

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

**OPERE CIVILI**

Elaborati Generali OO.CC.

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 CL IF0000 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Dic-2019	F. Bavetta	Dic-2019	A. Barreca	Dic-2019	F. Arduini Gen-2020
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Gen-2020	F. Bavetta	Gen-2020	A. Barreca	Gen-2020	ITALFERR S.p.A. Messina - Catania Direzione Generale Ufficio Infrastrutture Centrali di Roma

File: RS3U.4.0.D.29.CL.IF.00.0.0.001.B

n. Elab.: 29\_366



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	2 di 67

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
3	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	9
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	10
6	VERIFICHE SLU (GEO/STR) .....	11
6.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	11
6.1.1	<i>Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione .....</i>	<i>11</i>
6.1.2	<i>Verifica agli stati limite ultimi a taglio .....</i>	<i>11</i>
6.1.3	<i>Verifica agli stati limite d'esercizio.....</i>	<i>13</i>
6.2	VERIFICHE DEI MICROPALI.....	13
6.2.1	<i>Capacità portante dei micropali nei confronti dei carichi assiali .....</i>	<i>14</i>
7	MODELLAZIONE ADOTTATA .....	16
8	ANALISI DEI CARICHI_TIPO1 .....	16
8.1	PESI PROPRI .....	16
8.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	16
8.3	SPINTA STATICA DEL TERRENO .....	17
8.4	CARICO PER FOLLA COMPATTA .....	18
8.5	AZIONE DEL VENTO .....	19
8.6	SPINTA ORIZZONTALE DOVUTA AL BALLAST .....	21
8.7	AZIONE DEL SISMA.....	22
8.8	SOVRASPINTA SISMICA .....	25
8.9	RITIRO DEL CALCESTRUZZO.....	26
8.10	VARIAZIONE TERMICA .....	26



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	3 di 67

9	COMBINAZIONE DEI CARICHI .....	28
10	RISULTATI E VERIFICHE SCATOLARE.....	30
10.1	VERIFICHE PIEDRITTI .....	33
10.1.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	33
10.1.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	38
	VERIFICHE SOLETTA INFERIORE .....	41
10.1.3	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	41
10.1.4	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	46
10.2	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....	50
10.2.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	50
10.2.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	55
10.3	VERIFICHE MICROPALO (FFP_TIPO1).....	58
10.4	VERIFICHE MICROPALO (FFP_TIPO3).....	63



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	4 di 67

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del nuovo collegamento Palermo – Catania, tratta Caltanissetta Xirbi – Enna (lotto 4a).

Le opere oggetto di analisi sono FFP, marciapiedi adibiti a via di fuga della galleria naturale.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

### SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella seguente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limite dei marciapiedi lungo linea del lotto 4a.

Sono presenti tre differenti tipologie di FFP; come mostrato nella seguente tabella in cui si riporta anche il loro sviluppo lungo il tracciato:

Marciapiede	lato	pk inizio	pk fine	lunghezze	lunghezze	Elemento di margine	Sezione ti
discenderia	nord	3704.2	3711.2	7	7	discenderia	-
FFP Montestretto lato Palermo (GN01)	nord	3711.2	3820	108.8	350	Rilevato > 2,5 m	1
		3820	3900	80		Rilevato < 2,5 m	3
		3900	4000	100		Rilevato > 2,5 m	1
		4000	4061.2	61.2		in piano	2
discenderia	nord	4061.2	4068.2	7	16.4	discenderia	-
discenderia		4070.6	4077.6	7		discenderia	-
in uscita GN01 lato Palermo	nord	4077.6	4108	30.4	30.4	in piano	2
in uscita GN01 lato Catania	nord	6468	6492	24	45.75	Rilevato < 2,5 m	3
discenderia	nord	6492	6499	7	16.4	discenderia	-
discenderia	sud	6501.4	6508.4	7		discenderia	-
FFP Montestretto lato Catania (GN01)	sud	6508.4	6534	25.6	350	in piano	2
discenderia	sud	6858.4	6865.4	7	7	discenderia	-
		7597.9	7624.22	26.32		in piano	2
discenderia	sud	7624.22	7631.22	7	18	discenderia	-
discenderia	nord	7635.22	7642.22	7		discenderia	-
in uscita GA02 lato Palermo	nord	7642.22	7686.9	44.68	59.68	in piano	2
in uscita GN02 lato Catania	nord	11548.59	11580.62	32.03	32.03	in piano	2
discenderia	nord	11580.62	11587.62	7	18	discenderia	-
discenderia	nord	11591.62	11598.62	7		discenderia	-
FFP Salso lato Catania (GN02)	nord	11598.62	11733	134.38	350	Rilevato > 2,5 m	1
discenderia	nord	11948.62	11955.62	7	7	discenderia	-
discenderia	sud	13048.33	13055.33	7	7	discenderia	-
FFP Trinacria lato Palermo (GN03)	sud	13055.33	13100	44.6731	350	Rilevato > 2,5 m	1
		13100	13405.33	305.3269		Rilevato < 2,5 m	3
discenderia	sud	13405.33	13412.33	7	18	discenderia	-
discenderia	nord	13416.33	13423.33	7		discenderia	-
in uscita GN03 lato Catania	nord	13423.33	13427.09	3.7631	3.7631	in piano	2

- tipo 1, che presenta uno spessore della soletta superiore e dei piedritti di 0.3 m e uno spessore della soletta inferiore di 0.6 m, poggiante su rilevato di altezze  $H > 2.5$  m, con presenza di micropali;
  - tipo 2, che presenta uno spessore della soletta superiore e dei piedritti di 0.3 m e uno spessore della soletta inferiore di 0.4 m, con assenza di micropali;
  - tipo 3, che presenta uno spessore della soletta superiore e dei piedritti di 0.3 m e uno spessore della soletta inferiore di 0.6 m, poggiante su rilevato di altezze  $H < 2.5$  m, con presenza di micropali;
- Il tipo 1 e 3 sono oggetto di analisi nella seguente relazione, la tipologia 2 viene analizzata nell'elaborato RS3U.4.0.D.29.CL.IF.00.0.0.002.

Si riporta, di seguito, la sezione trasversale tipica delle strutture.

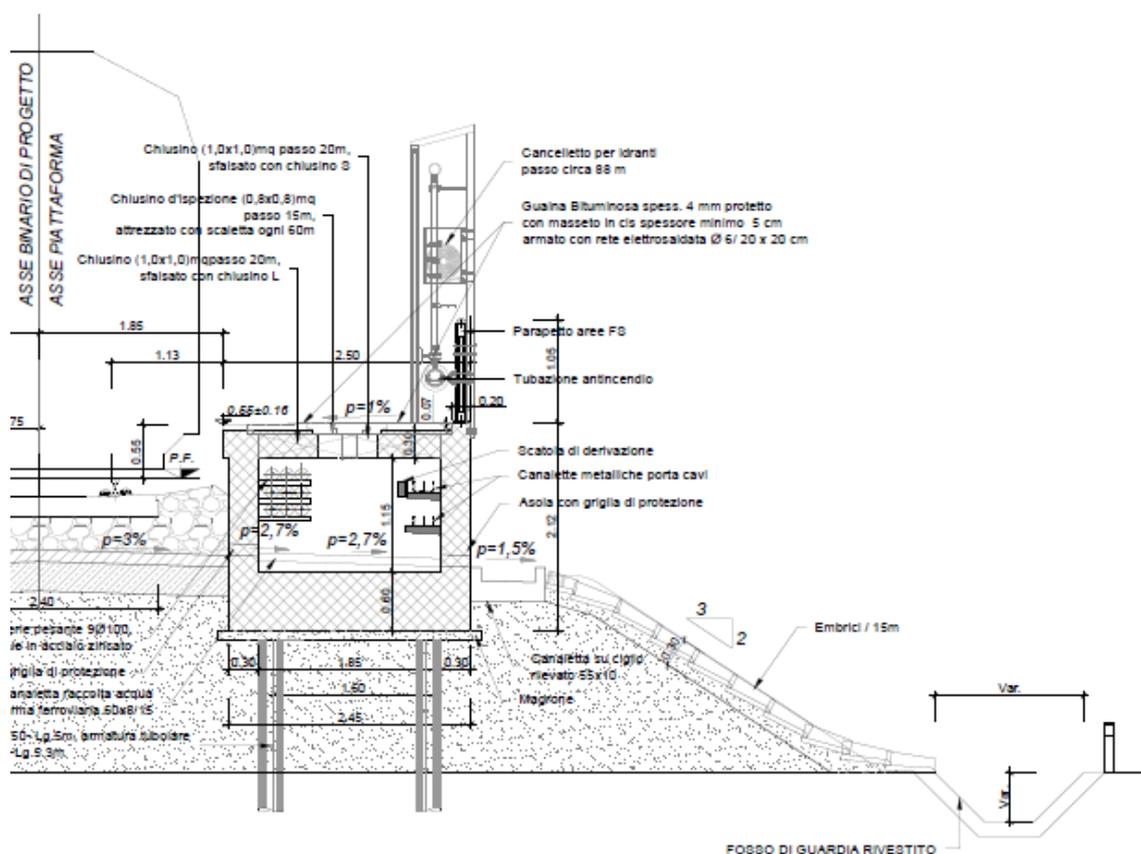


Fig. 1 – Sezione Marciapiede Tipo 1 e 3.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e  
tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	6 di 67

I micropali sono disposti a maglia quadrata, con interasse longitudinale e trasversale di 160 cm, perforazione  $\Phi 250$ , e armatura tubolare  $\Phi 168.3 \times 8$ .

La lunghezza varia al variare della tipologia di FFP:

- per la prima tipologia, dove l'altezza massima del rilevato è pari a 10 m, si impiegano micropali con lunghezze di 9 m, pertanto si sviluppano solamente all'interno del rilevato ferroviario.

- per la terza tipologia, dove l'altezza massima del rilevato è pari a 2.5 m, si impiegano micropali con lunghezze di 5 m, pertanto si sviluppano per un'altezza di circa 1 m all'interno del rilevato e per i rimanenti 4 m all'interno dell'unità geotecnica sottostante.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b>					
	<b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 7 di 67

## 2 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009,n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- UNI EN 1992-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni F.S. delle quali si è tenuto conto.

- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Partel
- RFI DTC SI AG MA IFS 001 A Parte II sezione 1
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Parte II sezione 2
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A Parte II sezione 3
- RFI DTC SI GA MA IFS 001 A Parte II sezione 4
- RFI DTC SI CS MA IFS 002 A Parte II sezione 5
- RFI DTC SI CS MA IFS 003 A Parte II sezione 6
- RFI 00C IF SP CO0101 001 A Capitolato Costruzioni Opere Civili

### 3 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

#### Unità di misura principali

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

#### Unità di misura derivate

<b>kN</b> (kiloNewton)	$10^3$ N
<b>MN</b> (megaNewton)	$10^6$ N
<b>kgf</b> (kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
<b>cm</b> (centimetro)	$10^{-2}$ m
<b>mm</b> (millimetro)	$10^{-3}$ m
<b>Pa</b> (Pascal)	1 N/m <sup>2</sup>
<b>kPa</b> (kiloPascal)	$10^3$ N/m <sup>2</sup>
<b>MPa</b>	(megaPascal) $10^6$ N/m <sup>2</sup>
<b>N/m<sup>3</sup></b>	(peso specifico)
<b>g</b> (accelerazione di gravità)	$\sim 9.81$ m/s <sup>2</sup>

#### Corrispondenze notevoli

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

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

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

<b>γ</b> (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m <sup>3</sup> )
<b>σ</b> (sigma)	tensione normale	(N/mm <sup>2</sup> )
<b>τ</b> (tau)	tensione tangenziale	(N/mm <sup>2</sup> )
<b>ε</b> (epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
<b>φ</b> (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)

#### 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo classe C30/37

CL	=	<b>C30/37</b>	Classe di resistenza adottata
$R_{ck}$	=	<b>37</b> MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	30.71 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	38.71 MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.94 MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	2.06 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	3.53 MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	33,019.43	modulo elastico istantaneo

##### Acciaio per strutture in conglomerato cementizio

Acciaio	<b>B450C</b>		
$f_{tk}$	≥	<b>540.00</b> MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{yk}$	≥	<b>450.00</b> MPa	tensione caratteristica di snervamento
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	coefficiente del materiale
$f_{yd}$	≥	391.30 MPa	tensione caratteristica di snervamento di calcolo
$E_s$	=	206 000.00 MPa	Modulo elastico

##### Acciaio per micropali

Acciaio	<b>S355</b>		
E	=	210000 N/mm <sup>2</sup>	modulo di elasticità
$\nu$	=	0.3	modulo di Poisson
$\alpha$	=	0.00001°C	coefficiente di dilatazione lineare
G	=	80769 N/mm <sup>2</sup>	modulo di elasticità trasversale
$\gamma$	=	76.98 kN/m <sup>3</sup>	densità

##### Spessore massimo degli elementi

$f_{yk}$	=	<b>355</b> N/mm <sup>2</sup>	tensione caratteristica allo snervamento
$f_{tk}$	=	<b>430</b> N/mm <sup>2</sup>	tensione caratteristica a rottura

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Sulla base delle indagini svolte, sintetizzate nei profili geotecnici lungo linea, si considera il terreno peggiore:

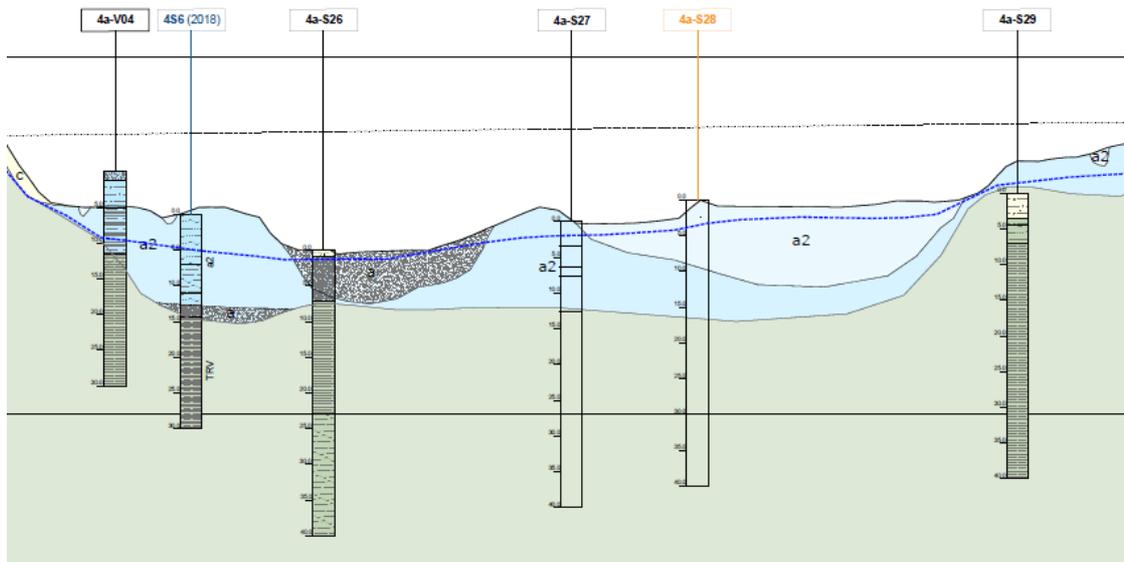


Fig. 2 – Profilo geotecnico.

Riepilogo dei parametri caratteristici:

U.G.	$\gamma$	$c'$	$c_u$	$\phi'$	E
[-]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]
a2	19	15	75	25	250
TRV	21	23	200	20	100
Falda a – 3 m da p.c.					

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

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b>  <b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 11 di 67

## 6 VERIFICHE SLU (GEO/STR)

### 6.1 Verifiche strutturali

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

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

#### 6.1.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

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

#### 6.1.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM14/01/2008, per elementi con armatura a taglio verticali.

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

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[ 0.18 / \gamma_c \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}, \text{ resistenza di}$$

calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può}$$

essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo sforzo di}$$

taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$s$  è il passo delle staffe;

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

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

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

qualsiasi tensione di compressione assiale.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b>  <b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 13 di 67

### 6.1.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

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

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

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

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Rara. I valori nominali di riferimento sono:

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

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

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

## 6.2 Verifiche dei micropali

La resistenza caratteristica  $R_k$  del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove  $R_k$  è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ. La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate  $R_{c,calc}$  ( $R_{t,calc}$ ) i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella tabella seguente, in funzione del numero  $n$  di verticali di indagini:

 <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>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

**Tab. 1 - Fattori di correlazione ξ**

La campagna di indagine condotta in fase di progettazione definitiva permette di assumere in sede di calcolo un fattore di correlazione pari a ξ<sub>3</sub> = ξ<sub>4</sub> = 1.70.

### 6.2.1 Capacità portante dei micropali nei confronti dei carichi assiali

Il calcolo viene eseguito secondo il metodo messo a punto dall' "École Nationale des Ponts et Chaussées" da Bustamante e Doix, recepito nella gran parte delle normative e linee guida in Europa e negli Stati Uniti (FHWA) e basato sulla conoscenza dei valori del parametro **N<sub>SPT</sub>** e/o **p<sub>L</sub>** (pressione laterale limite) dei terreni attraversati. I micropali vengono distinti in due categorie:

- micropali eseguiti con iniezioni ripetute e controllate con tubo a valvole e doppio otturatore (IRS, injection répétitive et selective). Appartengono a tale gruppo i micropali da adottare per le barriere antirumore;
- micropali eseguiti con getto dell'intero palo in un'unica soluzione (IGU, injection globale inique).

Il metodo si avvale, per la capacità portante della relazione :

$$Q_{lim} = (Q_{ll} + Q_{pl}) * h$$

dove

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)  OPERE CIVILI					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 15 di 67

$Q_{ll}$  : portata laterale limite:  $Q_{ll} = \pi * D_b * L_p * q_s$

con  $D_b$  = diametro reso del micropalo =  $\alpha D_s$ ;

$D_s$  = diametro di perforazione;

$L_p$  = lunghezza della zona iniettata;

$\alpha$  = coefficiente adimensionale che tiene conto della tecnica di esecuzione dei micropali e del tipo di terreno (vedi tabella A);

$q_s$  = portata laterale unitaria stabilita in funzione del valore  $N_{SPT}$  o  $p_L$ . È ricavabile tramite i grafici messi a punto dall' "École Nationale des Ponts et Chaussées " in base a numerose prove di carico a rottura (267) per vari tipi di terreno e per le due tecniche di realizzazione del micropalo. Tali grafici vengono riportati alle pagine seguenti nelle figure I, II, III e IV.

$Q_{pl}$  : portata alla punta ultima. Dato l'alto rapporto esistente fra superficie laterale portante e superficie della punta del palo, normalmente, per i micropali, si considera un **valore della portata alla punta pari al 15% della portata laterale**.

$h$ : fattore di efficienza in termini di resistenza (si assume 0.8).

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b>					
	<b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 16 di 67

## 7 MODELLAZIONE ADOTTATA

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.

## 8 ANALISI DEI CARICHI\_TIPO1

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto.

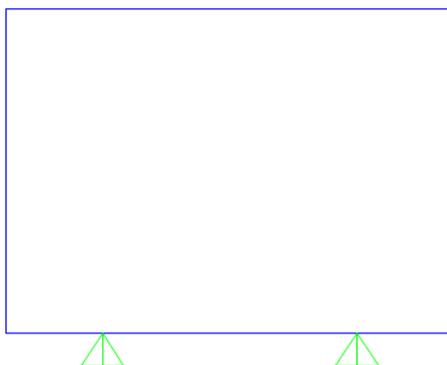


Fig. 3 – Modello adottato.

### 8.1 Pesì propri

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

- Soletta di fondazione;
- Piedritti;
- Soletta di copertura.

### 8.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

 <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>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

- Pavimentazione in conglomerato bituminoso del marciapiede 2,5 kN/m<sup>2</sup>;
- Peso proprio della barriera del parapetto 1 kN/m.

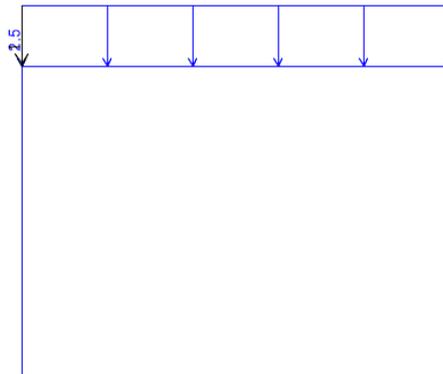


Fig. 4 – Carichi permanenti su soletta superiore.

### 8.3 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali dello scatolare sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a  $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$ , applicata ad 1/3 dal basso.

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

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

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_w$ (kN/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00
1.6	12.3	0.00
1.85	14.22	0.00
Spinta su metà soletta inferiore		
$\Delta P$	3.31	kN/m

 <p><b>ITAFERR</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></p> <p><b>OPERE CIVILI</b></p>												
<p>Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3</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</td> <td>D29CL</td> <td>IF 0000 001</td> <td>B</td> <td>18 di 67</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	18 di 67
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	18 di 67								



Fig. 5 – Spinta statica del terreno.

#### 8.4 Carico per folla compatta

Dalle prescrizioni normative della NTC2018 si tiene conto del carico associato allo schema 5 (folla compatta), con un valore pari a 10 kN/m<sup>2</sup>.

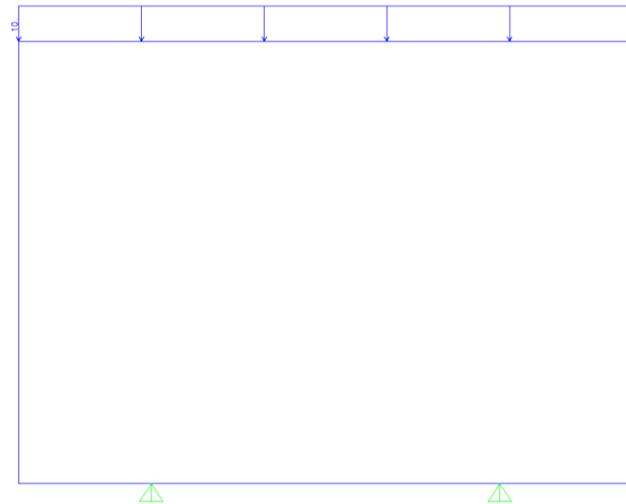


Fig. 6 – Carico per folla compatta.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b>					
	<b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 19 di 67

## 8.5 Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni  $p$  (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- $q_b$  - Pressione cinetica di riferimento
- $c_e$  - Coefficiente di esposizione
- $c_p$  - Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- $c_d$  - Coefficiente dinamico

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  in ( $N/m^2$ ) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

dove  $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a  $1.25 \text{ kg/m}^3$ .

Il coefficiente d'esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione ( $k_r, z_0, z_{min}$ ).

Il valore di  $c_e$  può essere ricavato mediante la relazione:

- $c_e(z) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[ 7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]$  per  $z > z_{min}$
- $c_e(z) = c_e(z_{min})$  per  $z < z_{min}$

Nel caso in esame abbiamo con riferimento ad una altezza  $z$  dal suolo valutata cautelativamente pari a 20m si ha:

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
4	28	500	0.02

$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	100
---	-----

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

$v_b$ (velocità di riferimento [m/s])	28
---------------------------------------	----

$p$  (pressione del vento [N/mq]) =  $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$   
 $q_b$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])  
 $c_e$  (coefficiente di esposizione)  
 $c_p$  (coefficiente di forma)  
 $c_d$  (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$q_b$ [N/mq]	490.00
--------------	--------

Coefficiente di esposizione

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autotelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Classe di rugosità del terreno

A) Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa		500m		
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	costa		
	mare		
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
	costa	
	mare	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

$z$ altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	$a_s$ [m]
1	4	A	100

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

Cat. Esposiz.	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]	$c_t$
II	0.19	0.05	4	1

$c_e$	1.80
-------	------

 <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>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

**Tabella G.X – Coefficienti di pressione complessiva per muri e parapetti.**

$\varphi$	Chiusura laterale	$l/h$	A	B	C	D
1,0	no	<3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		>10	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

$$c_p = 2.3$$

$$c_d = 1$$

Nel caso in esame si ha quindi:

$$p = q_b c_e c_p = 2028.6 \text{ N/m}^2 = 2 \text{ kN/ m}^2$$

## 8.6 Spinta orizzontale dovuta al ballast

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

Spinta statica aggiuntiva	
	Ballast
$K_0$	0.38
$p_b$	16 kN/m <sup>2</sup>
$\Delta p_d$	6.15 kN/m <sup>2</sup>



Fig. 7 – Spinta orizzontale del ballast.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)</b>					
	<b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 22 di 67

## 8.7 Azione del sisma

Considerando la zona sismica di pertinenza quella di Taormina.

Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori:  $V_N=75$  anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U = 1.50$ .

La vita di riferimento  $V_R$  è quindi pari a 112.5 anni.

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$
- Vita nominale  $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura  $q = 1$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale e verticale sono riportati :

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

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo



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

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	23 di 67

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci **Ex**, **Ey** ed **Ez**.

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

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

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

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info       $S_B = 1.500$        $C_C = 1.326$  info

Categoria topografica **T1** info       $h/H = 0.000$        $S_T = 1.000$  info  
(h=quotasito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%)        $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$        Regol. in altezza **no** info

Compon. verticale

Spettro di progetto      Fattore  $q$         $\eta = 1.000$  info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

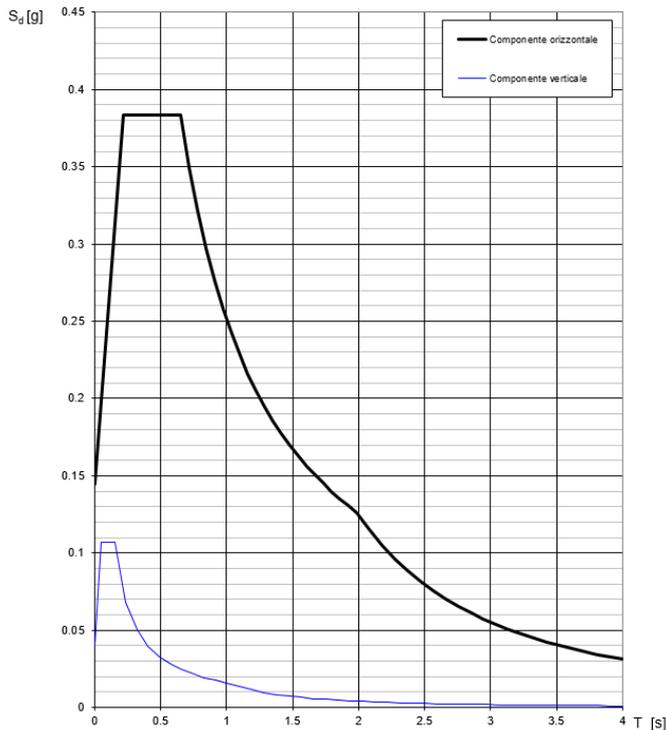
— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

Di seguito si riporta a titolo di esempio lo **spettro di progetto** per lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV** relativamente alle componenti **orizzontali**, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.096 g
$F_0$	2.653
$T_C$	0.494 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.326
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.218 s
$T_C$	0.654 s
$T_D$	1.985 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + 2)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  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]	S <sub>d</sub> [g]
0.000	0.145
0.218	0.384
0.654	0.384
0.718	0.350
0.781	0.321
0.844	0.297
0.908	0.276
0.971	0.259
1.035	0.243
1.098	0.229
1.161	0.216
1.225	0.205
1.288	0.195
1.352	0.186
1.415	0.177
1.478	0.170
1.542	0.163
1.605	0.156
1.668	0.150
1.732	0.145
1.795	0.140
1.859	0.135
1.922	0.131
1.985	0.128
2.081	0.115
2.177	0.105
2.273	0.096
2.369	0.089
2.465	0.082
2.561	0.076
2.657	0.071
2.753	0.066
2.849	0.061
2.945	0.057
3.041	0.054
3.137	0.051
3.233	0.048
3.328	0.045
3.424	0.042
3.520	0.040
3.616	0.038
3.712	0.036
3.808	0.034
3.904	0.033
4.000	0.031

$a_g$	0.096	g
$S_S$	1.5	
$S_T$	1	
$a_{max}$	0.144	g
$b_m$	1	
$k_h$	0.144	
$k_v$	0.072	

**INERZIA ORIZZONTALE**

Piedritti

$k_h \cdot W_{P1}$	1.08	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio s. 0.3m
--------------------	------	-------------------	----------------------

 <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>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B



Fig. 8 – Spinta sismica.

### 8.8 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad  $H/2$ .

SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
$h_{tot}$	2.00	m	altezza complessiva
$\Delta p_d$	5.76	kN/m <sup>2</sup>	incremento di spinta



Fig. 9 – Sovrappinta sismica.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	26 di 67

## 8.9 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 13°, ed un umidità relativa del 75% a 100 gg.

RFI DTC INC CS SP IFS 001 A			
Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie			
<b>Calcolo dell'azione prodotta da ritiro</b>			
	Rck	37	
	$f_{ek}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>	
resistenza a compressione media	$f_{cm}$	38.71 N/mm <sup>2</sup>	
modulo elastico secante	$E_{cm}$	33019.43 N/mm <sup>2</sup>	
coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	0.00001	
classe del cemento	cls tipo	R	
età del cls all'inizio del ritiro	$t_s$	2 gg	
età del cls al momento del carico	$t_0$	2 gg	
età del cls	t	25550 gg	
larghezza sezione	B	100 cm	
altezza sezione	H	30.00 cm	
sezione dell'elemento	$A_c$	300000 mm <sup>2</sup>	
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	1000 mm	
dimensione elemento di cls	$h_0=2A_c/u$	600 mm	
umidità relativa percentuale	RH	75 %	
<b>Calcolo del modulo elastico</b>			
coeff. del tipo di cemento	$\alpha$	1	
tempo $t_0$ corretto in funz del tipo di cem	$t_0$	6.189 gg	> 0.5
coeff. della resistenza del cls	$\beta_c(t_{em})$	2.70	
coeff. della viscosità nel tempo	$\beta_c(t_0)$	0.649	
coeff. della resistenza del cls	$\alpha_1$	0.932	
coeff. della resistenza del cls	$\alpha_2$	0.980	
coeff. della resistenza del cls	$\alpha_3$	0.951	
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	$\beta_{RH}$	1273	
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	$\beta_c(t, t_0)$	0.986	
coeff. che tiene conto dell'umidità	$\varphi_{RH}$	1.271	
coeff. nominale della viscosità	$\varphi_0$	2.228	
coeff. di viscosità	$\varphi(t, t_0)$	2.20	
Modulo elastico al tempo t	$E_{cm}(t, t_0)$	10331.5 N/mm <sup>2</sup>	

Calcolo della deformazione di ritiro

parametro fusione di $h_0$	$k_h$	0.7
coeff. variabilità deformazione nel tempo	$\beta_{cs}(t, t_s)$	0.978
def. di ritiro per essiccamento	$\varepsilon_{cd}(t)$	0.0002996
deformazione di base	$\varepsilon_{cd,0}$	0.00043785
coeff. per il tipo di cemento	$\alpha_{ds1}$	6
coeff. per il tipo di cemento	$\alpha_{ds2}$	0.11
	$\beta_{RH}$	0.89609375
	$\beta_{as}(t)$	1
	$\varepsilon_{ca,00}$	5.1775E-05
deformazione dovuta al ritiro autogeno	$\varepsilon_{ca}$	5.1775E-05
deformazione di ritiro	$\varepsilon_s(t, t_0)$	0.00035138
Variazione termica uniforme	$\Delta T_{ritiro}$	-10.99 °C

NOTA : I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura

Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura.

## 8.10 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a  $\Delta T = +15^\circ\text{C}$ , con un variazione termica aggiuntiva a farfalla pari a  $\Delta T = +5^\circ\text{C}$  applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e  
tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	27 di 67

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

 <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>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

## 9 COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (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 sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione  $\psi$  delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Tab. 2 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	F <sub>Wk</sub>	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T <sub>k</sub>	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni



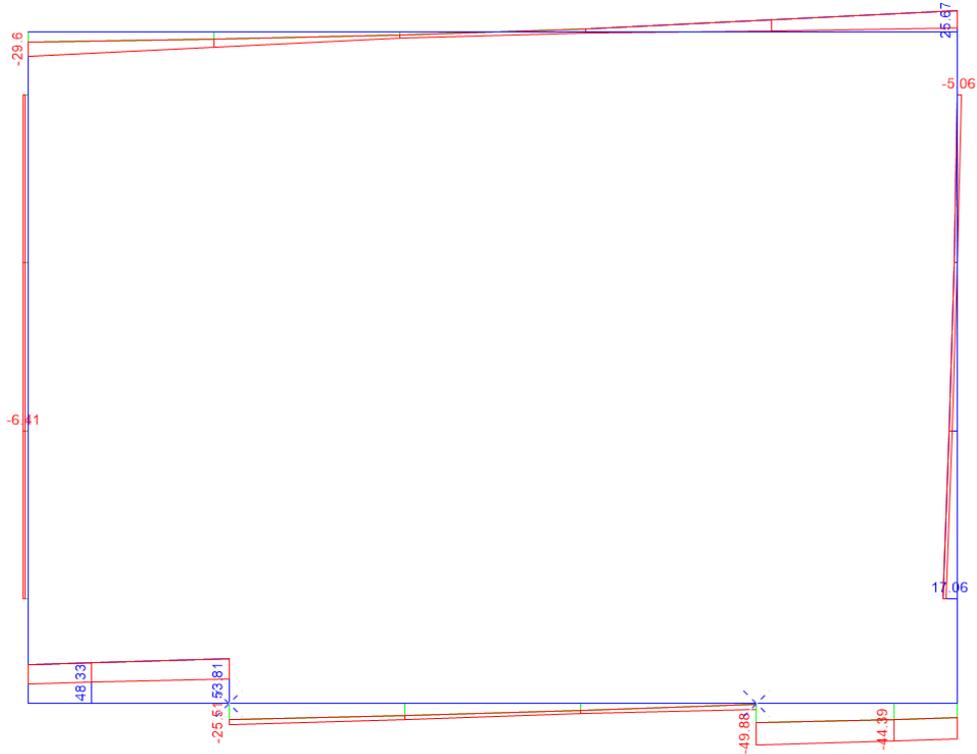


Fig. 11 – Taglio enve-SLU.

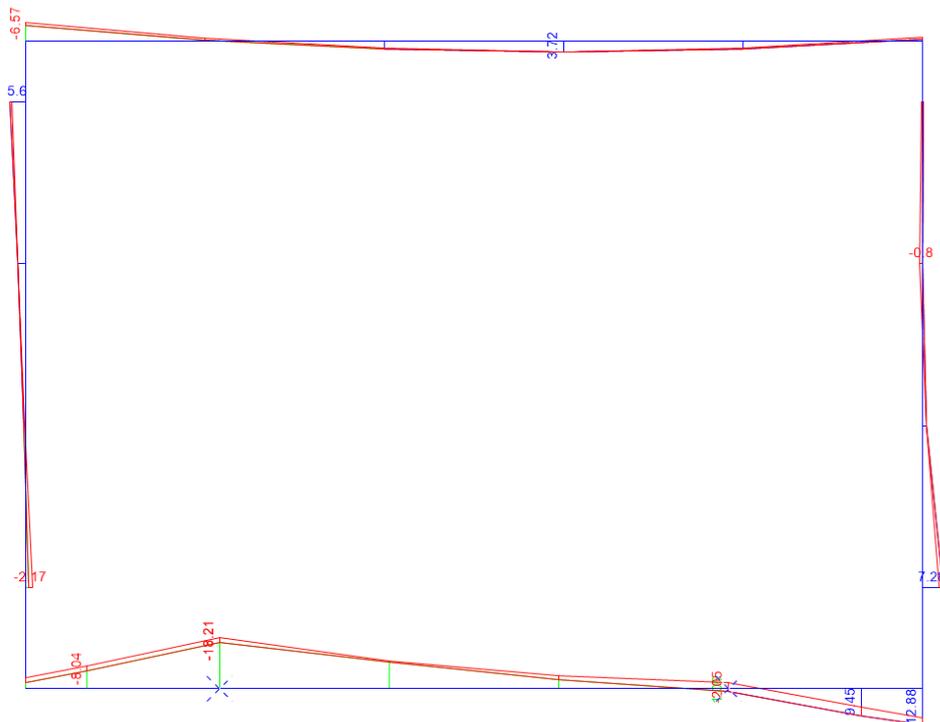


Fig. 12 – Momento flettente enve-SLV.

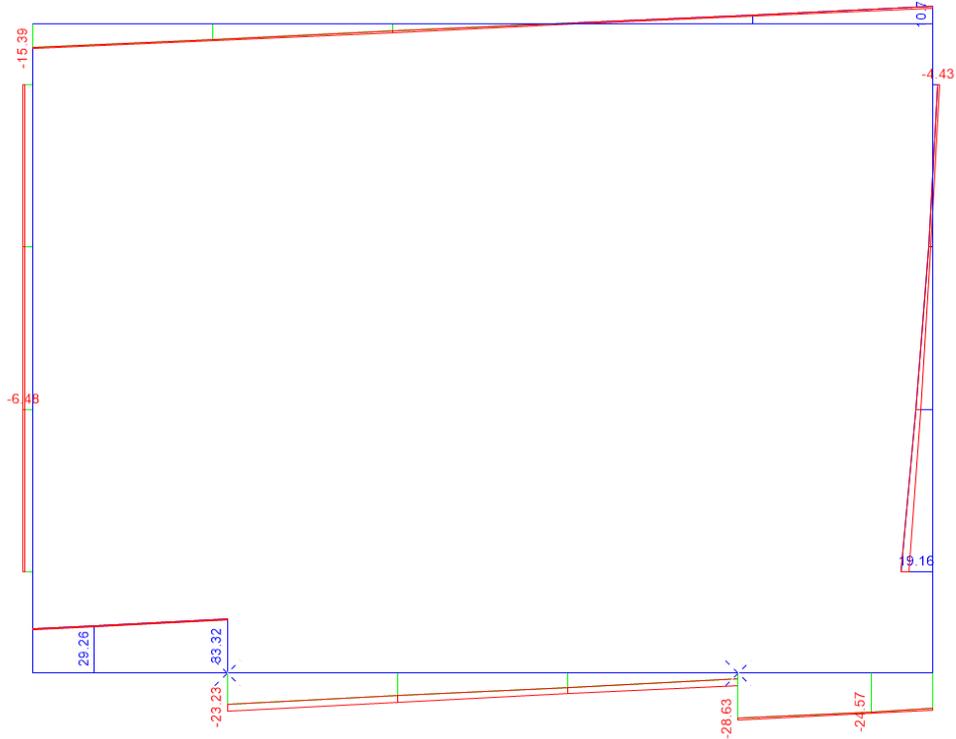


Fig. 13 – Taglio enve-SLV.

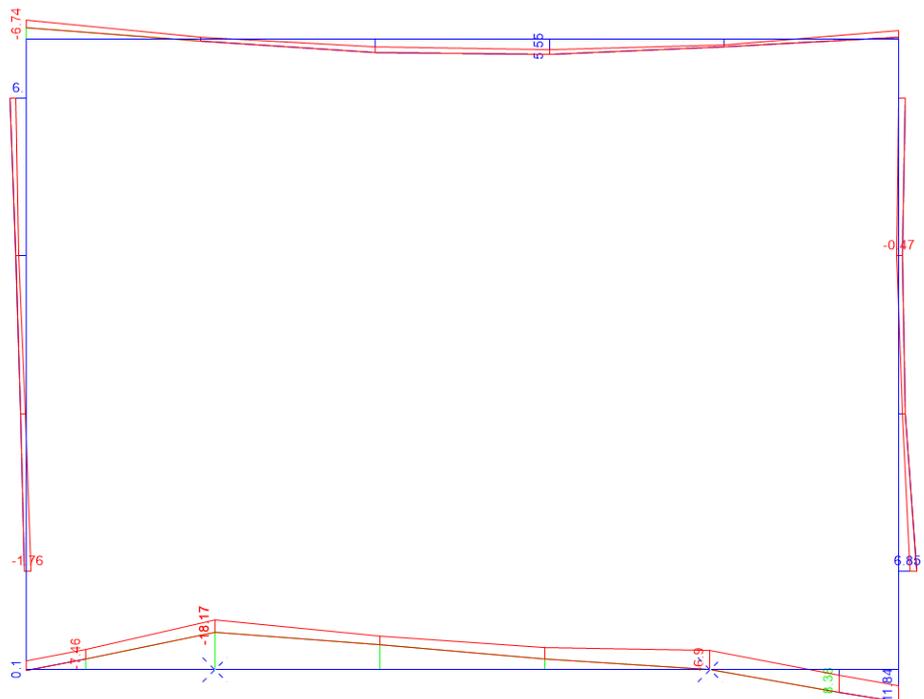


Fig. 14 – Momento flettente enve-SLE.

## 10.1 Verifiche piedritti

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-20.03	19.16	<b>7.28</b>	65	0.25	sis1_nl
	-25.51	-6.48	<b>-2.17</b>	63	0.25	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-31.12	-6.35	<b>8.25</b>	63	1.45	slu2_nl
	-21.80	-5.30	<b>-2.37</b>	63	0.25	slu3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-21.98	-4.94	<b>6.00</b>	63	1.45	rar1_nl
	-24.38	-4.08	<b>-0.41</b>	63	0.25	rar2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-21.16	12.33	<b>5.30</b>	65	0.25	fre1_nl
	-24.38	-4.08	<b>-0.41</b>	63	0.25	fre1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-20.26	17.15	<b>6.85</b>	65	0.25	qpe2_nl
	-25.28	-5.94	<b>-1.76</b>	63	0.25	qpe2_nl

### 10.1.1 Verifica in condizioni statiche

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

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm <sup>2</sup>



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	34 di 67

Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	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. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.4	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	3112	825	-635	0
2	2180	-237	-530	0
3	2137	753	1706	0
4	3684	-7	-641	0
5	594	-152	-95	0
6	4326	63	-635	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	2198	600
2	2438	-41
3	2116	530
4	3098	8

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	35 di 67

5	1216	101
6	3098	8

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

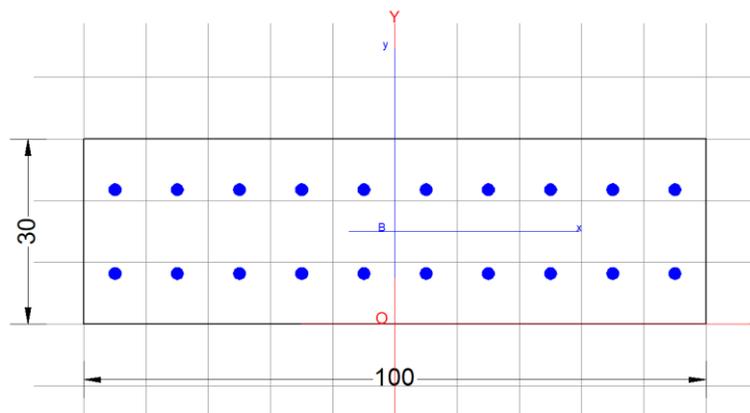
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2026	685 (5933)
2	2528	-176 (-14539)
3	2026	685 (5933)
4	2528	-176 (-14539)
5	1127	-1 (0)
6	2528	-176 (-14539)

### 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	1806	668 (5856)
2	2308	-193 (-11134)
3	1806	668 (5856)
4	2308	-193 (-11134)
5	907	-52 (-23893)
6	2308	-193 (-11134)



### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0	cm

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	36 di 67

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	3112	825	3097	22149	26.847	21.3	0.40	0.94	31.4 (3.6)
2	S	2180	-237	2169	-22083	93.178	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
3	S	2137	753	2130	22081	29.323	21.4	0.40	0.94	31.4 (3.6)
4	S	3684	-7	3676	-22190	3169.929	8.7	0.40	0.94	31.4 (3.6)
5	S	594	-152	617	-21974	144.565	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
6	S	4326	63	4331	22236	352.947	21.3	0.40	0.94	31.4 (3.6)

**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	30.0	0.00011	21.6	-0.00522	8.4
2	0.00350	0.0	0.00010	8.4	-0.00525	21.6
3	0.00350	30.0	0.00010	21.6	-0.00525	8.4
4	0.00350	0.0	0.00011	8.4	-0.00521	21.6
5	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00529	21.6
6	0.00350	30.0	0.00012	21.6	-0.00519	8.4

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-635	18242	21.6	100.0	0.0145	0.1
2	S	-530	18141	21.6	100.0	0.0145	0.1
3	S	1706	18137	21.6	100.0	0.0145	0.1
4	S	-641	18304	21.6	100.0	0.0145	0.1

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	37 di 67

5	S	-95	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
6	S	-635	18373	21.6	100.0	0.0145	0.1

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.0	30.0	0.0	18.0	-72	21.6	6.0	599	31.4	9.2
2	S	0.8	0.0	0.4	30.0	8	8.4	0.0	0	0.0	0.0
3	S	5.3	30.0	0.0	17.7	-60	21.6	5.9	592	31.4	9.2
4	S	0.8	30.0	0.7	0.0	11	21.6	0.0	0	0.0	0.0
5	S	1.0	30.0	0.0	9.5	-1	21.6	3.3	328	31.4	9.2
6	S	0.8	30.0	0.7	0.0	11	21.6	0.0	0	0.0	0.0

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	316	0.007 (0.20)	6159
2	S	0.00001	0.00000	----	----	----	----	----	0
3	S	-0.00006	0.00004	0.50	0.60	0.000018 (0.000018)	316	0.006 (0.20)	6270
4	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0
5	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	287	0.000 (0.20)	11222
6	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.9	30.0	0.0	18.4	-90	21.6	6.2	615	31.4	9.2
2	S	1.6	0.0	0.0	24.7	2	8.4	2.3	232	31.4	9.2
3	S	6.9	30.0	0.0	18.4	-90	21.6	6.2	615	31.4	9.2
4	S	1.6	0.0	0.0	24.7	2	8.4	2.3	232	31.4	9.2
5	S	0.3	0.0	0.3	30.0	4	8.4	0.0	0	0.0	0.0
6	S	1.6	0.0	0.0	24.7	2	8.4	2.3	232	31.4	9.2

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

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	38 di 67

1	S	-0.00008	0.00005	0.50	0.60	0.000027 (0.000027)	318	0.009 (0.20)	5933
2	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	277	0.000 (0.20)	-14539
3	S	-0.00008	0.00005	0.50	0.60	0.000027 (0.000027)	318	0.009 (0.20)	5933
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	277	0.000 (0.20)	-14539
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
6	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	277	0.000 (0.20)	-14539

**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	6.7	30.0	0.0	18.6	-90	21.6	6.2	621	31.4	9.2
2	S	1.8	0.0	0.0	20.4	-2	8.4	3.3	331	31.4	9.2
3	S	6.7	30.0	0.0	18.6	-90	21.6	6.2	621	31.4	9.2
4	S	1.8	0.0	0.0	20.4	-2	8.4	3.3	331	31.4	9.2
5	S	0.5	0.0	0.0	26.8	1	8.4	1.3	128	31.4	9.2
6	S	1.8	0.0	0.0	20.4	-2	8.4	3.3	331	31.4	9.2

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	sm	wk	M Fess.
1	S	-0.00008	0.00005	0.50	0.40	0.000027 (0.000027)	319	0.009 (0.20)	5856
2	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	287	0.000 (0.20)	-11134
3	S	-0.00008	0.00005	0.50	0.40	0.000027 (0.000027)	319	0.009 (0.20)	5856
4	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	287	0.000 (0.20)	-11134
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	265	0.000 (0.20)	-23893
6	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	287	0.000 (0.20)	-11134

**10.1.2 Verifica in condizioni sismiche**

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

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

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <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:	328360 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm <sup>2</sup>
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**  
**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	39 di 67

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:	30.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.4	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	2003	728	1916	0
2	2551	-217	-648	0
3	2003	728	1916	0
4	2551	-217	-648	0
5	1103	-27	-443	0
6	2551	-217	-648	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0	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)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	2003	728	2026	21326	29.294	19.9	0.47	1.00	31.4 (3.6)
2	S	2551	-217	2538	-21368	98.471	10.2	0.47	1.00	31.4 (3.6)
3	S	2003	728	2026	21326	29.294	19.9	0.47	1.00	31.4 (3.6)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	40 di 67

4	S	2551	-217	2538	-21368	98.471	10.2	0.47	1.00	31.4 (3.6)
5	S	1103	-27	1102	-21250	787.032	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
6	S	2551	-217	2538	-21368	98.471	10.2	0.47	1.00	31.4 (3.6)

**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	0.00173	30.0	0.00030	21.6	-0.00196	8.4
2	0.00174	0.0	0.00030	8.4	-0.00196	21.6
3	0.00173	30.0	0.00030	21.6	-0.00196	8.4
4	0.00174	0.0	0.00030	8.4	-0.00196	21.6
5	0.00172	0.0	0.00029	8.4	-0.00196	21.6
6	0.00174	0.0	0.00030	8.4	-0.00196	21.6

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	1916	18122	21.6	100.0	0.0145	0.1
2	S	-648	18181	21.6	100.0	0.0145	0.1
3	S	1916	18122	21.6	100.0	0.0145	0.1
4	S	-648	18181	21.6	100.0	0.0145	0.1
5	S	-443	18025	21.6	100.0	0.0145	0.0
6	S	-648	18181	21.6	100.0	0.0145	0.1



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	41 di 67

### Verifiche soletta inferiore

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-32.30	-23.78	<b>9.45</b>	5	1.90	sis1_nl
	6.48	33.32	<b>-18.21</b>	5	0.33	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-28.98	-18.69	<b>9.08</b>	5	1.90	slu3_nl
	6.35	53.81	<b>-24.62</b>	5	0.33	slu2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-23.76	-24.91	<b>5.37</b>	5	1.90	rar2_nl
	4.94	38.79	<b>-18.17</b>	5	0.33	rar1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-23.76	-24.91	<b>5.37</b>	5	1.90	fre1_nl
	4.08	32.19	<b>-15.31</b>	5	0.33	fre1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-28.14	-24.01	<b>8.38</b>	5	1.90	qpe2_nl
	5.94	33.09	<b>-17.55</b>	5	0.33	qpe2_nl

### 10.1.3 Verifica in condizioni statiche

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

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	42 di 67

Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00 daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00 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. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.4	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	2898	908	-1869	0
2	-635	-2462	5381	0
3	-635	-2462	5381	0
4	2493	-1038	-4988	0
5	-641	-762	4058	0
6	2904	-80	-3191	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	2376	537
2	-494	-1817

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	43 di 67

3	-494	-1817
4	2290	-625
5	-494	-623
6	2376	-338

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

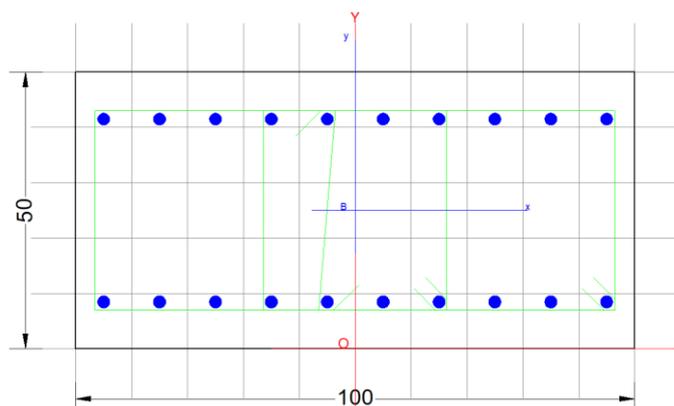
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2376	537 (24650)
2	-408	-1531 (-14752)
3	-408	-1531 (-14752)
4	727	-690 (-16631)
5	-408	-551 (-14176)
6	2376	-338 (-39290)

**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	2814	838 (21387)
2	-594	-1755 (-14661)
3	-594	-1755 (-14661)
4	2376	-338 (-39290)
5	-594	-746 (-14112)
6	2814	-9 (0)



**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.8 cm

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	44 di 67

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	2898	908	2911	47013	51.776	41.3	0.21	0.70	31.4 (10.0)
2	S	-635	-2462	-616	-46411	18.851	8.6	0.21	0.70	31.4 (10.0)
3	S	-635	-2462	-616	-46411	18.851	8.6	0.21	0.70	31.4 (10.0)
4	S	2493	-1038	2512	-46945	45.226	8.7	0.21	0.70	31.4 (10.0)
5	S	-641	-762	-616	-46411	60.907	8.6	0.21	0.70	31.4 (10.0)
6	S	2904	-80	2911	-47013	587.661	8.7	0.21	0.70	31.4 (10.0)

**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	50.0	0.00011	41.6	-0.01331	8.4
2	0.00350	0.0	0.00007	8.4	-0.01349	41.6
3	0.00350	0.0	0.00007	8.4	-0.01349	41.6
4	0.00350	0.0	0.00010	8.4	-0.01333	41.6
5	0.00350	0.0	0.00007	8.4	-0.01349	41.6
6	0.00350	0.0	0.00011	8.4	-0.01331	41.6

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

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 33.0 cm]
N.Bracci staffe:	5		
Area staffe/m :	28.3	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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	45 di 67

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	-1869	24281	159664	41423	100.0  41.6	1.000	1.003	1.3
2	S	5381	0	159121	41423	100.0  41.6	1.000	1.000	3.7
3	S	5381	0	159121	41423	100.0  41.6	1.000	1.000	3.7
4	S	-4988	24231	159588	41423	100.0  41.6	1.000	1.003	3.4
5	S	4058	0	159121	41423	100.0  41.6	1.000	1.000	2.8
6	S	-3191	24282	159665	41423	100.0  41.6	1.000	1.003	2.2

**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	1.7	50.0	0.0	23.4	-15	41.6	7.8	782	31.4	9.2
2	S	5.5	0.0	0.0	13.8	-168	8.4	12.1	1209	31.4	9.2
3	S	5.5	0.0	0.0	13.8	-168	8.4	12.1	1209	31.4	9.2
4	S	2.0	0.0	0.0	25.4	-22	8.4	8.7	871	31.4	9.2
5	S	2.0	0.0	0.0	14.4	-63	8.4	12.4	1240	31.4	9.2
6	S	1.0	0.0	0.0	40.4	-2	8.4	4.3	428	31.4	9.2

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000004 (0.000004)	336	0.001 (0.20)	24650
2	S	-0.00011	0.00004	0.50	0.60	0.000050 (0.000050)	382	0.019 (0.20)	-14745
3	S	-0.00011	0.00004	0.50	0.60	0.000050 (0.000050)	382	0.019 (0.20)	-14745
4	S	-0.00002	0.00002	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	346	0.002 (0.20)	-22231
5	S	-0.00004	0.00001	0.50	0.60	0.000019 (0.000019)	386	0.007 (0.20)	-14115
6	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	298	0.000 (0.20)	-39290

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.7	50.0	0.0	23.4	-15	41.6	7.8	782	31.4	9.2



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	46 di 67

2	S	4.7	0.0	0.0	13.8	-142	8.4	12.1	1209	31.4	9.2
3	S	4.7	0.0	0.0	13.8	-142	8.4	12.1	1209	31.4	9.2
4	S	2.2	0.0	0.0	18.2	-49	8.4	11.2	1116	31.4	9.2
5	S	1.8	0.0	0.0	14.5	-55	8.4	12.4	1236	31.4	9.2
6	S	1.0	0.0	0.0	40.4	-2	8.4	4.3	428	31.4	9.2

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000004 (0.000004)	336	0.001 (0.20)	24650
2	S	-0.00009	0.00003	0.50	0.60	0.000042 (0.000042)	382	0.016 (0.20)	-14752
3	S	-0.00009	0.00003	0.50	0.60	0.000042 (0.000042)	382	0.016 (0.20)	-14752
4	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000015 (0.000015)	372	0.006 (0.20)	-16631
5	S	-0.00004	0.00001	0.50	0.60	0.000017 (0.000017)	385	0.006 (0.20)	-14176
6	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	298	0.000 (0.20)	-39290

**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	2.7	50.0	0.0	27.2	-33	41.6	9.1	907	31.4	9.2
2	S	5.3	0.0	0.0	13.6	-164	8.4	12.1	1214	31.4	9.2
3	S	5.3	0.0	0.0	13.6	-164	8.4	12.1	1214	31.4	9.2
4	S	1.0	0.0	0.0	40.4	-2	8.4	4.3	428	31.4	9.2
5	S	2.2	0.0	0.0	12.8	-75	8.4	12.4	1242	31.4	9.2
6	S	0.5	0.0	0.5	50.0	7	8.4	0.0	0	0.0	0.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00002	0.50	0.40	0.000010 (0.000010)	350	0.003 (0.20)	21387
2	S	-0.00011	0.00004	0.50	0.40	0.000049 (0.000049)	383	0.019 (0.20)	-14661
3	S	-0.00011	0.00004	0.50	0.40	0.000049 (0.000049)	383	0.019 (0.20)	-14661
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	298	0.000 (0.20)	-39290
5	S	-0.00005	0.00002	0.50	0.40	0.000023 (0.000023)	386	0.009 (0.20)	-14112
6	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0

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

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	47 di 67

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

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.4	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	3230	945	-2378	0
2	-648	-1821	3332	0
3	-648	-1821	3332	0
4	2632	-205	-2863	0
5	-648	-804	2926	0
6	3230	106	-2784	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.8	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)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	48 di 67

Yn Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 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	3230	945	3240	44822	47.430	35.9	0.34	0.86	31.4 (10.0)
2	S	-648	-1821	-629	-44148	24.244	13.9	0.34	0.86	31.4 (10.0)
3	S	-648	-1821	-629	-44148	24.244	13.9	0.34	0.86	31.4 (10.0)
4	S	2632	-205	2629	-44715	218.123	14.1	0.34	0.86	31.4 (10.0)
5	S	-648	-804	-629	-44148	54.910	13.9	0.34	0.86	31.4 (10.0)
6	S	3230	106	3240	44822	422.845	35.9	0.34	0.86	31.4 (10.0)

**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	0.00101	50.0	0.00041	41.6	-0.00196	8.4
2	0.00099	0.0	0.00039	8.4	-0.00196	41.6
3	0.00099	0.0	0.00039	8.4	-0.00196	41.6
4	0.00100	0.0	0.00041	8.4	-0.00196	41.6
5	0.00099	0.0	0.00039	8.4	-0.00196	41.6
6	0.00101	50.0	0.00041	41.6	-0.00196	8.4

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

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]  
 N.Bracci staffe: 5  
 Area staffe/m : 28.3 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	-2378	24323	159726	41423	100.0  41.6	1.000	1.004	1.6
2	S	3332	0	159121	41423	100.0  41.6	1.000	1.000	2.3
3	S	3332	0	159121	41423	100.0  41.6	1.000	1.000	2.3



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	49 di 67

4	S	-2863	24248	159614	41423	100.0	41.6	1.000	1.003	2.0
5	S	2926	0	159121	41423	100.0	41.6	1.000	1.000	2.0
6	S	-2784	24323	159726	41423	100.0	41.6	1.000	1.004	1.9



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	50 di 67

## 10.2 Verifica soletta superiore

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-6.48	-0.21	<b>3.72</b>	1	1.32	sis1_nl
	-6.48	-15.39	<b>-6.57</b>	1	0.00	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-6.35	3.56	<b>7.98</b>	1	1.32	slu2_nl
	-6.35	-29.60	<b>-9.20</b>	1	0.00	slu2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-4.94	2.24	<b>5.55</b>	1	1.32	rar1_nl
	-4.94	-20.86	<b>-6.74</b>	1	0.00	rar1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-2.58	1.51	<b>3.80</b>	1	1.32	fre3_nl
	-4.08	-14.26	<b>-5.09</b>	1	0.00	fre1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-5.94	0.02	<b>3.74</b>	1	1.32	qpe2_nl
	-5.94	-15.15	<b>-6.25</b>	1	0.00	qpe2_nl

### 10.2.1 Verifica in condizioni statiche

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

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm <sup>2</sup>



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	51 di 67

Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	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. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.4	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	635	798	356	0
2	635	-920	-2960	0
3	635	-488	2567	0
4	635	-920	-2960	0
5	149	-644	-1421	0
6	641	-858	-2671	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	494	555
2	494	-674
3	494	-320
4	494	-674

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	52 di 67

5	378	-492
6	494	-674

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

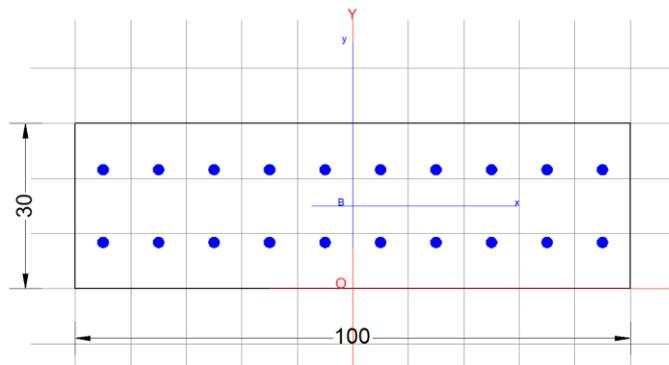
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	258	380 (5306)
2	408	-509 (-5336)
3	258	-199 (-5462)
4	408	-509 (-5336)
5	258	-422 (-5289)
6	408	-509 (-5336)

### 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	594	374 (5540)
2	594	-625 (-5373)
3	408	-155 (-5835)
4	594	-625 (-5373)
5	408	-509 (-5336)
6	594	-625 (-5373)



### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0	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)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	53 di 67

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	635	798	617	21974	27.536	21.4	0.40	0.94	31.4 (3.6)
2	S	635	-920	617	-21974	23.885	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
3	S	635	-488	617	-21974	45.028	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
4	S	635	-920	617	-21974	23.885	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
5	S	149	-644	150	-21941	34.070	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
6	S	641	-858	617	-21974	25.611	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)

**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	30.0	0.00008	21.6	-0.00529	8.4
2	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00529	21.6
3	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00529	21.6
4	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00529	21.6
5	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00530	21.6
6	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00529	21.6

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	356	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
2	S	-2960	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
3	S	2567	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
4	S	-2960	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
5	S	-1421	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
6	S	-2671	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	54 di 67

**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	5.6	30.0	0.0	19.7	-92	21.6	6.6	656	31.4	9.2
2	S	6.8	0.0	0.0	10.8	-113	8.4	6.6	659	31.4	9.2
3	S	3.2	0.0	0.0	11.3	-49	8.4	6.4	644	31.4	9.2
4	S	6.8	0.0	0.0	10.8	-113	8.4	6.6	659	31.4	9.2
5	S	5.0	0.0	0.0	10.8	-82	8.4	6.6	658	31.4	9.2
6	S	6.8	0.0	0.0	10.8	-113	8.4	6.6	659	31.4	9.2

**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	-0.00008	0.00004	0.50	0.60	0.000027 (0.000027)	323	0.009 (0.20)	5358
2	S	-0.00010	0.00005	0.50	0.60	0.000034 (0.000034)	323	0.011 (0.20)	-5319
3	S	-0.00004	0.00002	0.50	0.60	0.000015 (0.000015)	321	0.005 (0.20)	-5528
4	S	-0.00010	0.00005	0.50	0.60	0.000034 (0.000034)	323	0.011 (0.20)	-5319
5	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000025 (0.000025)	323	0.008 (0.20)	-5328
6	S	-0.00010	0.00005	0.50	0.60	0.000034 (0.000034)	323	0.011 (0.20)	-5319

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.8	30.0	0.0	19.8	-64	21.6	6.6	660	31.4	9.2
2	S	5.2	0.0	0.0	10.8	-85	8.4	6.6	657	31.4	9.2
3	S	2.0	0.0	0.0	11.1	-31	8.4	6.5	648	31.4	9.2
4	S	5.2	0.0	0.0	10.8	-85	8.4	6.6	657	31.4	9.2
5	S	4.3	0.0	0.0	10.7	-72	8.4	6.6	661	31.4	9.2
6	S	5.2	0.0	0.0	10.8	-85	8.4	6.6	657	31.4	9.2

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00006	0.00003	0.50	0.60	0.000019 (0.000019)	323	0.006 (0.20)	5306



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	55 di 67

2	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000025 (0.000025)	323	0.008 (0.20)	-5336
3	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000009 (0.000009)	322	0.003 (0.20)	-5462
4	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000025 (0.000025)	323	0.008 (0.20)	-5336
5	S	-0.00006	0.00003	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	323	0.007 (0.20)	-5289
6	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000025 (0.000025)	323	0.008 (0.20)	-5336

**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	3.8	30.0	0.0	19.3	-57	21.6	6.4	643	31.4	9.2
2	S	6.3	0.0	0.0	10.9	-102	8.4	6.5	655	31.4	9.2
3	S	1.5	0.0	0.0	12.0	-21	8.4	6.2	622	31.4	9.2
4	S	6.3	0.0	0.0	10.9	-102	8.4	6.5	655	31.4	9.2
5	S	5.2	0.0	0.0	10.8	-85	8.4	6.6	657	31.4	9.2
6	S	6.3	0.0	0.0	10.9	-102	8.4	6.5	655	31.4	9.2

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	sm	wk	M Fess.
1	S	-0.00005	0.00003	0.50	0.40	0.000017 (0.000017)	321	0.006 (0.20)	5540
2	S	-0.00009	0.00005	0.50	0.40	0.000031 (0.000031)	322	0.010 (0.20)	-5373
3	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.40	0.000006 (0.000006)	319	0.002 (0.20)	-5835
4	S	-0.00009	0.00005	0.50	0.40	0.000031 (0.000031)	322	0.010 (0.20)	-5373
5	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.40	0.000025 (0.000025)	323	0.008 (0.20)	-5336
6	S	-0.00009	0.00005	0.50	0.40	0.000031 (0.000031)	322	0.010 (0.20)	-5373

**10.2.2 Verifica in condizioni sismiche**

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

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

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <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:	328360 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm <sup>2</sup>	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	56 di 67

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:	30.0	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø20	(31.4 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.4	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	648	372	-21	0
2	648	-657	-1539	0
3	480	-125	1070	0
4	648	-657	-1539	0
5	480	-554	-1460	0
6	648	-657	-1539	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.0 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	648	372	639	21212	57.020	19.9	0.47	1.00	31.4 (3.6)
2	S	648	-657	639	-21212	32.286	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
3	S	480	-125	484	-21199	169.591	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
4	S	648	-657	639	-21212	32.286	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
5	S	480	-554	484	-21199	38.265	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	57 di 67

6 S 648 -657 639 -21212 32.286 10.1 0.47 1.00 31.4 (3.6)

#### 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	0.00172	30.0	0.00029	21.6	-0.00196	8.4
2	0.00172	0.0	0.00029	8.4	-0.00196	21.6
3	0.00172	0.0	0.00029	8.4	-0.00196	21.6
4	0.00172	0.0	0.00029	8.4	-0.00196	21.6
5	0.00172	0.0	0.00029	8.4	-0.00196	21.6
6	0.00172	0.0	0.00029	8.4	-0.00196	21.6

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	-21	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
2	S	-1539	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
3	S	1070	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
4	S	-1539	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
5	S	-1460	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
6	S	-1539	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0

 <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>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

### 10.3 Verifiche micropalo (FFP\_tipo1)

Per le verifiche strutturali occorre determinare anche il momento flettente massimo lungo il micropalo. La valutazione dello stato di sollecitazione può essere effettuata assimilando il terreno ad un mezzo alla Winkler, costituito da un letto di molle orizzontali indipendenti. Per la valutazione del coefficiente  $k_h$  si ipotizza un andamento crescente con la profondità del tipo :

$$k_h = \frac{n_h \cdot z}{D_{palo}}$$

e si assume il valore in corrispondenza della profondità media dello strato reagente.

I valori orientativi di  $n_h$  adottati si riferiscono al minimo valore riscontrabile in letteratura per tale tipologia di sottosuolo.

Stato di addensamento	Sciolto	Medio	Denso
$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ] sabbie non immerse	2.50	7.50	20
$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ] sabbie immerse	1.50	5.00	12

**Tabella 1 - Tabella correlazione tra  $n_h$  e tipologia di terreno incoerente [da Fondazioni, di C.Viggiani – Tabella 14.5]**

Tipo di terreno	$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ]	Fonte
Argilla n.c. o lievemente o.c.	0.2 ÷ 3.5	Reese, Matlock, 1956
[N/cm <sup>3</sup> ]	0.3 ÷ 0.5	Davisson, Prakash, 1963

**Tabella 2 - Tabella correlazione tra  $n_h$  e tipologia di terreno incoerente [da Fondazioni, di C.Viggiani – Tabella 14.6]**

Nel caso in esame il micropalo si sviluppa all'interno del rilevato, per cui si ha:

$$n_h = 3 \text{ N/cm}^3$$

$$z_{media} = 5 \text{ m}$$

$$k_h = 60 \text{ MN/m}^3.$$

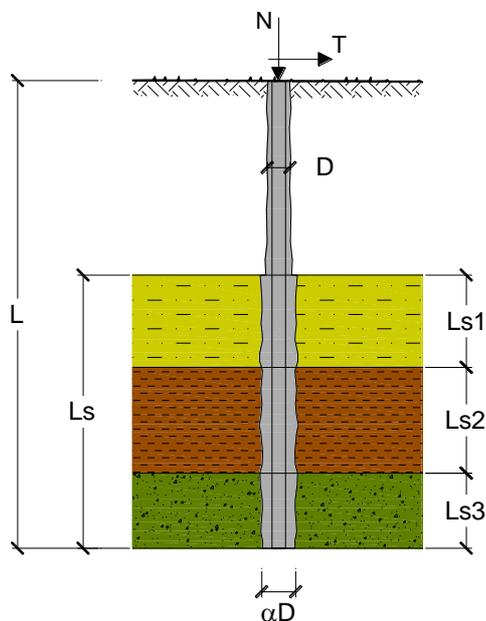
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

OPERA: FFP tipo1

**DATI DI INPUT:**

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	75.75	0.00	75.75
T (kN)	6.35	0.00	6.35



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{s \text{ traz}}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	DM88	prog.
$\xi_s$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_t$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.25 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 9.00 (m)

**Armatura:**

IPE   
 INP   
 HEA   
 HEB   
 HEM   
 Tubi   
 ALTRO

IPE 180    INP 160    HEA 300    HEB 160    HEM 200     $\phi 168,3 \times 8,0$

**$\phi 168,3 \times 8,0$**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	60 di 67

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 4029 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 1.297E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 154,162 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio  ▼

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio γ<sub>M</sub>: 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ<sub>im</sub>): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210,000 (N/mm<sup>2</sup>)

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 60.0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore Is <sub>i</sub> (m)	α (-)	Ds <sub>i</sub> = α * D (m)	s <sub>i</sub> media (MPa)	s <sub>i</sub> minima (MPa)	s <sub>i</sub> calcolo (MPa)	Qs <sub>i</sub> (kN)
Rilevato ferroviario	9.00	1.10	0.28	0.150	0.150	0.077	596.58
			0.00			0.000	0.00
			0.00			0.000	0.00

L<sub>s</sub> = 9.00 (m)      QI = 596.58 (kN)

**Capacità portante di punta**

Q<sub>p</sub> = %Punta \* QI (consigliato 10-15%)

% Punta 15%      Q<sub>p</sub> = 89.49 (kN)

Il valore di  $\alpha$  è stato determinato a partire dalla seguente tabella:

**Valori del coefficiente  $\alpha$  ( $V_s = L_s \cdot \pi \cdot d_s^2 / 4$ )**

TERRENO	Valori di $\alpha$		Quantità minima di miscela consigliata	
	IRS	IGU	IRS	IGU
Ghiaia	1.8	1.3 - 1.4	1.5 Vs	1.5 Vs
Ghiaia sabbiosa	1.6 - 1.8	1.2 - 1.4	1.5 Vs	1.5 Vs
sabbia ghiaiosa	1.5 - 1.6	1.2 - 1.3	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia grossa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia media	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia fine	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia limosa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	(1.5 - 2) Vs	1.5 Vs
Limo	1.4 - 1.6	1.1 - 1.2	2 Vs	1.5 Vs
Argilla	1.8 - 2.0	1.2	(2.5 - 3) Vs	(1.5 - 2) Vs
Mame	1.8	1.1 - 1.2	(1.5 - 2) Vs per strati compatti	
Calcarì marnosi	1.8	1.1 - 1.2	(2 - 6) Vs o più per strati fratturati	
Calcarì alterati o fratturati	1.8	1.1 - 1.2		
Roccia alterata e/o fratturata	1.2	1.1	(1.1 - 1.5) Vs per strati poco fratturati; 2 Vs o più per strati fratturati	

Essendo il rilevato ferroviario caratterizzato principalmente da sabbia fine e ipotizzando un micropalo di tipo "IGU" si considera un valore di  $\alpha$  pari a 1.1.

Il valore di  $s$  è stato determinato a partire dal seguente grafico:

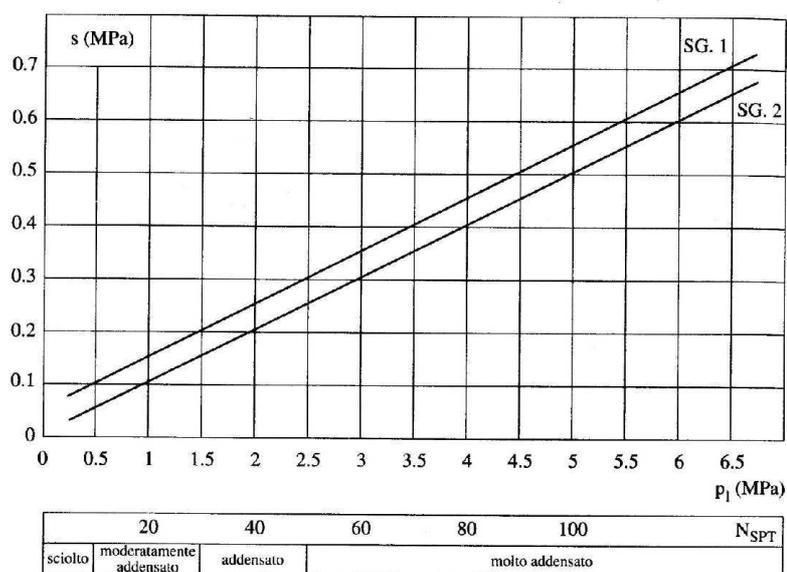


Fig. 13.16. Abaco per il calcolo di  $s$  per sabbie e ghiaie

Dalla curva SG.2 si ricava un valore di  $s$  pari a 0.15.

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO**

$$Q_{lim} = Q_b + Q_l$$

$$Q_{lim} = 686.07 \quad (kN)$$

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

$$F_s = Q_{lim} / N \quad (F_s > 1)$$

$$F_s = 9.06$$

**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**

$$\text{Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.} (\beta) (\beta = k \cdot D_{arm}): \quad 10.10 \quad (N/mm^2)$$

$$P_k = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0.5}$$

$$\eta = P_k / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$$P_k = 10489.93 \quad (MN)$$

$$\eta = 138.48$$

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
(Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = 4 \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$$b = 1.083 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 2.93 \quad (kN m)$$

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio S 355 (Fe 510)

*Tensioni nel singolo micropalo*

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$$\sigma_{max} = 37.82 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{min} = -0.21 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 3.15 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{id} = 38.21 \quad (N/mm^2) \quad \text{verifica soddisfatta}$$

 <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>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

#### 10.4 Verifiche micropalo (FFP\_tipo3)

Per le verifiche strutturali occorre determinare anche il momento flettente massimo lungo il micropalo. La valutazione dello stato di sollecitazione può essere effettuata assimilando il terreno ad un mezzo alla Winkler, costituito da un letto di molle orizzontali indipendenti. Per la valutazione del coefficiente  $k_h$  si ipotizza un andamento crescente con la profondità del tipo :

$$k_h = \frac{n_h \cdot z}{D_{palo}}$$

e si assume il valore in corrispondenza della profondità media dello strato reagente.

I valori orientativi di  $n_h$  adottati si riferiscono al minimo valore riscontrabile in letteratura per tale tipologia di sottosuolo.

Stato di addensamento	Sciolto	Medio	Denso
$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ] sabbie non immerse	2.50	7.50	20
$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ] sabbie immerse	1.50	5.00	12

Tabella 3 - Tabella correlazione tra  $n_h$  e tipologia di terreno incoerente [da Fondazioni, di C.Viggiani – Tabella 14.5]

Tipo di terreno	$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ]	Fonte
Argilla n.c. o lievemente o.c.	0.2 ÷ 3.5	Reese, Matlock, 1956
[N/cm <sup>3</sup> ]	0.3 ÷ 0.5	Davisson, Prakash, 1963

Tabella 4 - Tabella correlazione tra  $n_h$  e tipologia di terreno incoerente [da Fondazioni, di C.Viggiani – Tabella 14.6]

Nel caso in esame il micropalo si sviluppa principalmente all'interno dell'unità geotecnica a2, per cui si ha:

$$n_h = 0.3 \text{ N/cm}^3$$

$$z_{media} = 3 \text{ m}$$

$$k_h = 3.6 \text{ MPa.}$$

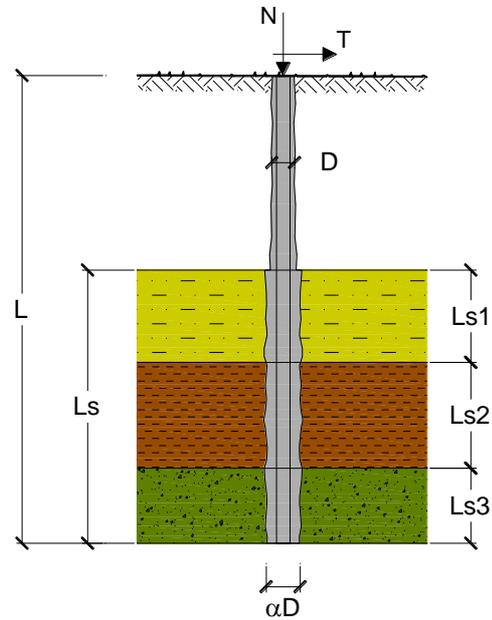
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

OPERA: FFP tipo1

**DATI DI INPUT:**

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	75.75	0.00	75.75
T (kN)	6.35	0.00	6.35



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{ traz}}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88			1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			1.00	1.00	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	DM88	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**Caratteristiche del micropalo:**

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.25 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 5.00 (m)

**Armatura:**

<input type="radio"/> IPE	<input type="radio"/> INP	<input type="radio"/> HEA	<input type="radio"/> HEB	<input type="radio"/> HEM	<input checked="" type="radio"/> Tubi	<input type="radio"/> ALTRO
IPE 180	INP 160	HEA 300	HEB 160	HEM 200	ø168,3 x 8,0	

**ø168,3 x 8,0**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1 e tipo 3

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 001	B	65 di 67

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 4029 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 1.297E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 154,162 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio  ▼

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio γ<sub>M</sub>: 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ<sub>lim</sub>): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210,000 (N/mm<sup>2</sup>)

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 3.6 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore Is <sub>i</sub> (m)	α (-)	Ds <sub>i</sub> = α * D (m)	s <sub>i</sub> media (MPa)	s <sub>i</sub> minima (MPa)	s <sub>i</sub> calcolo (MPa)	Qs <sub>i</sub> (kN)
a2	5.00	1.20	0.30	0.080	0.080	0.041	192.83
			0.00			0.000	0.00
			0.00			0.000	0.00

Ls = 5.00 (m)      QI = 192.83 (kN)

**Capacità portante di punta**

Qp = %Punta \* QI (consigliato 10-15%)

% Punta 15%      Qp = 28.93 (kN)

Il valore di  $\alpha$  è stato determinato a partire dalla seguente tabella:

**Valori del coefficiente  $\alpha$  ( $V_s = L_s \cdot \pi \cdot d s^2 / 4$ )**

TERRENO	Valori di $\alpha$		Quantità minima di miscela consigliata	
	IRS	IGU	IRS	IGU
Ghiaia	1.8	1.3 - 1.4	1.5 $V_s$	1.5 $V_s$
Ghiaia sabbiosa	1.6 - 1.8	1.2 - 1.4	1.5 $V_s$	1.5 $V_s$
sabbia ghiaiosa	1.5 - 1.6	1.2 - 1.3	1.5 $V_s$	1.5 $V_s$
Sabbia grossa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 $V_s$	1.5 $V_s$
Sabbia media	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 $V_s$	1.5 $V_s$
Sabbia fine	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 $V_s$	1.5 $V_s$
Sabbia limosa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	(1.5 - 2) $V_s$	1.5 $V_s$
Limo	1.4 - 1.6	1.1 - 1.2	2 $V_s$	1.5 $V_s$
Argilla	1.8 - 2.0	1.2	(2.5 - 3) $V_s$	(1.5 - 2) $V_s$
Mame	1.8	1.1 - 1.2	(1.5 - 2) $V_s$ per strati compatti	
Calcarì marnosi	1.8	1.1 - 1.2	(2 - 6) $V_s$ o più per strati fratturati	
Calcarì alterati o fratturati	1.8	1.1 - 1.2		
Roccia alterata e/o fratturata	1.2	1.1	(1.1 - 1.5) $V_s$ per strati poco fratturati; 2 $V_s$ o più per strati fratturati	

Essendo l'unità geotecnica a2 caratterizzata principalmente limo e argille e ipotizzando un micropalo di tipo "IGU" si considera un valore di  $\alpha$  pari a 1.2.

Il valore di  $s$  è stato determinato a partire dal seguente grafico:

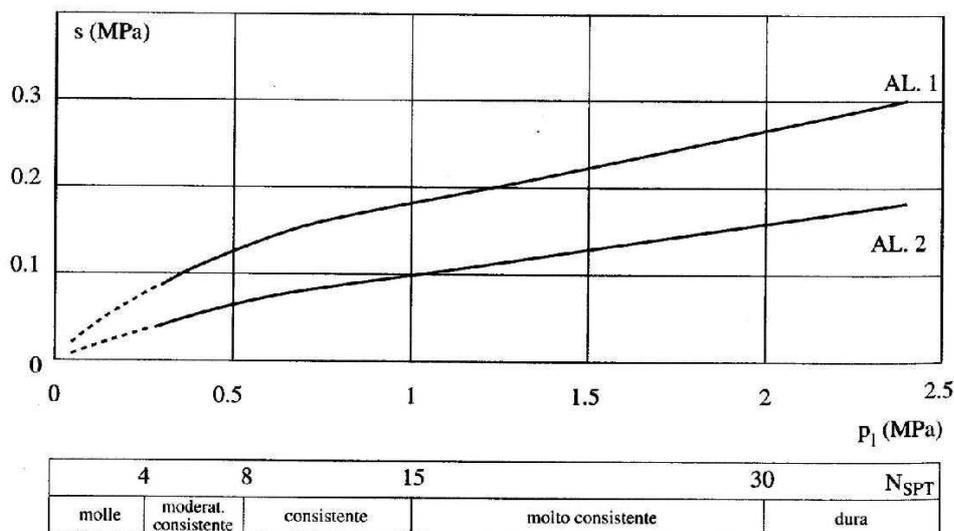


Fig. 13.17. Abaco per il calcolo di  $s$  per argille e limi

Dalla curva AL.2 si ricava un valore di s pari a 0.08.

#### CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Q_{lim} = Q_b + Q_l$$

$$Q_{lim} = 221.76 \quad (kN)$$

#### COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$F_s = Q_{lim} / N \quad (F_s > 1)$$

$$F_s = 2.93$$

#### CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

$$\text{Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.} (\beta) (\beta = k \cdot D_{arm}): \quad 0.61 \quad (N/mm^2)$$

$$P_k = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0.5}$$

$$\eta = P_k / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$$P_k = 2569.50 \quad (MN)$$

$$\eta = 33.92$$

#### VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = 4 \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$$b = 0.536 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 5.92 \quad (kN m)$$

#### VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 355 (Fe 510)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$$\sigma_{max} = 57.22 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{min} = -19.62 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 3.15 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{id} = 57.48 \quad (N/mm^2)$$

verifica soddisfatta