletta superiore	termica uniforme
variazione termica a farfalla sulla soletta superiore	termica farfalla
peso proprio barriera antirumore	barriera
vento su barriera antirumore	vento barriera
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma H
azione sismica orizzontale del LM71	sisma_LM71_B-sx_o

Tabella 2 – Riepilogo carichi.

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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	32 di 90

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche									
	slu1	slu2	slu3	slu4	slu5	slu6	slu7	slu8	slu9
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35
ballast	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50
B-sx_LM71	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.16
B-sx_LM71_ecc+	1.45	1.45	0.00	0.00	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00
B-sx_LM71_ecc-	0.00	0.00	1.45	1.45	0.00	0.00	1.45	1.45	1.16
B-sx_LM71_serp	-1.45	-1.45	1.45	1.45	-1.45	-1.45	1.45	1.45	1.16
B-sx_LM71_centra	0.00	0.00	1.45	1.45	0.00	0.00	1.45	1.45	1.16
B-sx_vento	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	0.00
vento	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	-1.50
ritiro	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.00
termica_uniforme	-0.90	0.90	-0.90	0.90	-0.90	0.90	-0.90	0.90	0.90
termica_farfalla	0.90	-0.90	0.90	-0.90	0.90	-0.90	0.90	-0.90	-0.90
barriera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35
vento_barriera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50

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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	33 di 90

Relazione di calcolo scatolare

combinazioni di carico agli SLV					
	sis1	sis2	sis3	sis4	sis5
DEAD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ballast	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
B-sx_LM71	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
B-sx_LM71_ecc+	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00
B-sx_LM71_ecc-	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20
B-sx_LM71_serp	-0.20	-0.20	0.20	0.20	0.20
B-sx_LM71_centra	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20
B-sx_vento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
vento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ritiro	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
termica_uniforme	-0.50	0.50	-0.50	0.50	0.50
termica_farfalla	0.50	-0.50	0.50	-0.50	-0.50
barriera	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
vento_barriera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma_orizzontale	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00
sisma_LM71_B-sx_o	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00

*Tabella 4 – Combinazioni di carico agli SLV.*

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	34 di 90

Relazione di calcolo scatolare

combinazioni di carico rare (SLE) per verifica tensioni					
	ten1	ten2	ten3	ten4	ten5
DEAD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ballast	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
B-sx_LM71	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
B-sx_LM71_ecc+	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
B-sx_LM71_ecc-	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
B-sx_LM71_serp	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00
B-sx_LM71_centra	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
B-sx_vento	-1.00	-1.00	1.00	1.00	0.00
vento	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00
ritiro	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
termica_uniforme	-0.60	0.60	-0.60	0.60	0.60
termica_farfalla	0.60	-0.60	0.60	-0.60	-0.60
barriera	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
vento_barriera	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Tabella 5 – Combinazioni di carico rare (SLE) per verifica tensioni.

combinazioni di carico rare (SLE) per verifica fessurazione					
	fes1	fes2	fes3	fes4	fes5
DEAD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ballast	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
B-sx_LM71	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B-sx_LM71_ecc+	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
B-sx_LM71_ecc-	0.00	0.00	0.80	0.80	0.80
B-sx_LM71_serp	-0.80	-0.80	0.80	0.80	0.80
B-sx_LM71_centra	0.00	0.00	0.80	0.80	0.80
B-sx_vento	-0.80	-0.80	0.80	0.80	0.00
vento	0.80	0.80	-0.80	-0.80	-0.80
ritiro	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
termica_uniforme	-0.60	0.60	-0.60	0.60	0.60
termica_farfalla	0.60	-0.60	0.60	-0.60	-0.60
barriera	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
vento_barriera	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Tabella 6 – Combinazioni di carico rare (SLE) per verifica fessurazione.

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	35 di 90

combinazioni di carico quasi permanenti (SLE) per verifica tensioni				
	qpe1	qpe2	qpe3	qpe4
DEAD	1.00	1.00	1.00	1.00
ballast	1.00	1.00	1.00	1.00
B-sx_LM71	0.00	0.00	0.00	0.00
B-sx_LM71_ecc+	0.00	0.00	0.00	0.00
B-sx_LM71_ecc-	0.00	0.00	0.00	0.00
B-sx_LM71_serp	0.00	0.00	0.00	0.00
B-sx_LM71_centra	0.00	0.00	0.00	0.00
B-sx_vento	0.00	0.00	0.00	0.00
vento	0.00	0.00	0.00	0.00
ritiro	1.00	0.00	1.00	0.00
termica_uniforme	-0.50	0.50	-0.50	0.50
termica_farfalla	0.50	-0.50	0.50	-0.50
barriera	0.00	0.00	1.00	1.00
vento_barriera	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 7 – Combinazioni di carico quasi permanenti (SLE) per verifica tensioni.

## 9. RISULTATI E VERIFICHE

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

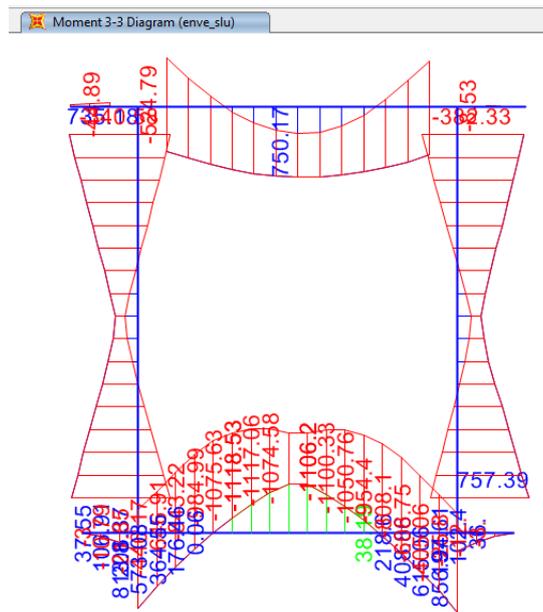


Figura 20 – Momento flettente enve-SLU.

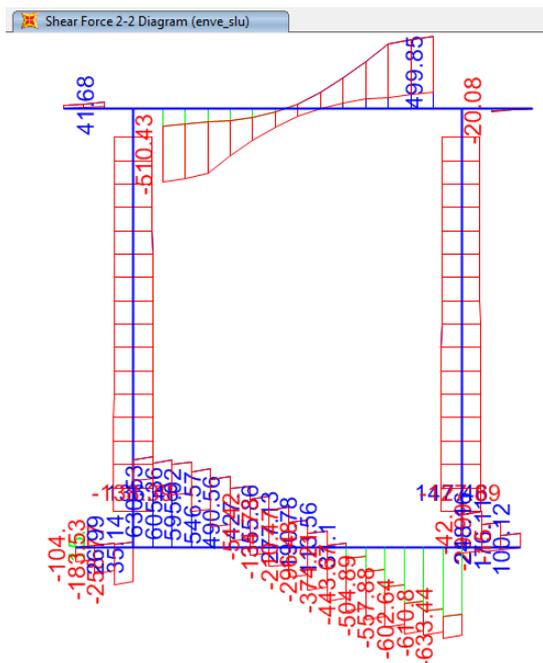


Figura 21 – Taglio enve-SLU.

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	37 di 90

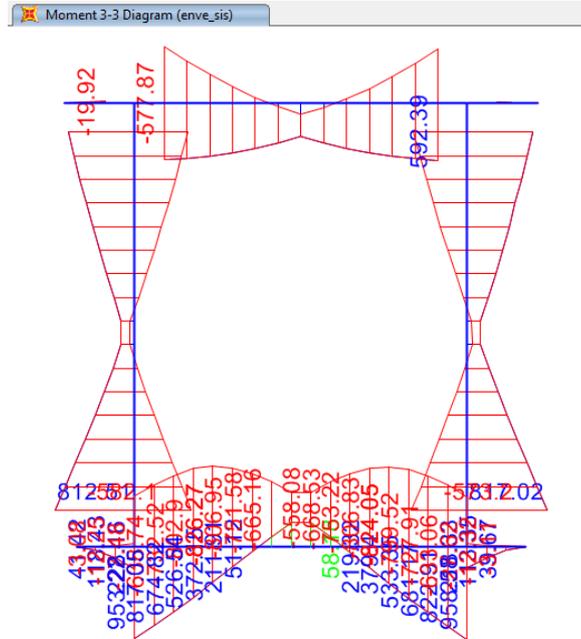


Figura 22 – Momento flettente enve-SLV.

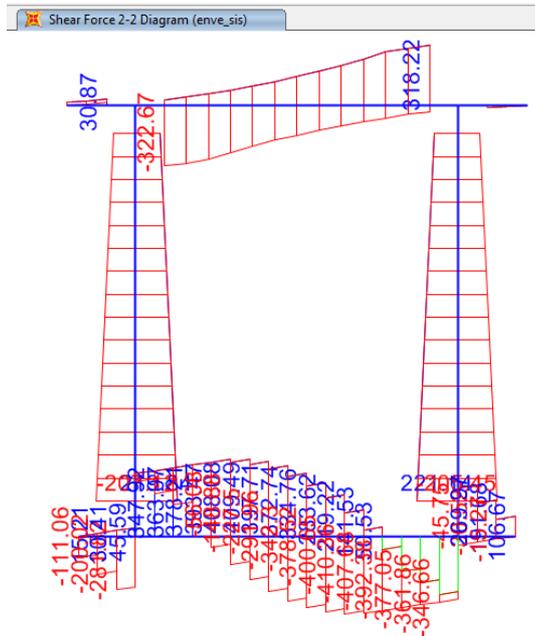


Figura 23 – Taglio enve-SLV.

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  
Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	38 di 90

Moment 3-3 Diagram (enve\_ten)

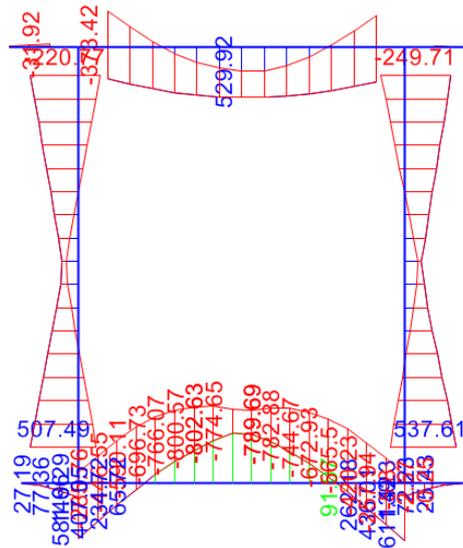


Figura 24 – Momento flettente enve-SLE rara tensioni.

Moment 3-3 Diagram (enve\_fes)

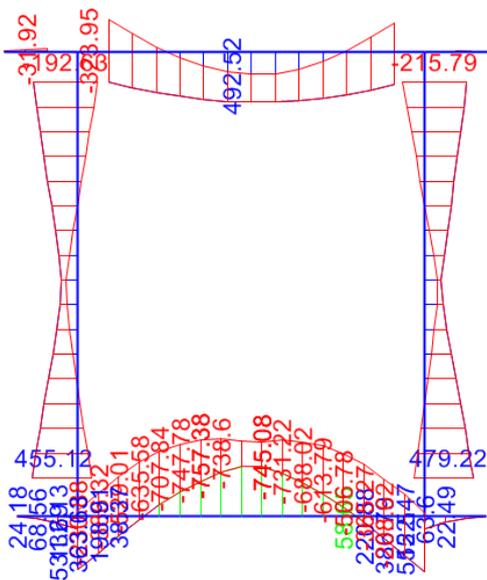


Figura 25 – Momento flettente enve-SLE rara fessurazione.

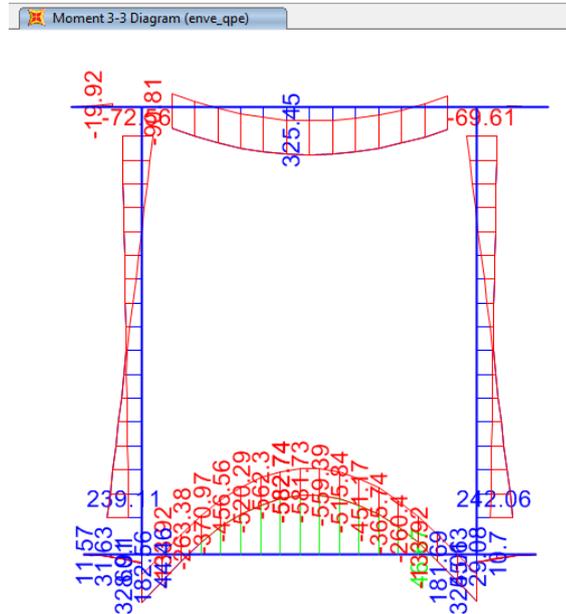


Figura 26 – Momento flettente enve-SLE quasi permanente.

## 9.1 Verifica soletta superiore

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

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	101.29	-32.09	<b>592.39</b>	3	6.20	sis3
M3	min	-86.49	-322.67	<b>-577.87</b>	3	0.60	sis5
V2	max	-85.59	<b>318.22</b>	-558.71	3	6.20	sis2
V2	min	-86.49	<b>-322.67</b>	-577.87	3	0.60	sis5
P	max	<b>101.29</b>	-32.09	592.39	3	6.20	sis3
P	min	<b>-87.26</b>	-319.68	-564.17	3	0.60	sis4

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	39.65	30.44	<b>750.17</b>	3	3.40	slu1
M3	min	-128.94	-462.70	<b>-524.79</b>	3	0.60	slu8
V2	max	-43.24	<b>499.85</b>	-110.20	3	6.20	slu1
V2	min	-53.42	<b>-510.43</b>	-146.71	3	0.60	slu3
P	max	<b>138.01</b>	112.31	650.27	3	5.27	slu3
P	min	<b>-128.94</b>	-462.70	-524.79	3	0.60	slu8

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	40 di 90

Relazione di calcolo scatolare

SLE - RARA TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	29.85	20.91	<b>529.92</b>	3	3.40	ten1
<b>M3</b>	<b>min</b>	-76.27	-356.68	<b>-373.42</b>	3	0.60	ten5
<b>V2</b>	<b>max</b>	-27.19	<b>348.87</b>	-68.75	3	6.20	ten1
<b>V2</b>	<b>min</b>	-76.27	<b>-356.68</b>	-373.42	3	0.60	ten5
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>97.56</b>	80.66	458.06	3	5.27	ten3
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-84.71</b>	-356.16	-354.25	3	0.60	ten4

SLE - RARA FESSURAZIONE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	32.23	16.73	<b>492.52</b>	3	3.40	fes1
<b>M3</b>	<b>min</b>	-61.80	-311.18	<b>-323.95</b>	3	0.60	fes5
<b>V2</b>	<b>max</b>	-13.40	<b>303.25</b>	-22.08	3	6.20	fes1
<b>V2</b>	<b>min</b>	-61.80	<b>-311.18</b>	-323.95	3	0.60	fes5
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>86.40</b>	81.70	419.00	3	5.27	fes3
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-69.51</b>	-309.09	-302.54	3	0.60	fes4

SLE - Q.PE.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	38.59	0.00	<b>325.45</b>	3	3.40	qpe1
<b>M3</b>	<b>min</b>	-4.20	-123.75	<b>-90.81</b>	3	0.60	qpe4
<b>V2</b>	<b>max</b>	38.59	<b>120.78</b>	147.16	3	6.20	qpe1
<b>V2</b>	<b>min</b>	39.96	<b>-123.75</b>	134.59	3	0.60	qpe3
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>39.96</b>	-123.75	134.59	3	0.60	qpe3
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-5.57</b>	-120.78	-78.24	3	0.60	qpe2

### 9.1.1 Armature adottate e calcolo copriferro

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

$A_s = 10\Phi 24$

$A_{s'} = 10\Phi 24$

Staffe :  $\Phi 10/20$  a 4 bracci

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

#### Dati Assegnati:

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	24	[mm]
Diametro staffe:	10	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Incremento di 10 mm rispetto a vita nominale di 50 anni		
Tolleranza di posa:	10	[mm]

#### Copriferro staffe:

Copriferro nominale Netto Staffe:	60	[mm]
-----------------------------------	----	------

#### Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	80	[mm]
Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale:	92	[mm]

## 9.1.2 Verifica in condizioni statiche

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

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65	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:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	30.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	daN/cm <sup>2</sup>

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	42 di 90

Relazione di calcolo scatolare

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. B1*B2:	1.00
Coeff. Aderenza differito B1*B2:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.2	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	-3965	75017	3044	0
2	12894	-52479	-46270	0
3	4324	-11020	49985	0
4	5342	-14671	-51043	0
5	-13801	65027	11231	0
6	12894	-52479	-46270	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	-2985	52992
2	7627	-37342
3	2719	-6875
4	7627	-37342
5	-9756	45806
6	8471	-35425

#### 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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	43 di 90

Relazione di calcolo scatolare

N°Comb.	N	Mx
1	-3223	49252 (88810)
2	6180	-32395 (-94119)
3	1340	-2208 (-104240)
4	6180	-32395 (-94119)
5	-8640	41900 (86141)
6	6951	-30254 (-94983)

### 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	-3859	32545 (87783)
2	420	-9081 (-91049)
3	-3859	14716 (85122)
4	-3996	13459 (84504)
5	-3996	13459 (84504)
6	557	-7824 (-91565)

### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 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	-3965	75017	-3941	177855	2.371	93.2	0.24	0.74	45.2 (24.0)
2	S	12894	-52479	12891	-185755	3.540	28.0	0.25	0.76	45.2 (24.0)
3	S	4324	-11020	4299	-181734	16.491	27.4	0.25	0.75	45.2 (24.0)
4	S	5342	-14671	5322	-182214	12.420	27.5	0.25	0.75	45.2 (24.0)
5	S	-13801	65027	-13812	173178	2.663	93.9	0.24	0.73	45.2 (24.0)
6	S	12894	-52479	12891	-185755	3.540	28.0	0.25	0.76	45.2 (24.0)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	44 di 90

Relazione di calcolo scatolare

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	0.00062	120.0	0.00041	110.8	-0.00196	9.2
2	0.00066	0.0	0.00044	9.2	-0.00196	110.8
3	0.00064	0.0	0.00043	9.2	-0.00196	110.8
4	0.00065	0.0	0.00043	9.2	-0.00196	110.8
5	0.00060	120.0	0.00039	110.8	-0.00196	9.2
6	0.00066	0.0	0.00044	9.2	-0.00196	110.8

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

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

#### VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	3044	0	451982	61293 100.0	110.8	1.000	1.000	0.8
2	S	-46270	46406	454661	61293 100.0	110.8	1.000	1.006	11.9
3	S	49985	45219	452880	61293 100.0	110.8	1.000	1.002	12.8
4	S	-51043	45360	453092	61293 100.0	110.8	1.000	1.002	13.1
5	S	11231	0	451982	61293 100.0	110.8	1.000	1.000	2.9
6	S	-46270	46406	454661	61293 100.0	110.8	1.000	1.006	11.9

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/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	27.1	120.0	0.0	91.7	-1188	110.8	23.0	2300	45.2	9.1
2	S	19.8	0.0	0.0	31.8	-738	9.2	23.0	2300	45.2	9.1
3	S	3.9	0.0	0.0	41.0	-122	9.2	23.0	2300	45.2	9.1
4	S	19.8	0.0	0.0	31.8	-738	9.2	23.0	2300	45.2	9.1

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	45 di 90

Relazione di calcolo scatolare

5	S	22.8	120.0	0.0	93.7	-1102	110.8	23.0	2300	45.2	9.1
6	S	18.8	0.0	0.0	32.3	-687	9.2	23.0	2300	45.2	9.1

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00062	0.00019	0.50	0.60	0.000333 (0.000333)	479	0.159 (0.20)	88810
2	S	-0.00036	0.00013	0.50	0.60	0.000193 (0.000193)	479	0.093 (0.20)	-94119
3	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000010 (0.000010)	479	0.005 (0.20)	-104240
4	S	-0.00036	0.00013	0.50	0.60	0.000193 (0.000193)	479	0.093 (0.20)	-94119
5	S	-0.00056	0.00016	0.50	0.60	0.000301 (0.000301)	479	0.144 (0.20)	86141
6	S	-0.00033	0.00012	0.50	0.60	0.000177 (0.000177)	479	0.085 (0.20)	-94983

### 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	16.5	120.0	0.0	92.5	-751	110.8	23.0	2300	45.2	9.1
2	S	4.8	0.0	0.0	30.0	-194	9.2	23.0	2300	45.2	9.1
3	S	7.3	120.0	0.0	94.3	-362	110.8	23.0	2300	45.2	9.1
4	S	6.7	120.0	0.0	94.3	-336	110.8	23.0	2300	45.2	9.1
5	S	6.7	120.0	0.0	94.3	-336	110.8	23.0	2300	45.2	9.1
6	S	4.1	0.0	0.0	30.4	-165	9.2	23.0	2300	45.2	9.1

### 9.1.3 Verifica in condizioni sismiche

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

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettagonolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30 daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	46 di 90

Relazione di calcolo scatolare

	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	30.20	daN/cm <sup>2</sup>
<b>ACCIAIO -</b>	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:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.2	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	-10129	59239	-3209	0
2	8649	-57787	-32267	0
3	8559	-55871	31822	0
4	8649	-57787	-32267	0
5	-10129	59239	-3209	0
6	8726	-56417	-31968	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	cm

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

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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	47 di 90

Relazione di calcolo scatolare

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	-10129	59239	-10134	174924	2.953	93.7	0.24	0.74	45.2 (24.0)
2	S	8649	-57787	8655	-183777	3.180	27.7	0.25	0.75	45.2 (24.0)
3	S	8559	-55871	8548	-183726	3.288	27.7	0.25	0.75	45.2 (24.0)
4	S	8649	-57787	8655	-183777	3.180	27.7	0.25	0.75	45.2 (24.0)
5	S	-10129	59239	-10134	174924	2.953	93.7	0.24	0.74	45.2 (24.0)
6	S	8726	-56417	8709	-183802	3.258	27.7	0.25	0.75	45.2 (24.0)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00061	120.0	0.00040	110.8	-0.00196	9.2
2	0.00065	0.0	0.00044	9.2	-0.00196	110.8
3	0.00065	0.0	0.00044	9.2	-0.00196	110.8
4	0.00065	0.0	0.00044	9.2	-0.00196	110.8
5	0.00061	120.0	0.00040	110.8	-0.00196	9.2
6	0.00065	0.0	0.00044	9.2	-0.00196	110.8

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

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

### VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	-3209	0	451982	61293 100.0	110.8	1.000	1.000	0.8
2	S	-32267	45818	453779	61293 100.0	110.8	1.000	1.004	8.3
3	S	31822	45806	453760	61293 100.0	110.8	1.000	1.004	8.2
4	S	-32267	45818	453779	61293 100.0	110.8	1.000	1.004	8.3
5	S	-3209	0	451982	61293 100.0	110.8	1.000	1.000	0.8
6	S	-31968	45829	453795	61293 100.0	110.8	1.000	1.004	8.2

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	48 di 90

## 9.2 Verifica piedritti

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

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-263.20	221.15	<b>817.02</b>	2	0.75	sis3
M3	min	-633.96	-206.35	<b>-582.10</b>	1	0.75	sis5
V2	max	-263.20	<b>221.15</b>	817.02	2	0.75	sis3
V2	min	-614.97	<b>-207.12</b>	-580.88	1	0.75	sis4
P	max	<b>-26.27</b>	85.68	-354.60	2	8.55	sis5
P	min	<b>-633.96</b>	-206.35	-582.10	1	0.75	sis5

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-559.14	147.46	<b>757.39</b>	2	0.75	slu3
M3	min	-174.00	135.14	<b>-382.33</b>	2	8.55	slu7
V2	max	-559.14	<b>147.46</b>	757.39	2	0.75	slu3
V2	min	-757.99	<b>-138.39</b>	-333.39	1	0.75	slu8
P	max	<b>-174.00</b>	135.14	-382.33	2	8.55	slu7
P	min	<b>-909.06</b>	-62.87	-52.96	1	0.75	slu3

SLE - RARA TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-410.88	103.86	<b>537.61</b>	2	0.75	ten3
M3	min	-176.95	98.01	<b>-249.71</b>	2	8.55	ten3
V2	max	-410.88	<b>103.86</b>	537.61	2	0.75	ten3
V2	min	-651.45	<b>-91.01</b>	-183.05	1	0.75	ten4
P	max	<b>-176.43</b>	48.77	-24.56	2	8.55	ten5
P	min	<b>-667.97</b>	-88.57	-178.33	1	0.75	ten5

SLE - RARA FESSURAZIONE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-411.91	91.44	<b>479.22</b>	2	0.75	fes3
M3	min	-177.98	86.76	<b>-215.79</b>	2	8.55	fes3
V2	max	-411.91	<b>91.44</b>	479.22	2	0.75	fes3
V2	min	-604.37	<b>-74.55</b>	-130.08	1	0.75	fes4
P	max	<b>-175.89</b>	38.24	6.57	2	8.55	fes5
P	min	<b>-622.47</b>	-72.84	-128.19	1	0.75	fes5

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

SLE - Q.PE.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-413.09	39.96	<b>242.06</b>	2	0.75	qpe3
<b>M3</b>	<b>min</b>	-201.11	39.96	<b>-72.56</b>	1	8.55	qpe3
<b>V2</b>	<b>max</b>	-435.04	<b>39.96</b>	239.11	1	0.75	qpe3
<b>V2</b>	<b>min</b>	-416.06	<b>-5.57</b>	90.94	1	0.75	qpe2
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-179.15</b>	39.96	-69.61	2	8.55	qpe3
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-435.04</b>	39.96	239.11	1	0.75	qpe3

### 9.2.1 Armature adottate e calcolo copriferro

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

$A_s = 10\Phi 24$

$A_{s'} = 10\Phi 24$

Staffe : -

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

#### CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

Dati Assegnati:

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali: 24 [mm]  
 Classe Calcestruzzo: C32/40  
 Condizioni ambientali: Aggressive  
 Vita nominale costruzione: 75 [anni]  
 Incremento di 10 mm rispetto a vita nominale di 50 anni  
 Tolleranza di posa: 10 [mm]

Copriferro staffe:

Copriferro nominale Netto Staffe: 60 [mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 80 [mm]

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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	50 di 90

Relazione di calcolo scatolare

### 9.2.2 Verifica a taglio

#### 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:

 $V_{Ed}$  221 kN

 $N_{Ed}$  263 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

 $h$  1200 mm

Copriferro

 $c$  92 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

 $b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

 $d$  1108 mm

Area Calcestruzzo

 $A_c$  1200000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

 $n$  10

 $\emptyset$  24 mm

 $A_{sl}$  4521.6 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

 $\rho_1$  0.0041 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

 $\sigma_{cp}$  0.2192 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

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

 $k$  1.42 ≤ 2 **ok**

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

 $v_{\min}$  0.26

 $V_{Rd}$  488.06 kN

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

La sezione non necessita di armature resistenti a taglio.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### 9.2.3 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:	Rettagonolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	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:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	30.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	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. B1*B2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito B1*B2:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.2	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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	52 di 90

Relazione di calcolo scatolare

N°Comb.	N	Momento torcente [daN m]		MT
		Mx	Vy	
1	55914	75739	14746	0
2	17400	-38233	13514	0
3	55914	75739	14746	0
4	75799	-33339	-13839	0
5	17400	-38233	13514	0
6	90906	-5296	-6287	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	41088	53761
2	17695	-24971
3	41088	53761
4	65145	-18305
5	17643	-2456
6	66797	-17833

#### 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	41191	47922 (111521)
2	17798	-21579 (-110460)
3	41191	47922 (111521)
4	60437	-13008 (0)
5	17589	657 (0)
6	62247	-12819 (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	41309	24206 (145621)
2	20111	-7256 (-236585)
3	43504	23911 (151806)
4	41606	9094 (0)
5	17915	-6961 (-211969)
6	43504	23911 (151806)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	53 di 90

Relazione di calcolo scatolare

### 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	55914	75739	55899	215699	2.848	108.5	0.10	0.70	45.2 (19.3)
2	S	17400	-38233	17411	-196143	5.130	10.5	0.09	0.70	45.2 (19.3)
3	S	55914	75739	55899	215699	2.848	108.5	0.10	0.70	45.2 (19.3)
4	S	75799	-33339	75810	-225763	6.772	12.1	0.11	0.70	45.2 (19.3)
5	S	17400	-38233	17411	-196143	5.130	10.5	0.09	0.70	45.2 (19.3)
6	S	90906	-5296	90936	-233379	44.067	12.5	0.11	0.70	45.2 (19.3)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	120.0	0.00070	110.8	-0.03016	9.2
2	0.00350	0.0	0.00044	9.2	-0.03334	110.8
3	0.00350	120.0	0.00070	110.8	-0.03016	9.2
4	0.00350	0.0	0.00083	9.2	-0.02860	110.8
5	0.00350	0.0	0.00044	9.2	-0.03334	110.8
6	0.00350	0.0	0.00093	9.2	-0.02746	110.8

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm <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
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	54 di 90

Relazione di calcolo scatolare

1	S	29.8	120.0	0.0	79.4	-772	110.8	23.0	2300	45.2	9.1
2	S	13.9	0.0	0.0	45.9	-368	9.2	23.0	2300	45.2	9.1
3	S	29.8	120.0	0.0	79.4	-772	110.8	23.0	2300	45.2	9.1
4	S	11.0	0.0	0.0	107.7	-9	9.2	4.9	487	45.2	9.1
5	S	2.1	0.0	0.5	120.0	9	9.2	0.0	2300	0.0	0.0
6	S	11.0	0.0	0.0	110.2	-3	9.2	3.7	375	45.2	9.1

### COMBINAZIONI FREQUENTI 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	-0.00037	0.00020	0.50	0.60	0.000194 (0.000194)	479	0.093 (0.20)	111521
2	S	-0.00017	0.00009	0.50	0.60	0.000089 (0.000089)	479	0.042 (0.20)	-110460
3	S	-0.00037	0.00020	0.50	0.60	0.000194 (0.000194)	479	0.093 (0.20)	111521
4	S	0.00007	0.00000	----	----	----	----	----	0
5	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0
6	S	0.00007	0.00000	----	----	----	----	----	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	13.6	120.0	0.0	59.2	-169	110.8	19.8	1980	45.2	9.1
2	S	4.1	0.0	0.0	89.1	-16	9.2	10.6	1061	45.2	9.1
3	S	13.4	120.0	0.0	56.4	-150	110.8	18.8	1885	45.2	9.1
4	S	6.2	120.0	0.1	0.0	8	110.8	0.0	2300	0.0	0.0
5	S	3.9	0.0	0.0	84.7	-20	9.2	12.3	1226	45.2	9.1
6	S	13.4	120.0	0.0	56.4	-150	110.8	18.8	1885	45.2	9.1

## 9.2.4 Verifica in condizioni sismiche

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

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

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:

C32/40

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	55 di 90

Relazione di calcolo scatolare

Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	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:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	30.20	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:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.2	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	26320	81702	22115	0
2	63396	-58210	-20635	0
3	26320	81702	22115	0
4	61497	-58088	-20712	0
5	2627	-35460	8568	0
6	63396	-58210	-20635	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente [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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	56 di 90

Relazione di calcolo scatolare

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	26320	81702	26293	191982	2.350	91.1	0.26	0.77	45.2 (19.3)
2	S	63396	-58210	63397	-208935	3.589	31.3	0.28	0.79	45.2 (19.3)
3	S	26320	81702	26293	191982	2.350	91.1	0.26	0.77	45.2 (19.3)
4	S	61497	-58088	61514	-208085	3.582	31.2	0.28	0.79	45.2 (19.3)
5	S	2627	-35460	2627	-180949	5.103	27.3	0.25	0.75	45.2 (19.3)
6	S	63396	-58210	63397	-208935	3.589	31.3	0.28	0.79	45.2 (19.3)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00069	120.0	0.00047	110.8	-0.00196	9.2
2	0.00077	0.0	0.00055	9.2	-0.00196	110.8
3	0.00069	120.0	0.00047	110.8	-0.00196	9.2
4	0.00077	0.0	0.00054	9.2	-0.00196	110.8
5	0.00064	0.0	0.00042	9.2	-0.00196	110.8
6	0.00077	0.0	0.00055	9.2	-0.00196	110.8

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	57 di 90

### 9.3 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	-229.59	-346.87	<b>822.91</b>	47	0.40	sis3
M3	min	-186.49	65.94	<b>-826.27</b>	35	0.40	sis5
V2	max	-228.30	<b>409.49</b>	51.12	37	0.40	sis1
V2	min	-229.59	<b>-410.36</b>	58.18	43	0.00	sis3
P	max	<b>-184.46</b>	347.14	638.74	33	0.00	sis2
P	min	<b>-229.59</b>	228.20	-460.49	33	0.00	sis3

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-147.47	-590.55	<b>615.06</b>	47	0.40	slu3
M3	min	-75.88	117.36	<b>-1118.53</b>	37	0.40	slu4
V2	max	-135.83	<b>605.36</b>	334.99	33	0.40	slu1
V2	min	-147.47	<b>-610.80</b>	374.79	47	0.00	slu3
P	max	<b>-61.38</b>	465.48	270.79	33	0.00	slu6
P	min	<b>-147.47</b>	543.67	-142.65	33	0.00	slu3

SLE - RARA TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-103.29	-427.07	<b>436.01</b>	47	0.40	ten3
M3	min	-54.90	12.65	<b>-802.63</b>	38	0.40	ten5
V2	max	-95.83	<b>438.32</b>	234.72	33	0.40	ten1
V2	min	-54.90	<b>-444.11</b>	63.26	47	0.00	ten5
P	max	<b>-46.10</b>	422.86	205.77	33	0.00	ten2
P	min	<b>-103.29</b>	394.94	-84.48	33	0.00	ten3

SLE - RARA FESSURAZIONE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-90.98	-407.29	<b>386.79</b>	47	0.40	fes3
M3	min	-42.91	31.49	<b>-757.38</b>	38	0.40	fes5
V2	max	-85.02	<b>419.29</b>	198.91	33	0.40	fes1
V2	min	-42.91	<b>-424.36</b>	24.52	47	0.00	fes5
P	max	<b>-34.93</b>	403.83	162.35	33	0.00	fes2
P	min	<b>-90.98</b>	381.58	-29.60	33	0.00	fes3

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

SLE - Q.PE.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-39.95	337.76	<b>182.56</b>	33	0.00	qpe3
<b>M3</b>	<b>min</b>	4.20	58.59	<b>-582.74</b>	39	0.40	qpe4
<b>V2</b>	<b>max</b>	-39.95	<b>352.75</b>	44.46	33	0.40	qpe3
<b>V2</b>	<b>min</b>	-39.95	<b>-345.06</b>	46.67	47	0.00	qpe3
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>5.57</b>	327.73	0.18	33	0.00	qpe2
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-39.95</b>	337.76	182.56	33	0.00	qpe3

### 9.3.1 Armature adottate e calcolo copriferro

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

$A_s = 10\Phi 24$

$A_{s'} = 10\Phi 24$

Staffe :  $\Phi 10/20$  a 4 bracci

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

#### CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

Dati Assegnati:

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	24	[mm]
Diametro staffe:	10	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Incremento di 10 mm rispetto a vita nominale di 50 anni		
Tolleranza di posa:	10	[mm]

Copriferro staffe:

Copriferro nominale Netto Staffe:	60	[mm]
-----------------------------------	----	------

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	80	[mm]
--	----	------

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### 9.3.2 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 di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65	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:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	30.20	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	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
Altezza:	150.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.2	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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	60 di 90

Relazione di calcolo scatolare

N°Comb.	N	Momento torcente [daN m]		MT
		Mx	Vy	
1	14393	50487	-47628	0
2	7588	-111853	11736	0
3	13583	33499	60536	0
4	14747	37479	-61080	0
5	6138	17695	47298	0
6	14747	-25240	55380	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	10329	34984
2	5490	-80263
3	9583	23472
4	5490	6326
5	4610	12045
6	10329	-16422

#### 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	9098	30458 (149269)
2	4291	-75738 (-139095)
3	8502	19891 (155310)
4	4291	2452 (265857)
5	3493	8084 (155537)
6	9098	-10666 (-179299)

#### 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	3995	11493 (151507)
2	-420	-58274 (-136638)
3	3995	4446 (182315)
4	3995	4667 (179496)
5	-557	-6612 (-133787)
6	3995	11426 (151602)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	61 di 90

Relazione di calcolo scatolare

Copriferro netto minimo staffe: 6.0 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	14393	50487	14411	249881	4.949	139.5	0.07	0.70	45.2 (30.0)
2	S	7588	-111853	7579	-245374	2.194	10.3	0.07	0.70	45.2 (30.0)
3	S	13583	33499	13571	249327	7.443	139.6	0.07	0.70	45.2 (30.0)
4	S	14747	37479	14754	250108	6.673	139.5	0.07	0.70	45.2 (30.0)
5	S	6138	17695	6109	244404	13.812	139.7	0.07	0.70	45.2 (30.0)
6	S	14747	-25240	14754	-250108	9.909	10.5	0.07	0.70	45.2 (30.0)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	150.0	0.00042	140.8	-0.04364	9.2
2	0.00350	0.0	0.00037	9.2	-0.04438	140.8
3	0.00350	150.0	0.00041	140.8	-0.04374	9.2
4	0.00350	150.0	0.00042	140.8	-0.04361	9.2
5	0.00350	150.0	0.00036	140.8	-0.04454	9.2
6	0.00350	0.0	0.00042	9.2	-0.04361	140.8

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

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

### VERIFICHE A TAGLIO

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

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	62 di 90

Relazione di calcolo scatolare

Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	-47628	52613	577399	77889	100.0 140.8	1.000	1.005	9.6
2	S	11736	51655	575962	77889	100.0 140.8	1.000	1.003	2.4
3	S	60536	52499	577228	77889	100.0 140.8	1.000	1.005	12.2
4	S	-61080	52663	577474	77889	100.0 140.8	1.000	1.005	12.3
5	S	47298	51451	575656	77889	100.0 140.8	1.000	1.002	9.5
6	S	55380	52663	577474	77889	100.0 140.8	1.000	1.005	11.2

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm<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	12.9	150.0	0.0	110.1	-491	140.8	23.0	2300	45.2	9.1
2	S	28.8	0.0	0.0	34.9	-1308	9.2	23.0	2300	45.2	9.1
3	S	8.8	150.0	0.0	107.4	-304	140.8	23.0	2300	45.2	9.1
4	S	2.4	150.0	0.0	94.1	-56	140.8	23.0	2300	45.2	9.1
5	S	4.5	150.0	0.0	108.1	-159	140.8	23.0	2300	45.2	9.1
6	S	6.2	0.0	0.0	57.6	-176	9.2	23.0	2300	45.2	9.1

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00023	0.00008	0.50	0.60	0.000128 (0.000128)	479	0.061 (0.20)	149269
2	S	-0.00068	0.00020	0.50	0.60	0.000373 (0.000373)	479	0.179 (0.20)	-139095
3	S	-0.00014	0.00006	0.50	0.60	0.000076 (0.000076)	479	0.037 (0.20)	155310
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000002 (0.000002)	454	0.001 (0.20)	265857
5	S	-0.00006	0.00002	0.50	0.60	0.000031 (0.000031)	479	0.015 (0.20)	155537
6	S	-0.00005	0.00003	0.50	0.60	0.000028 (0.000028)	479	0.014 (0.20)	-179299

#### 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	4.3	150.0	0.0	108.9	-156	140.8	23.0	2300	45.2	9.1

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	63 di 90

Relazione di calcolo scatolare

2	S	20.6	0.0	0.0	33.4	-995	9.2	23.0	2300	45.2	9.1
3	S	1.7	150.0	0.0	93.1	-38	140.8	23.0	2300	45.2	9.1
4	S	1.8	150.0	0.0	94.4	-42	140.8	23.0	2300	45.2	9.1
5	S	2.4	0.0	0.0	32.7	-118	9.2	23.0	2300	45.2	9.1
6	S	4.2	150.0	0.0	108.9	-154	140.8	23.0	2300	45.2	9.1

### 9.3.3 Verifica in condizioni sismiche

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

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	181.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	90.65	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:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	30.20	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:	150.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.2	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]

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	64 di 90

Relazione di calcolo scatolare

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	22959	75279	-35436	0
2	18649	-82627	6594	0
3	22830	5112	40949	0
4	22959	5818	-41036	0
5	18446	56856	35464	0
6	22959	-50688	23570	0

## RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	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	22959	75279	22946	244685	3.250	117.0	0.23	0.73	45.2 (30.0)
2	S	18649	-82627	18669	-242138	2.930	32.6	0.23	0.73	45.2 (30.0)
3	S	22830	5112	22818	244609	47.850	117.0	0.23	0.73	45.2 (30.0)
4	S	22959	5818	22946	244685	42.057	117.0	0.23	0.73	45.2 (30.0)
5	S	18446	56856	18447	242006	4.256	117.4	0.23	0.73	45.2 (30.0)
6	S	22959	-50688	22946	-244685	4.827	33.0	0.23	0.73	45.2 (30.0)

## DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00060	150.0	0.00043	140.8	-0.00196	9.2
2	0.00059	0.0	0.00042	9.2	-0.00196	140.8
3	0.00060	150.0	0.00043	140.8	-0.00196	9.2
4	0.00060	150.0	0.00043	140.8	-0.00196	9.2
5	0.00059	150.0	0.00042	140.8	-0.00196	9.2
6	0.00060	0.0	0.00043	9.2	-0.00196	140.8

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

Relazione di calcolo scatolare

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	65 di 90

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

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

#### VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	-35436	53819	579208	77889	100.0 140.8	1.000	1.008	7.1
2	S	6594	53212	578298	77889	100.0 140.8	1.000	1.007	1.3
3	S	40949	53801	579181	77889	100.0 140.8	1.000	1.008	8.3
4	S	-41036	53819	579208	77889	100.0 140.8	1.000	1.008	8.3
5	S	35464	53184	578255	77889	100.0 140.8	1.000	1.007	7.2
6	S	23570	53819	579208	77889	100.0 140.8	1.000	1.008	4.8

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 10. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

Le verifiche sono state eseguite considerando i risultati dell'analisi strutturale, in particolare, si è considerata la reazione alla base dell'opera rispetto al baricentro per le combinazioni di carico SLU e SIS.

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
slu1	NonStatic	Max	-189.363	0	1994.547	0	-1984.4078	0
slu2	NonStatic	Max	-190.11	0	1994.547	0	-1984.4078	0
slu3	NonStatic	Max	211.184	0	1994.547	0	2158.4701	0
slu4	NonStatic	Max	211.599	0	1994.547	0	2158.4701	0
slu5	NonStatic	Max	-189.363	0	1555.804	0	-1984.4078	0
slu6	NonStatic	Max	-190.11	0	1555.804	0	-1984.4078	0
slu7	NonStatic	Max	211.184	0	1555.804	0	2158.469	0
slu8	NonStatic	Max	211.599	0	1555.804	0	2158.4699	0
slu9	NonStatic	Max	173.429	0	1949.389	0	1845.9461	0
sis1	NonStatic	Max	-398.368	0	1269.397	0	-2713.6783	0
sis2	NonStatic	Max	-398.759	0	1268.051	0	-2718.2495	0
sis3	NonStatic	Max	401.284	0	1270.079	0	2735.8672	0
sis4	NonStatic	Max	401.677	0	1268.051	0	2742.2581	0
sis5	NonStatic	Max	401.677	0	1284.051	0	2819.8581	0

Si riporta di seguito la verifica a capacità portante solo per le combinazioni peggiori, ovvero la slu4 in condizioni statiche e la sis5 in condizioni sismiche.

La verifica in combinazione sismica è stata effettuata in condizioni di breve termine mentre per la verifica statica sono state considerate condizioni di lungo e di breve termine.

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	67 di 90

Relazione di calcolo scatolare

## 10.1 Verifica statica in termini di tensioni efficaci

### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

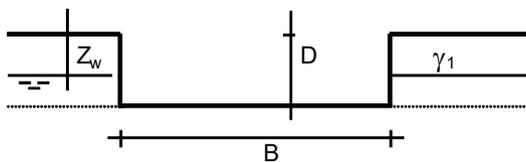
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

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

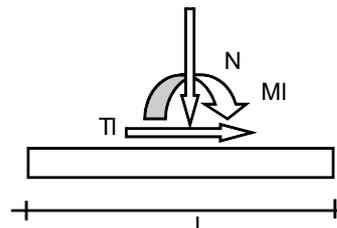
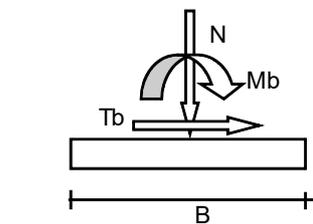
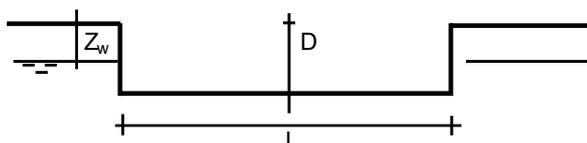
(per fondazione nastroforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

#### coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



$\gamma, c', \varphi'$

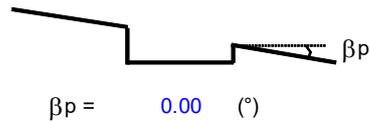
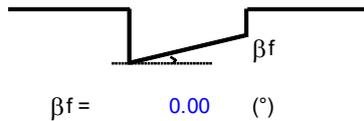


SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	68 di 90

Relazione di calcolo scatolare

B = 9.70 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 1.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1994.00		1994.00
Mb [kNm]	2158.00		2158.00
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	212.00		212.00
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	212.00		212.00

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 20.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 21.00$  (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 22.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 20.00$  (°)

*Valori di progetto*

$c' = 22.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 20.00$  (°)

*Profondità della falda*

$Z_w = 5.00$  (m)

$e_B = 1.08$  (m)  
 $e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 7.54$  (m)  
 $L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 30.00$  (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 14.61$  (kN/mc)

**Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante**

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

$Nq = 6.40$

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

$Nc = 14.83$

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

$Ny = 5.39$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	69 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

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

$$s_c = 1.06$$

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

$$s_q = 1.05$$

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

$$s_\gamma = 0.95$$

**$i_c, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.88 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.12 \quad m = 1.88 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e  
m=(m<sub>b</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>l</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

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

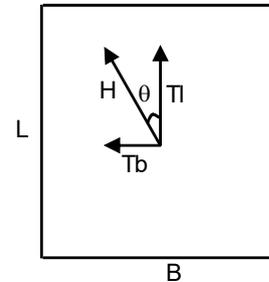
$$i_q = 0.84$$

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

$$i_c = 0.81$$

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

$$i_\gamma = 0.77$$



**$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

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

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

$$d_q = 1.31$$

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

$$d_c = 1.37$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	70 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 635.08 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 264.61 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 276.12 \geq q = 264.61 \quad (\text{kN/m}^2)$$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	71 di 90

Relazione di calcolo scatolare

## 10.2 Verifica statica in termini di tensioni totali

### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni totali

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

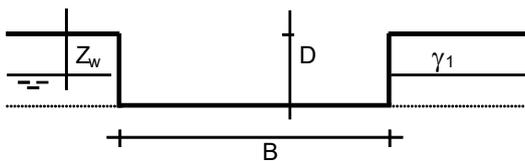
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_l/N$ ) (per fondazione nastroforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

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

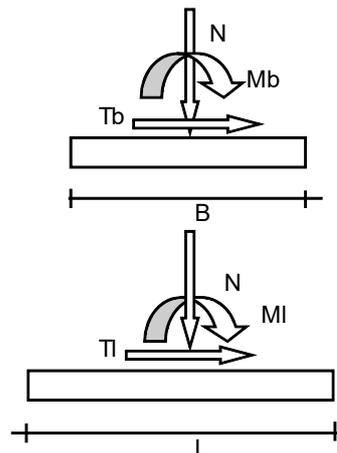
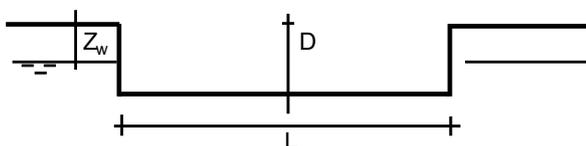
$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

#### coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



$\gamma, c', \varphi'$



SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	72 di 90

Relazione di calcolo scatolare

B = 9.70 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 1.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1994.00	0.00	1994.00
Mb [kNm]	2158.00	0.00	2158.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	212.00	0.00	212.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	212.00	0.00	212.00

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 20.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 21.00$  (kN/mc)

*Valore caratteristico di resistenza del terreno*

$c_u = 200.00$  (kN/mq)

*Valore di progetto*

$c_u = 200.00$  (kN/mq)

$e_B = 1.08$  (m)

$B^* = 7.54$  (m)

$e_L = 0.00$  (m)

$L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

q = 30.00 (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 21.00$  (kN/mc)

**$N_c$  : coefficiente di capacità portante**

$N_c = 2 + \pi$

$N_c = 5.14$

**$s_c$  : fattori di forma**

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

$s_c = 1.03$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	73 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**$i_c$ : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.88$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.12$$

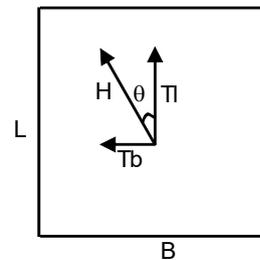
$$\theta = \arctg(T_b / T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1.88$$

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

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

$$i_c = 0.95$$



**$d_c$ : fattore di profondità del piano di appoggio**

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

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

$$d_c = 1.39$$

**$b_c$ : fattore di inclinazione base della fondazione**

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

$$b_c = 1.00$$

**$g_c$ : fattore di inclinazione piano di campagna**

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

$$g_c = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1424.38 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 264.61 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 619.3 \geq q = 264.61 \quad (\text{kN/m}^2)$$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	74 di 90

Relazione di calcolo scatolare

### 10.3 Verifica sismica in termini di tensioni totali

#### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni totali

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

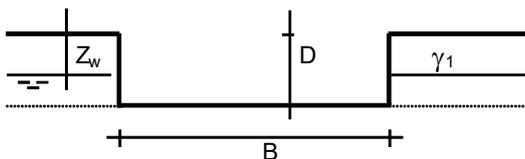
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_l/N$ ) (per fondazione nastroforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

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

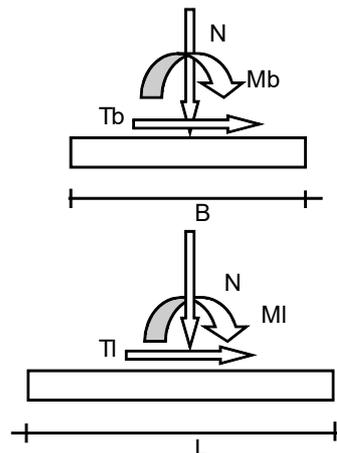
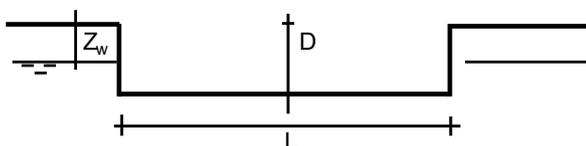
$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

#### coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



$\gamma, c', \varphi'$

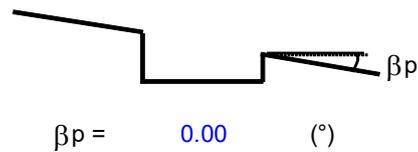
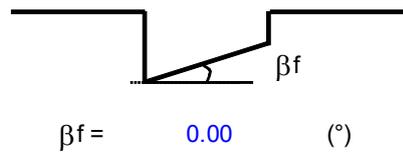


SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	75 di 90

Relazione di calcolo scatolare

B = 9.70 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 1.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1284.00	0.00	1284.00
Mb [kNm]	2820.00	0.00	2820.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	402.00	0.00	402.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	402.00	0.00	402.00

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 20.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 21.00$  (kN/mc)

*Valore caratteristico di resistenza del terreno*

$c_u = 200.00$  (kN/mq)

*Valore di progetto*

$c_u = 200.00$  (kN/mq)

$e_B = 2.20$  (m)

$B^* = 5.31$  (m)

$e_L = 0.00$  (m)

$L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

q = 30.00 (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 21.00$  (kN/mc)

**$N_c$  : coefficiente di capacità portante**

$N_c = 2 + \pi$

$N_c = 5.14$

**$s_c$  : fattori di forma**

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

$s_c = 1.04$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	76 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**$i_c$ : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.84$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.16$$

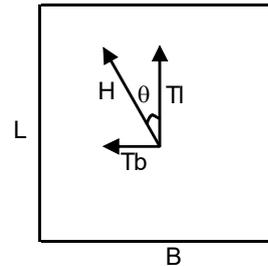
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1.84$$

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

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

$$i_c = 0.86$$



**$d_c$ : fattore di profondità del piano di appoggio**

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

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

$$d_c = 1.39$$

**$b_c$ : fattore di inclinazione base della fondazione**

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

$$b_c = 1.00$$

**$g_c$ : fattore di inclinazione piano di campagna**

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

$$g_c = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1314.46 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 241.92 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 571.51 \geq q = 241.92 \quad (\text{kN/m}^2)$$

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</p>												
<p>SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40 D 29</td> <td>CL</td> <td>SL 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>77 di 90</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	77 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	77 di 90								

## 11. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE CON RINTERRO LATERALE

Al fine di considerare la condizione più gravosa si considera un rinterro di profondità 3,00 m e si eseguono nuovamente le verifiche a capacità portante in condizioni statiche e sismiche.

Si considera un volume di terreno di rinterro di profondità 3,00 m su una striscia di struttura profonda 1 metro. Dato il peso del terreno pari a 21 kN/m<sup>3</sup> riportato al capitolo 4, si ottiene un peso totale del rinterro (su un lato dello scatolare) pari a 53.6 kN.

### Caso statico

Considerando il rinterro presente in entrambi i lati e un coefficiente parziale di sicurezza pari a 1,5, il carico verticale da aggiungere alle sollecitazioni precedenti diventa:

$$N_{SLU} = 160.6 \text{ kN}$$

Il momento di calcolo non viene modificato in quanto le forze verticali rispetto al punto di calcolo del momento risultano uguali e opposte.

### Caso sismico

In tal caso il peso del terreno non viene amplificato ma si considera l'inerzia ad esso associata.

Per il sito in questione, l'accelerazione sismica e i coefficienti  $S_s$  e  $S_t$ , forniscono un valore di  $k_v$  pari a 0.074. Quindi è possibile valutare l'inerzia del terreno come:  $53.6 \cdot 0.074 = 3.98 \text{ kN}$ . Considerando poi il terreno e l'inerzia di questo su entrambi i lati della struttura si ottiene una forza verticale, da aggiungere alle sollecitazioni ricavate in precedenza, pari a:

$$N_{SLV} = 115.1 \text{ kN}$$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	78 di 90

Relazione di calcolo scatolare

## 11.1 Verifica statica in termini di tensioni efficaci

### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

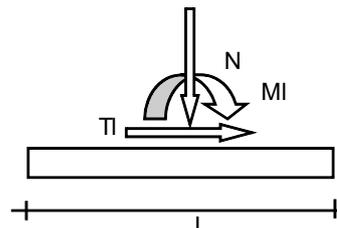
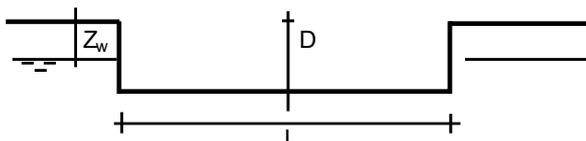
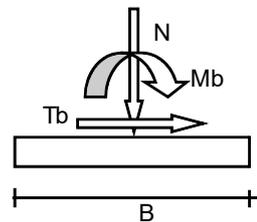
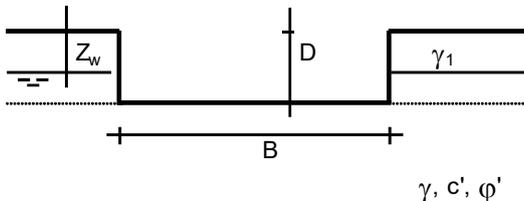
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

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

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

#### coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	

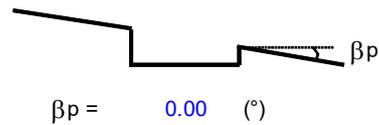
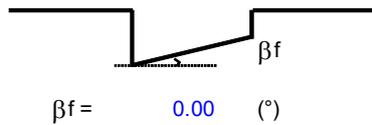


SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	79 di 90

Relazione di calcolo scatolare

B = 9.70 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 4.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2154.60		2154.60
Mb [kNm]	2158.00		2158.00
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	212.00		212.00
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	212.00		212.00

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 20.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 21.00$  (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 22.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 20.00$  (°)

*Valori di progetto*

$c' = 22.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 20.00$  (°)

*Profondità della falda*

$Z_w = 12.00$  (m)

$e_B = 1.00$  (m)  
 $e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 7.70$  (m)  
 $L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 90.00$  (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 18.73$  (kN/mc)

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

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

$N_q = 6.40$

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

$N_c = 14.83$

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

$N_\gamma = 5.39$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	80 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

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

$$s_c = 1.06$$

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

$$s_q = 1.05$$

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

$$s_\gamma = 0.95$$

**$i_c, i_q, i_\gamma$  : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.89 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.11 \quad m = 1.89 \quad (-)$$

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

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

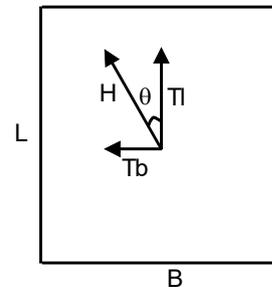
$$i_q = 0.85$$

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

$$i_c = 0.83$$

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

$$i_\gamma = 0.78$$



**$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

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

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

$$d_q = 1.43$$

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

$$d_c = 1.51$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	81 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1199.52 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 279.93 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 521.53 \geq q = 279.93 \quad (\text{kN/m}^2)$$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	82 di 90

Relazione di calcolo scatolare

## 11.2 Verifica statica in termini di tensioni totali

### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni totali

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

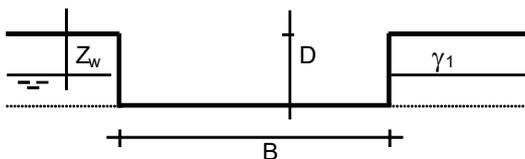
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_l/N$ ) (per fondazione nastroforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

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

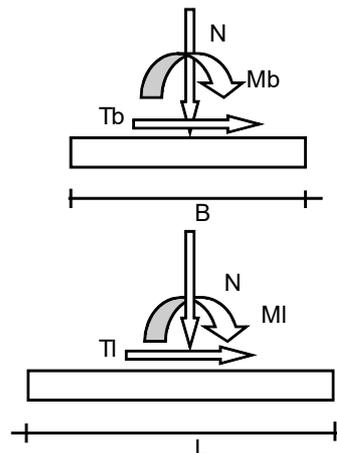
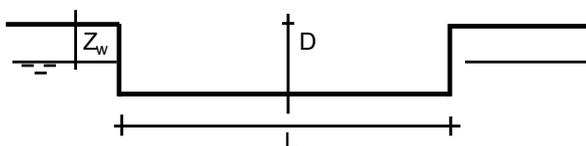
$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

#### coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



$\gamma, c', \varphi'$



SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	83 di 90

Relazione di calcolo scatolare

B = 9.70 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 4.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2154.60	0.00	2154.60
Mb [kNm]	2158.00	0.00	2158.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	212.00	0.00	212.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	212.00	0.00	212.00

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 20.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 21.00$  (kN/mc)

*Valore caratteristico di resistenza del terreno*

$c_u = 200.00$  (kN/mq)

*Valore di progetto*

$c_u = 200.00$  (kN/mq)

$e_B = 1.00$  (m)  
 $e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 7.70$  (m)  
 $L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 90.00$  (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 21.00$  (kN/mc)

**Nc : coefficiente di capacità portante**

$N_c = 2 + \pi$

$N_c = 5.14$

**s<sub>c</sub> : fattori di forma**

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

$s_c = 1.03$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	84 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**$i_c$ : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.89$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.11$$

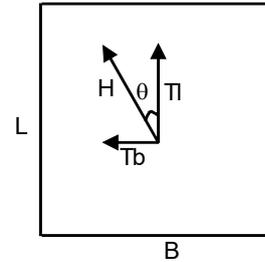
$$\theta = \arctg(T_b / T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1.89$$

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

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

$$i_c = 0.95$$



**$d_c$ : fattore di profondità del piano di appoggio**

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

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

$$d_c = 1.54$$

**$b_c$ : fattore di inclinazione base della fondazione**

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

$$b_c = 1.00$$

**$g_c$ : fattore di inclinazione piano di campagna**

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

$$g_c = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1633.07 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 279.93 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 710.03 \geq q = 279.93 \quad (\text{kN/m}^2)$$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	85 di 90

Relazione di calcolo scatolare

### 11.3 Verifica sismica in termini di tensioni totali

#### Fondazioni Dirette Verifica in tensioni totali

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

D = Profondità del piano di appoggio

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

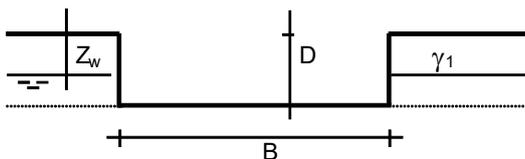
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_l/N$ ) (per fondazione nastroforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

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

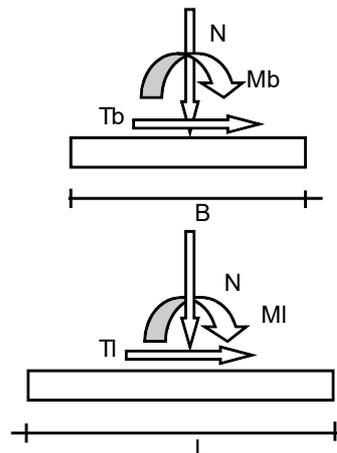
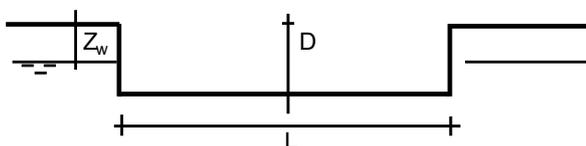
$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

#### coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



$\gamma, c', \varphi'$



SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	86 di 90

Relazione di calcolo scatolare

B = 9.70 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 4.50 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1399.10	0.00	1399.10
Mb [kNm]	2820.00	0.00	2820.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	402.00	0.00	402.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	402.00	0.00	402.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 20.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 21.00$  (kN/mc)

Valore caratteristico di resistenza del terreno

$c_u = 200.00$  (kN/mq)

Valore di progetto

$c_u = 200.00$  (kN/mq)

$e_B = 2.02$  (m)

$B^* = 5.67$  (m)

$e_L = 0.00$  (m)

$L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

q = 90.00 (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 21.00$  (kN/mc)

**Nc : coefficiente di capacità portante**

$Nc = 2 + \pi$

Nc = 5.14

**s<sub>c</sub> : fattori di forma**

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

$s_c = 1.04$

SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 29	CL	SL 02 0 0 001	B	87 di 90

Relazione di calcolo scatolare

**$i_c$ : fattore di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.85$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.15$$

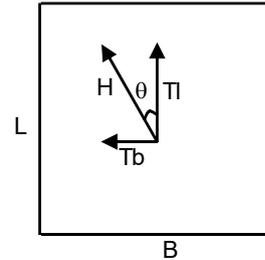
$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1.85$$

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

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

$$i_c = 0.87$$



**$d_c$ : fattore di profondità del piano di appoggio**

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

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

$$d_c = 1.54$$

**$b_c$ : fattore di inclinazione base della fondazione**

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

$$b_c = 1.00$$

**$g_c$ : fattore di inclinazione piano di campagna**

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

$$g_c = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1520.60 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 246.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 661.13 \geq q = 246.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 12. CALCOLO INCIDENZA

### 12.1 Calcolo incidenza della soletta inferiore

Si riportano i dati relativi all'armatura adottata e alla dimensione della sezione

As	10Φ24
As'	10Φ24
Armature di ripartizione	Φ20/20
Staffe	Φ10/20 a 4 bracci
Copriferro	92 mm
Altezza della sezione	1.50 m
Larghezza della sezione	1.00 m
Volume complessivo per una sezione profonda 1.00 m	1.5 m <sup>3</sup>

	Incidenza soletta inferiore					
	armatura superiore		armatura inferiore			
	arm princip	arm ripart	arm princip	arm ripart		staffe
φ	24	20	24	20	φ	10
A (cm <sup>2</sup> )	4.52	3.14	4.52	3.14	A (cm <sup>2</sup> )	0.785
B (m)	1	1	1	1	Bs (m)	0.65
H (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	Hs (m)	1.4
num/m	10	5	10	5	num/m	2
V (cm <sup>3</sup> /m)	4523.89	1570.80	4523.89	1570.80	passo (cm)	200
					V (cm <sup>3</sup> )	322.01
P (Kg/m)	35.51	12.33	35.51	12.33	P (Kg/m)	2.53

<i>Peso totale acciaio</i>	98.21	Kg/m
<i>Volume totale calcestruzzo</i>	1.5	m <sup>3</sup>
<i>Incidenza</i>	65.48	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Incidenza con incremento 10%</i>	72.02	Kg/m <sup>3</sup>

L'incidenza considerata per la soletta inferiore è pari a 70 kN/m<sup>3</sup>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI</b>					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 12.2 Calcolo incidenza dei piedritti

Si riportano i dati relativi all'armatura adottata e alla dimensione della sezione

As	10Φ24
As'	10Φ24
Armature di ripartizione	Φ20/20
Staffe	-
Copriferro	92 mm
Altezza della sezione	1.20 m
Larghezza della sezione	1.00 m
Volume complessivo per una sezione profonda 1.00 m	1.2 m <sup>3</sup>

	Incidenza piedritti					
	armatura esterna		armatura interna			
	arm princip	arm ripart	arm princip	arm ripart		staffe
φ	24	20	24	20	φ	0
A (cm <sup>2</sup> )	4.52	3.14	4.52	3.14	A (cm <sup>2</sup> )	0.00
B (m)	1	1	1	1	Bs (m)	0.65
H (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	Hs (m)	1.1
num/m	10	5	10	5	num/m	0
V (cm <sup>3</sup> /m)	4523.89	1570.80	4523.89	1570.80	passo (cm)	100
					V (cm <sup>3</sup> )	0.00
P (Kg/m)	35.51	12.33	35.51	12.33	P (Kg/m)	0.00

<i>Peso totale acciaio</i>	95.69	Kg/m
<i>Volume totale calcestruzzo</i>	1.2	m <sup>3</sup>
<i>Incidenza</i>	79.74	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Incidenza con incremento 10%</i>	87.71	Kg/m <sup>3</sup>

L'incidenza considerata per i piedritti è pari a 90 kN/m<sup>3</sup>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a) SCATOLARI DI APPROCCIO AI VIADOTTI					
	SL02 - Scatolare di Approccio al VI06 lato PA  Relazione di calcolo scatolare	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### 12.3 Calcolo incidenza della soletta superiore

Si riportano i dati relativi all'armatura adottata e alla dimensione della sezione

As	10Φ24
As'	14Φ24
Armature di ripartizione	Φ20/20
Staffe	Φ10/20 a 4 bracci
Copriferro	92 mm
Altezza della sezione	1.20 m
Larghezza della sezione	1.00 m
Volume complessivo per una sezione profonda 1.00 m	1.2 m <sup>3</sup>

	Incidenza soletta superiore					
	armatura superiore		armatura inferiore			
	arm princip	arm ripart	arm princip	arm ripart		staffe
φ	24	20	24	20	φ	10
A (cm <sup>2</sup> )	4.52	3.14	4.52	3.14	A (cm <sup>2</sup> )	0.785398163
B (m)	1	1	1	1	Bs (m)	0.65
H (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	Hs (m)	1.1
num/m	10	5	10	5	num/m	2
V (cm <sup>3</sup> /m)	4523.89	1570.80	4523.89	1570.80	passo (cm)	20
					V (cm <sup>3</sup> )	2748.89
P (Kg/m)	35.51	12.33	35.51	12.33	P (Kg/m)	21.58

<i>Peso totale acciaio</i>	117.27	Kg/m
<i>Volume totale calcestruzzo</i>	1.2	m <sup>3</sup>
<i>Incidenza</i>	97.72	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Incidenza con incremento 10%</i>	107.49	Kg/m <sup>3</sup>

L'incidenza considerata per la soletta superiore è pari a 110 kN/m<sup>3</sup>.