

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 2

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 CL IF0000 002 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 Tecnica Ufficio Infrastrutture Caltanissetta - Xirbi - Nuova Enna 29/01/2020



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

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	2 di 53

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
3	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	8
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	9
6	VERIFICHE SLU (GEO/STR).....	10
6.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	10
6.1.1	<i>Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....</i>	<i>10</i>
6.1.2	<i>Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....</i>	<i>10</i>
6.1.3	<i>Verifica agli stati limite d'esercizio.....</i>	<i>12</i>
7	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	13
8	ANALISI DEI CARICHI_TIPO1.....	13
8.1	PESI PROPRI.....	13
8.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI.....	14
8.3	SPINTA STATICA DEL TERRENO.....	15
8.4	CARICO PER FOLLA COMPATTA.....	16
8.5	AZIONE DEL VENTO.....	17
8.6	SPINTA ORIZZONTALE DOVUTA AL BALLAST.....	19
8.7	AZIONE DEL SISMA.....	20
8.8	SOVRASPINTA SISMICA.....	23
8.9	RITIRO DEL CALCESTRUZZO.....	24
8.10	VARIAZIONE TERMICA.....	24
9	COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	25
10	RISULTATI E VERIFICHE SCATOLARE.....	27



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

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	3 di 53

10.1	VERIFICHE PIEDRITTI .....	30
10.1.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	30
10.1.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	35
	VERIFICHE SOLETTA INFERIORE .....	38
10.1.3	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	38
10.1.4	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	43
10.2	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....	46
10.2.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	46
10.2.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	51



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

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	4 di 53

## 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 2 è oggetto di analisi nella seguente relazione, le tipologie 1 e 3 sono invece analizzate nell'elaborato RS3U.4.0.D.29.CL.IF.00.0.0.001.

Si riporta, di seguito, la sezione trasversale tipica della struttura.

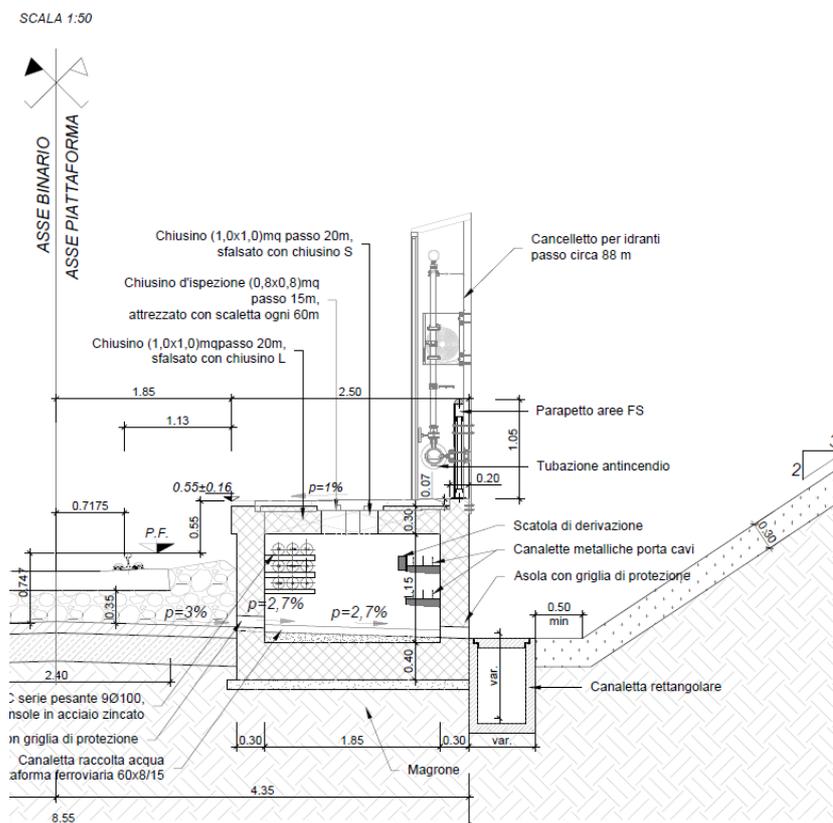


Fig. 1 – Sezione Marciapiede Tipo 2

## 2 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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



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

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	6 di 53

- 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)



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

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	8 di 53

#### 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

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

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

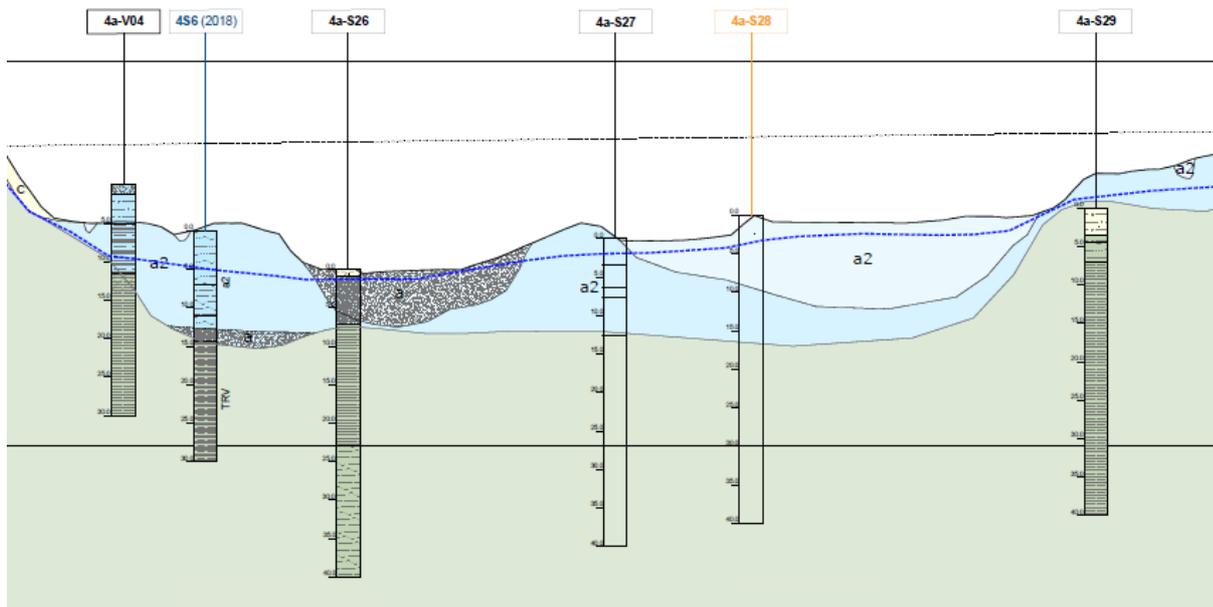


Fig. 2 – Profilo geotecnico.

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.

	<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 2	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 002	REV. B	FOGLIO 10 di 53

## 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:

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	11 di 53

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

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 2	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 002	REV. B	FOGLIO 12 di 53

### 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:

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

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

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

	<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 2	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 002	REV. B	FOGLIO 13 di 53

## 7 MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione; la costante di sottofondo è stata assunta pari a  $9733 \text{ kN/m}^3$ .

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.

	<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 2	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 002	REV. B	FOGLIO 14 di 53

## 8.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

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

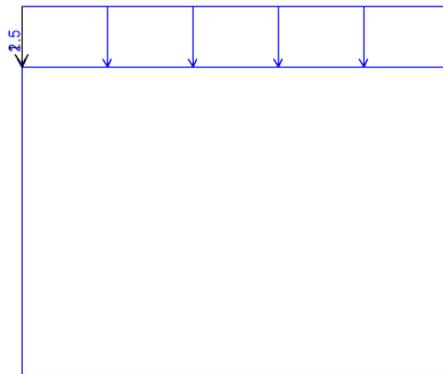


Fig. 4 – Carichi permanenti su soletta superiore.

### 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	11.14	0.00
1.85	12.68	0.00
Spinta su metà soletta inferiore		
$\Delta P$	2.38	kN/m



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  $10 \text{ kN/m}^2$ .

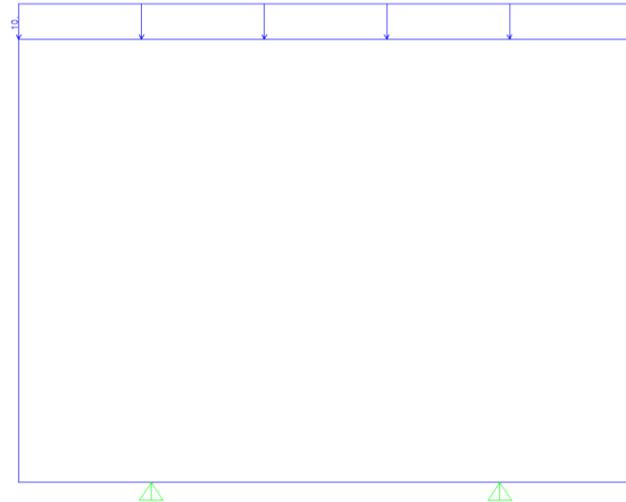


Fig. 6 – Carico per folla compatta.

 <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 2	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 002	REV. B

## 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						
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					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
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
-------	------

**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>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 2	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 002	REV. B

## 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:     LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:     PROVINCIA:     COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

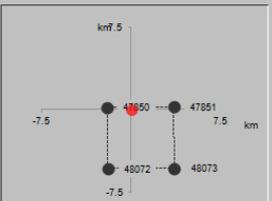
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

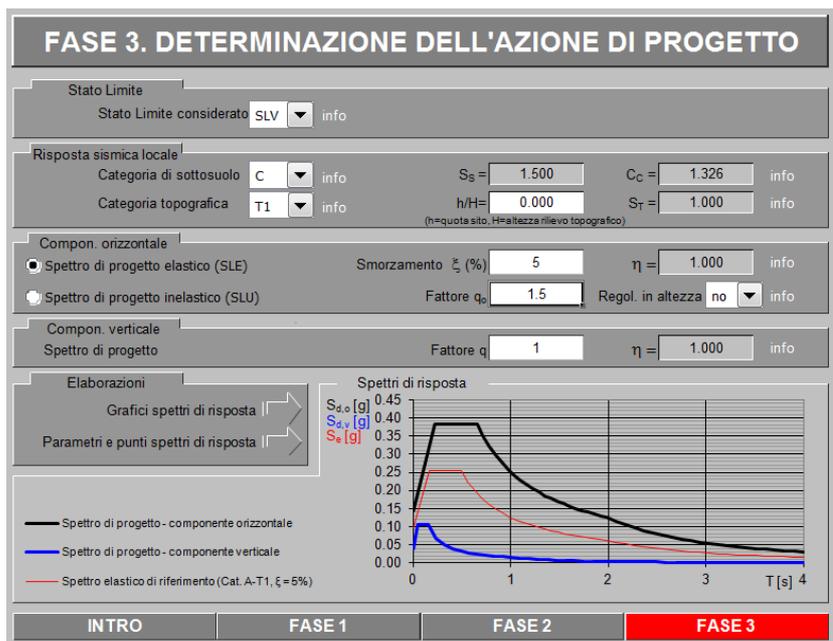
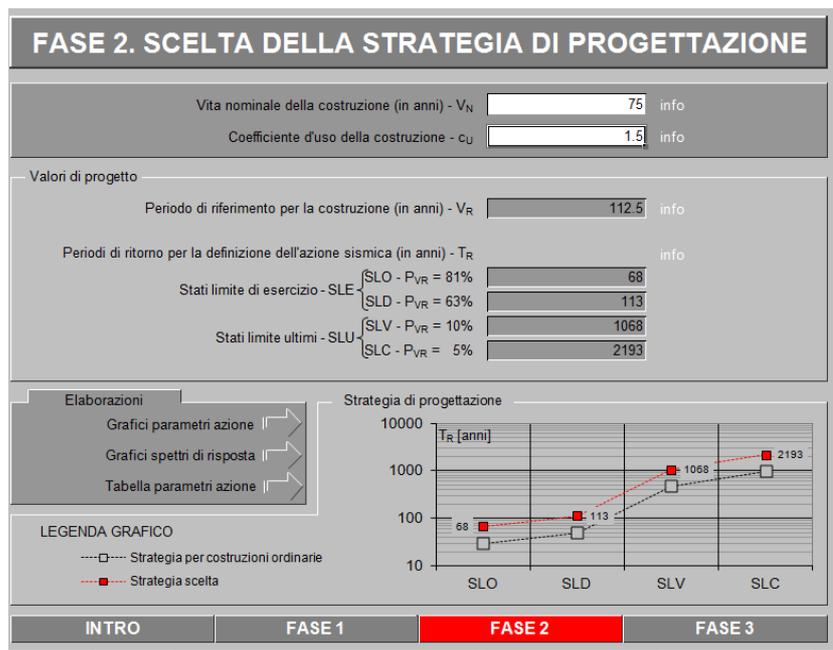
Interpolazione corretta

Interpolazione:

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

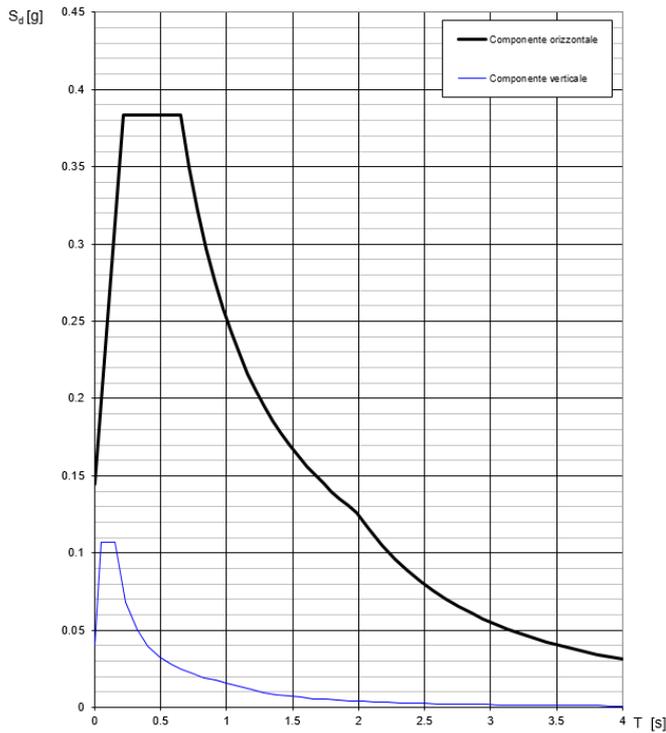
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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**.



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**

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

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

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

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

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

**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 2	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO IF 0000 002	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

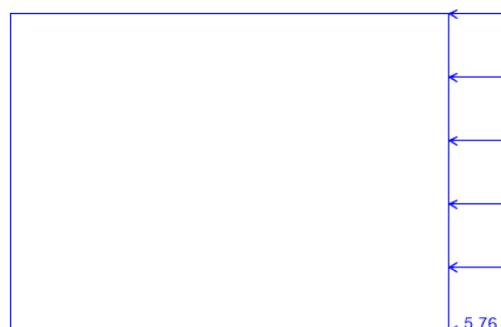


Fig. 9 – Sovrappinta sismica.



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

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	24 di 53

## 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 <sub>ck</sub>	30.71 N/mm <sup>2</sup>	
resistenza a compressione media	f <sub>cm</sub>	38.71 N/mm <sup>2</sup>	
modulo elastico secante	E <sub>cm</sub>	33019.43 N/mm <sup>2</sup>	
coefficiente di dilatazione termica	α	0.00001	
classe del cemento	cls tipo	R	
età del cls all'inizio del ritiro	t <sub>s</sub>	2 gg	
età del cls al momento del carico	t <sub>0</sub>	2 gg	
età del cls	t	25550 gg	
larghezza sezione	B	100 cm	
altezza sezione	H	30.00 cm	
sezione dell'elemento	A <sub>c</sub>	300000 mm <sup>2</sup>	
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	1000 mm	
dimensione elemento di cls	h <sub>0</sub> =2A <sub>c</sub> /u	600 mm	
umidità relativa percentuale	RH	75 %	
<b>Calcolo del modulo elastico</b>			
coeff. del tipo di cemento	α	1	
tempo t <sub>0</sub> corretto in funz del tipo di cem	t <sub>0</sub>	6.189 gg	> 0.5
coeff. della resistenza del cls	β <sub>c</sub> (t <sub>em</sub> )	2.70	
coeff. della viscosità nel tempo	β <sub>c</sub> (t <sub>0</sub> )	0.649	
coeff. della resistenza del cls	α <sub>1</sub>	0.932	
coeff. della resistenza del cls	α <sub>2</sub>	0.980	
coeff. della resistenza del cls	α <sub>3</sub>	0.951	
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	β <sub>H</sub>	1.273	
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	β <sub>c</sub> (t, t <sub>0</sub> )	0.986	
coeff. che tiene conto dell'umidità	φ <sub>RH</sub>	1.271	
coeff. nominale della viscosità	φ <sub>0</sub>	2.228	
coeff. di viscosità	φ(t, t <sub>0</sub> )	2.20	
Modulo elastico al tempo t	E <sub>cm</sub> (t, t <sub>0</sub> )	10331.5 N/mm <sup>2</sup>	
<b>Calcolo della deformazione di ritiro</b>			
parametro fusione di h <sub>0</sub>	k <sub>h</sub>	0.7	
coeff. variabilità deformazione nel tempo	β <sub>cs</sub> (t, t <sub>0</sub> )	0.978	
def. di ritiro per essiccamento	ε <sub>cd</sub> (t)	0.0002996	
deformazione di base	ε <sub>cd,0</sub>	0.00043785	
coeff. per il tipo di cemento	α <sub>ds1</sub>	6	
coeff. per il tipo di cemento	α <sub>ds2</sub>	0.11	
	β <sub>RH</sub>	0.89609375	
	β <sub>as</sub> (t)	1	
	ε <sub>ca,∞</sub>	5.1775E-05	
deformazione dovuta al ritiro autogeno	ε <sub>ca</sub>	5.1775E-05	
deformazione di ritiro	ε <sub>s</sub> (t, t <sub>0</sub> )	0.00035138	
Variazione termica uniforme	ΔT <sub>ritiro</sub>	-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 ΔT= +15°C, con un variazione termica a aggiuntiva a farfalla pari a ΔT= +5°C applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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



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

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	25 di 53

## 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. 1 – 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. 2 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni

## 10 RISULTATI E VERIFICHE SCATOLARE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del programma di calcolo Sap2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Convenzione assi

**x** = asse trasversale dello scatolare

**y** = asse longitudinale dello scatolare

**z** = asse verticale dello scatolare

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

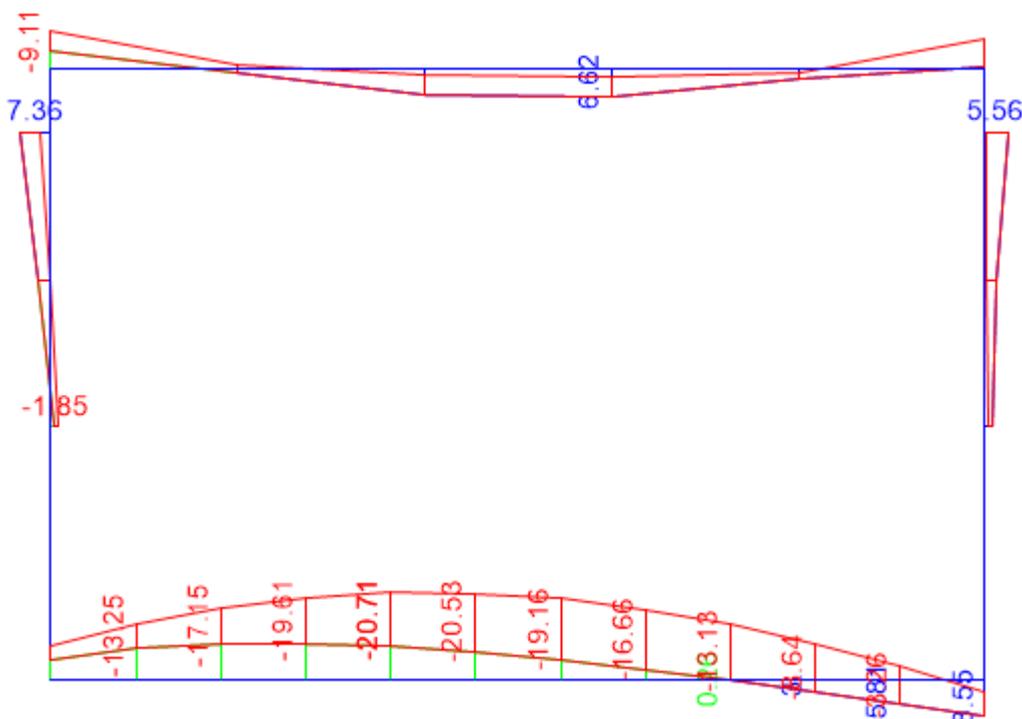


Fig. 10 – Momento flettente enve-SLU.

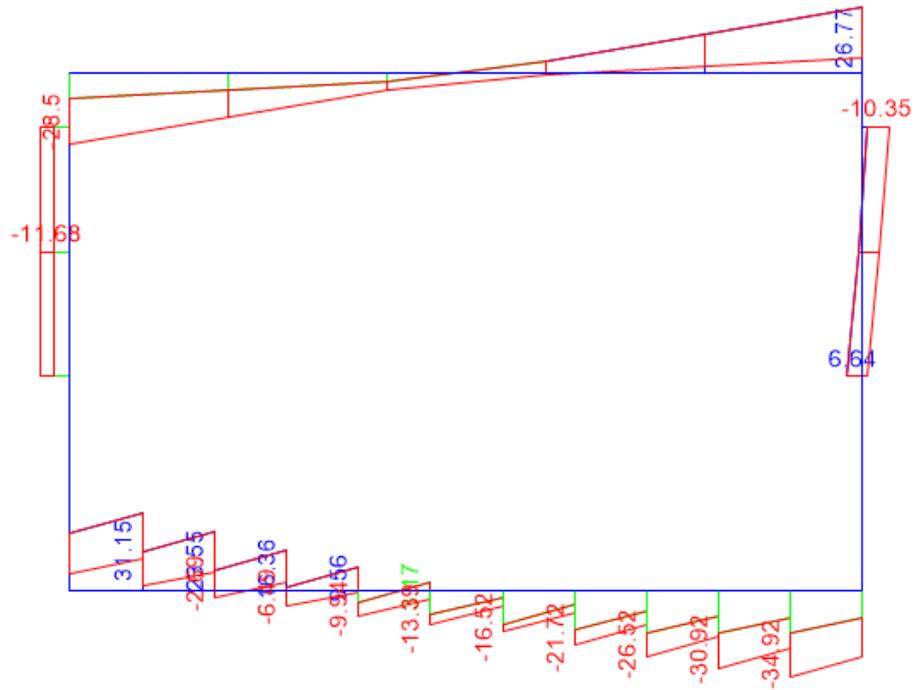


Fig. 11 – Taglio enve-SLU.

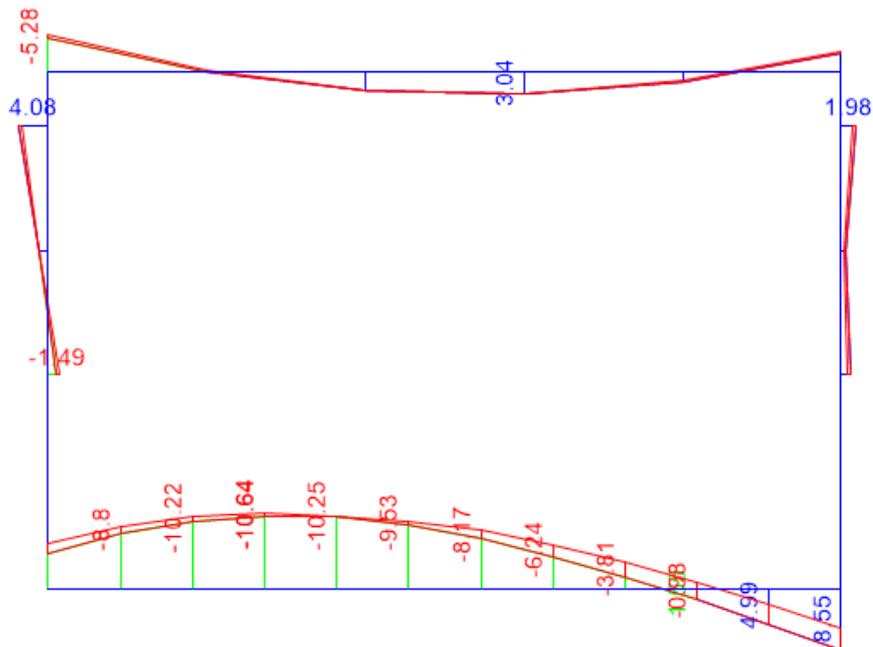


Fig. 12 – Momento flettente enve-SLV.

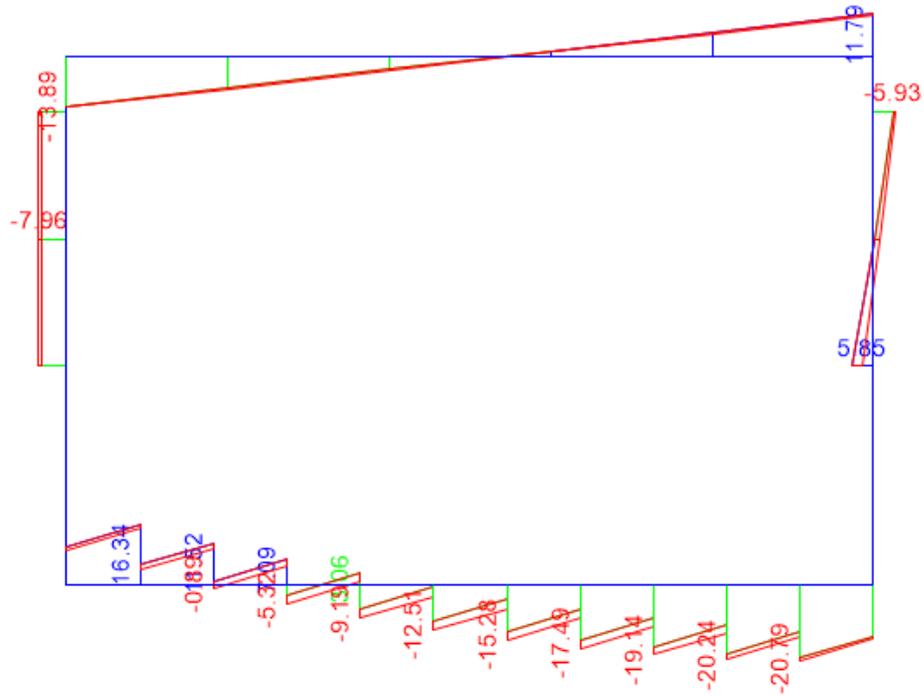


Fig. 13 – Taglio enve-SLV.

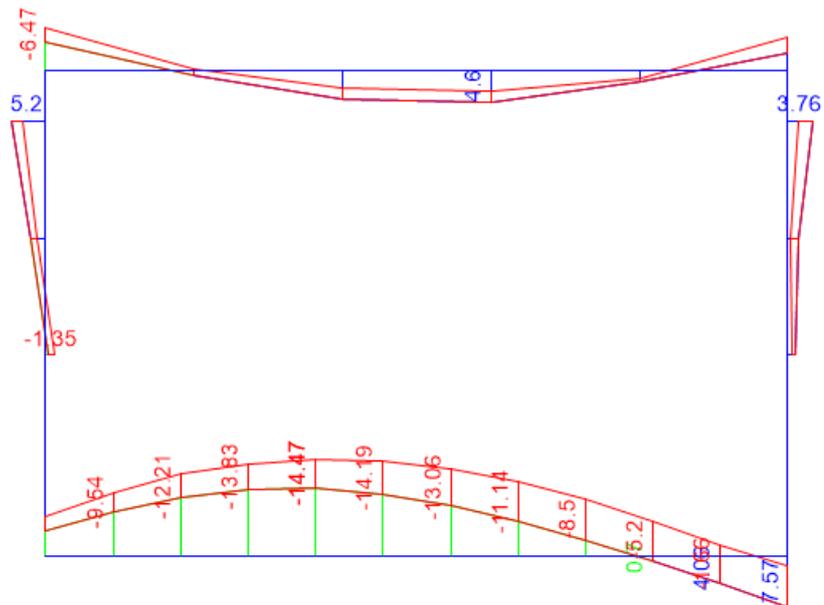


Fig. 14 – Momento flettente enve-SLE.



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

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	30 di 53

## 10.1 Verifiche piedritti

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-22.00	17.17	<b>6.48</b>	65	0.20	sis1_nl
	-14.13	-2.32	<b>-0.57</b>	65	1.25	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-42.04	13.17	<b>8.21</b>	65	0.20	slu2_nl
	-8.92	0.41	<b>-1.48</b>	65	1.25	slu3_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-29.79	10.99	<b>6.06</b>	65	0.20	rar1_nl
	-15.32	-1.17	<b>0.69</b>	65	1.25	rar2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-23.19	11.14	<b>5.18</b>	65	0.20	fre1_nl
	-15.32	-1.17	<b>0.69</b>	65	1.25	fre1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-22.22	15.63	<b>6.24</b>	65	0.20	qpe2_nl
	-14.35	-1.96	<b>-0.34</b>	65	1.25	qpe2_nl

### 10.1.1 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 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	31 di 53

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. $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	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	4204	821	1317	0
2	892	-148	41	0
3	2392	686	1539	0
4	2395	-51	-440	0
5	892	-148	41	0
6	4595	352	-321	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	2979	606
2	1532	69
3	2319	518
4	3295	224

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	32 di 53

5	1532	69
6	3295	224

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

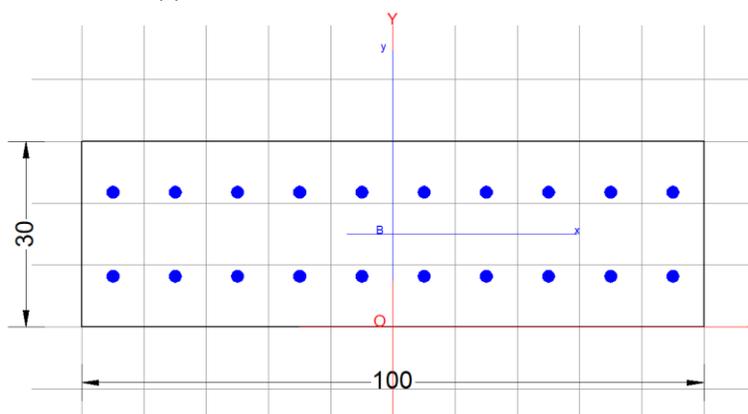
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2319	518 (6441)
2	1532	69 (4651618)
3	2319	518 (6441)
4	2635	135 (42205)
5	1532	69 (4651618)
6	2635	135 (42205)

### 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	2222	624 (6125)
2	1435	-34 (0)
3	2222	624 (6125)
4	2731	23 (0)
5	1435	-34 (0)
6	2731	23 (0)



### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interfero 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



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

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	33 di 53

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	4204	821	4177	22225	27.070	21.3	0.40	0.94	31.4 (3.6)
2	S	892	-148	889	-21993	148.602	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
3	S	2392	686	2401	22100	32.215	21.4	0.40	0.94	31.4 (3.6)
4	S	2395	-51	2401	-22100	433.327	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
5	S	892	-148	889	-21993	148.602	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
6	S	4595	352	4601	22255	63.223	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	0.00012	21.6	-0.00519	8.4
2	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00528	21.6
3	0.00350	30.0	0.00010	21.6	-0.00524	8.4
4	0.00350	0.0	0.00010	8.4	-0.00524	21.6
5	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00528	21.6
6	0.00350	30.0	0.00012	21.6	-0.00518	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	1317	18360	21.6	100.0	0.0145	0.1
2	S	41	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
3	S	1539	18164	21.6	100.0	0.0145	0.1
4	S	-440	18165	21.6	100.0	0.0145	0.1
5	S	41	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 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	34 di 53

6 S -321 18402 21.6 100.0 0.0145 0.2

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <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	17.1	-60	21.6	5.7	569	31.4	9.2
2	S	0.8	30.0	0.0	0.0	3	21.6	0.0	1	31.4	9.2
3	S	5.1	30.0	0.0	17.4	-55	21.6	5.8	580	31.4	9.2
4	S	2.2	30.0	0.0	6.6	2	21.6	2.2	224	31.4	9.2
5	S	0.8	30.0	0.0	0.0	3	21.6	0.0	1	31.4	9.2
6	S	2.2	30.0	0.0	6.6	2	21.6	2.2	224	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*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	-0.00006	0.00005	0.50	0.60	0.000018 (0.000018)	313	0.006 (0.20)	6604
2	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	252	0.000 (0.20)	4651618
3	S	-0.00005	0.00004	0.50	0.60	0.000017 (0.000017)	314	0.005 (0.20)	6441
4	S	0.00000	0.00002	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	276	0.000 (0.20)	15208
5	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	252	0.000 (0.20)	4651618
6	S	0.00000	0.00002	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	276	0.000 (0.20)	15208

**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	5.1	30.0	0.0	17.4	-55	21.6	5.8	580	31.4	9.2
2	S	0.8	30.0	0.0	0.0	3	21.6	0.0	1	31.4	9.2
3	S	5.1	30.0	0.0	17.4	-55	21.6	5.8	580	31.4	9.2
4	S	1.4	30.0	0.0	1.8	5	21.6	0.7	67	31.4	9.2
5	S	0.8	30.0	0.0	0.0	3	21.6	0.0	1	31.4	9.2
6	S	1.4	30.0	0.0	1.8	5	21.6	0.7	67	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 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	35 di 53

1	S	-0.00005	0.00004	0.50	0.60	0.000017 (0.000017)	314	0.005 (0.20)	6441
2	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	252	0.000 (0.20)	4651618
3	S	-0.00005	0.00004	0.50	0.60	0.000017 (0.000017)	314	0.005 (0.20)	6441
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	259	0.000 (0.20)	42205
5	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	252	0.000 (0.20)	4651618
6	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	259	0.000 (0.20)	42205

**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	6.2	30.0	0.0	18.0	-75	21.6	6.0	602	31.4	9.2
2	S	0.6	0.0	0.2	30.0	4	8.4	0.0	212	0.0	0.0
3	S	6.2	30.0	0.0	18.0	-75	21.6	6.0	602	31.4	9.2
4	S	0.8	30.0	0.6	0.0	10	21.6	0.0	212	0.0	0.0
5	S	0.6	0.0	0.2	30.0	4	8.4	0.0	483	0.0	0.0
6	S	0.8	30.0	0.6	0.0	10	21.6	0.0	212	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	-0.00007	0.00005	0.50	0.40	0.000023 (0.000023)	317	0.007 (0.20)	6125
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
3	S	-0.00007	0.00005	0.50	0.40	0.000023 (0.000023)	317	0.007 (0.20)	6125
4	S	0.00000	0.00001	----	----	----	----	----	0
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
6	S	0.00000	0.00001	----	----	----	----	----	0

**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:	Rettilineare
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/cm²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm²

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	36 di 53

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	2200	648	1717	0
2	1413	-57	-232	0
3	2200	648	1717	0
4	2754	-8	-508	0
5	1413	-57	-232	0
6	2754	-8	-508	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	2200	648	2180	21339	32.930	19.9	0.47	1.00	31.4 (3.6)
2	S	1413	-57	1410	-21275	373.251	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
3	S	2200	648	2180	21339	32.930	19.9	0.47	1.00	31.4 (3.6)
4	S	2754	-8	2742	-21385	2673.132	10.2	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 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	37 di 53

5	S	1413	-57	1410	-21275	373.251	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
6	S	2754	-8	2742	-21385	2673.132	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	0.00173	0.0	0.00029	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	0.00173	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	1717	18143	21.6	100.0	0.0145	0.1
2	S	-232	18058	21.6	100.0	0.0145	0.0
3	S	1717	18143	21.6	100.0	0.0145	0.1
4	S	-508	18203	21.6	100.0	0.0145	0.1
5	S	-232	18058	21.6	100.0	0.0145	0.0
6	S	-508	18203	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 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	38 di 53

### Verifiche soletta inferiore

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-24.22	-18.37	<b>6.21</b>	11	0.20	sis1_nl
	-24.22	2.02	<b>-8.76</b>	5	0.20	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-21.09	-15.08	<b>5.88</b>	11	0.20	slu3_nl
	-19.29	2.77	<b>-14.59</b>	6	0.20	slu2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-16.82	-16.96	<b>3.64</b>	11	0.20	rar2_nl
	-16.67	1.39	<b>-10.35</b>	6	0.20	rar1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-16.82	-16.96	<b>3.64</b>	11	0.20	fre1_nl
	-16.82	4.78	<b>-8.18</b>	5	0.20	fre1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-21.65	-18.05	<b>5.63</b>	11	0.20	qpe2_nl
	-21.65	2.62	<b>-8.65</b>	5	0.20	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 (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 sismicità:	

#### 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 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	39 di 53

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:	40.0	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	2109	588	-1508	0
2	1929	-1459	277	0
3	1929	-909	2684	0
4	1929	-211	-3203	0
5	1887	-393	1994	0
6	2151	-461	1313	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	1682	364
2	1667	-1035
3	1667	-675
4	1667	-99

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	40 di 53

5	1501	-278
6	1682	-298

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

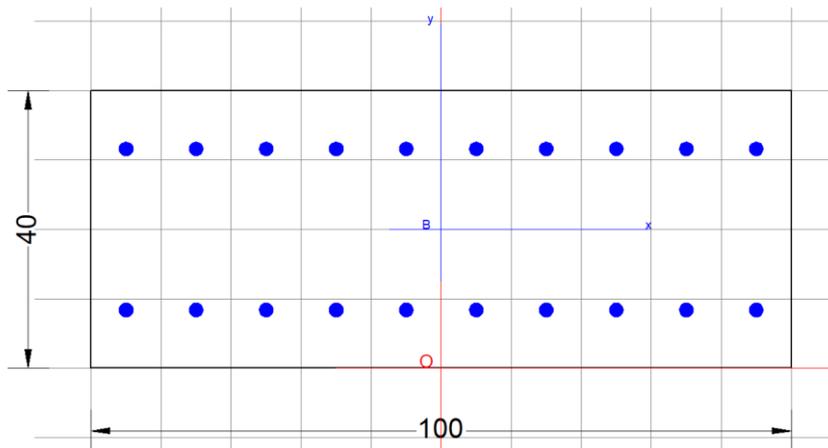
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	1682	364 (13845)
2	1682	-818 (-11096)
3	773	-487 (-10707)
4	1682	5 (0)
5	773	-196 (-12995)
6	1682	-298 (-15363)

**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	2165	563 (12880)
2	2165	-865 (-11493)
3	1682	-571 (-11916)
4	2165	182 (46565)
5	1682	-298 (-15363)
6	2165	-445 (-14179)



**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 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	41 di 53

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	2109	588	2110	34478	58.636	31.4	0.27	0.78	31.4 (5.3)
2	S	1929	-1459	1952	-34459	23.618	8.6	0.27	0.78	31.4 (5.3)
3	S	1929	-909	1952	-34459	37.908	8.6	0.27	0.78	31.4 (5.3)
4	S	1929	-211	1952	-34459	163.311	8.6	0.27	0.78	31.4 (5.3)
5	S	1887	-393	1899	-34452	87.665	8.6	0.27	0.78	31.4 (5.3)
6	S	2151	-461	2163	-34484	74.803	8.6	0.27	0.78	31.4 (5.3)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	40.0	0.00010	31.6	-0.00930	8.4
2	0.00350	0.0	0.00010	8.4	-0.00931	31.6
3	0.00350	0.0	0.00010	8.4	-0.00931	31.6
4	0.00350	0.0	0.00010	8.4	-0.00931	31.6
5	0.00350	0.0	0.00010	8.4	-0.00931	31.6
6	0.00350	0.0	0.00010	8.4	-0.00930	31.6

**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	-1508	21365	31.6	100.0	0.0099	0.1
2	S	277	21344	31.6	100.0	0.0099	0.0
3	S	2684	21344	31.6	100.0	0.0099	0.0

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	42 di 53

4	S	-3203	21344	31.6	100.0	0.0099	0.0
5	S	1994	21339	31.6	100.0	0.0099	0.0
6	S	1313	21370	31.6	100.0	0.0099	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	1.9	40.0	0.0	20.9	-18	31.6	7.0	697	31.4	9.2
2	S	5.3	0.0	0.0	15.3	-97	8.4	8.6	861	31.4	9.2
3	S	3.4	0.0	0.0	16.5	-54	8.4	8.2	820	31.4	9.2
4	S	0.6	0.0	0.0	40.0	2	8.4	0.0	224	0.0	0.0
5	S	1.4	0.0	0.0	21.7	-11	8.4	6.4	644	31.4	9.2
6	S	1.5	0.0	0.0	22.1	-11	8.4	6.3	627	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; $= (e1 + e2) / (2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000005 (0.000005)	327	0.002 (0.20)	13845
2	S	-0.00007	0.00004	0.50	0.60	0.000029 (0.000029)	345	0.010 (0.20)	-10726
3	S	-0.00004	0.00003	0.50	0.60	0.000016 (0.000016)	340	0.006 (0.20)	-11463
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000003 (0.000003)	321	0.001 (0.20)	-14970
6	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000003 (0.000003)	319	0.001 (0.20)	-15363

**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	1.9	40.0	0.0	20.9	-18	31.6	7.0	697	31.4	9.2
2	S	4.1	0.0	0.0	15.9	-71	8.4	8.4	840	31.4	9.2
3	S	2.5	0.0	0.0	15.2	-46	8.4	8.6	862	31.4	9.2
4	S	0.4	40.0	0.3	0.0	5	31.6	0.0	67	0.0	0.0
5	S	1.0	0.0	0.0	18.9	-12	8.4	7.4	739	31.4	9.2
6	S	1.5	0.0	0.0	22.1	-11	8.4	6.3	627	31.4	9.2

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



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

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	43 di 53

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000005 (0.000005)	327	0.002 (0.20)	13845
2	S	-0.00005	0.00003	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	343	0.007 (0.20)	-11096
3	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000014 (0.000014)	345	0.005 (0.20)	-10707
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000003 (0.000003)	332	0.001 (0.20)	-12995
6	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.60	0.000003 (0.000003)	319	0.001 (0.20)	-15363

**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	2.9	40.0	0.0	22.3	-34	31.6	7.5	745	31.4	9.2
2	S	4.4	0.0	0.0	16.6	-69	8.4	8.2	818	31.4	9.2
3	S	2.9	0.0	0.0	17.3	-42	8.4	8.0	795	31.4	9.2
4	S	1.0	40.0	0.0	4.1	2	31.6	1.6	162	31.4	9.2
5	S	1.5	0.0	0.0	22.1	-11	8.4	6.3	627	31.4	9.2
6	S	2.2	0.0	0.0	20.6	-21	8.4	6.8	680	31.4	9.2

**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	-0.00003	0.00002	0.50	0.40	0.000010 (0.000010)	332	0.003 (0.20)	12880
2	S	-0.00005	0.00003	0.50	0.40	0.000021 (0.000021)	340	0.007 (0.20)	-11493
3	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.40	0.000013 (0.000013)	338	0.004 (0.20)	-11916
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	269	0.000 (0.20)	46565
5	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000003 (0.000003)	319	0.001 (0.20)	-15363
6	S	-0.00002	0.00002	0.50	0.40	0.000006 (0.000006)	325	0.002 (0.20)	-14179

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

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

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



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

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	44 di 53

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	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	2422	621	-1837	0
2	2422	-876	202	0
3	1904	-619	1424	0
4	2422	234	-2037	0
5	1904	-354	1224	0
6	2422	-484	1126	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	2422	621	2440	32929	53.026	27.8	0.39	0.92	31.4 (5.3)
2	S	2422	-876	2440	-32929	37.590	12.2	0.39	0.92	31.4 (5.3)



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

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	45 di 53

3	S	1904	-619	1912	-32861	53.086	12.2	0.39	0.92	31.4 (5.3)
4	S	2422	234	2440	32929	140.722	27.8	0.39	0.92	31.4 (5.3)
5	S	1904	-354	1912	-32861	92.826	12.2	0.39	0.92	31.4 (5.3)
6	S	2422	-484	2440	-32929	68.035	12.2	0.39	0.92	31.4 (5.3)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00123	40.0	0.00038	31.6	-0.00196	8.4
2	0.00123	0.0	0.00038	8.4	-0.00196	31.6
3	0.00123	0.0	0.00038	8.4	-0.00196	31.6
4	0.00123	40.0	0.00038	31.6	-0.00196	8.4
5	0.00123	0.0	0.00038	8.4	-0.00196	31.6
6	0.00123	0.0	0.00038	8.4	-0.00196	31.6

**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	-1837	21402	31.6	100.0	0.0099	0.1
2	S	202	21402	31.6	100.0	0.0099	0.1
3	S	1424	21341	31.6	100.0	0.0099	0.0
4	S	-2037	21402	31.6	100.0	0.0099	0.1
5	S	1224	21341	31.6	100.0	0.0099	0.0
6	S	1126	21402	31.6	100.0	0.0099	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 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	46 di 53

## 10.2 Verifica soletta superiore

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLV	-3.31	1.14	<b>5.63</b>	1	1.32	sis2_nl
	-5.08	-18.16	<b>-6.27</b>	1	0.00	sis1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLU	-3.21	4.32	<b>11.59</b>	1	1.32	slu2_nl
	-3.21	-33.30	<b>-7.54</b>	1	0.00	slu2_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE RAR	-2.70	2.82	<b>8.08</b>	1	1.32	rar1_nl
	-2.70	-23.58	<b>-5.62</b>	1	0.00	rar1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE FRE	-1.18	2.01	<b>5.89</b>	1	1.32	fre3_nl
	-2.55	-16.98	<b>-4.54</b>	1	0.00	fre1_nl

	P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
	KN	KN	KN-m	Text	m	Text
SLE QPE	-2.55	1.50	<b>5.67</b>	1	1.32	qpe1_nl
	-4.55	-17.94	<b>-5.91</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 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	47 di 53

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. $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	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	321	1159	432	0
2	321	-754	-3330	0
3	321	-324	2939	0
4	321	-754	-3330	0
5	19	-644	-1805	0
6	363	-706	-2945	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	270	808
2	270	-562
3	270	-214
4	270	-562

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	48 di 53

5	228	-436
6	270	-562

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

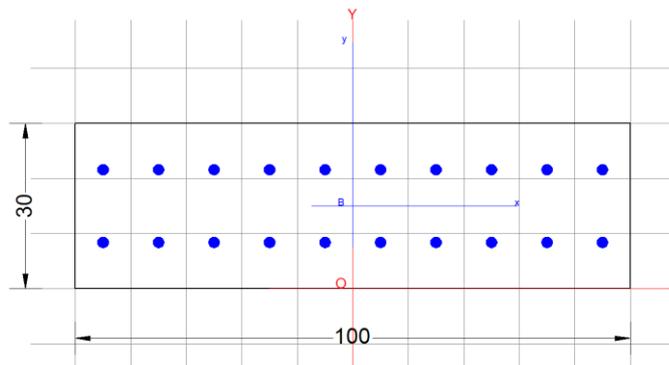
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	118	589 (5190)
2	255	-454 (-5277)
3	118	-130 (-5363)
4	255	-454 (-5277)
5	118	-364 (-5220)
6	255	-454 (-5277)

### 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	255	567 (5250)
2	455	-591 (-5328)
3	255	-106 (-5768)
4	455	-591 (-5328)
5	255	-454 (-5277)
6	455	-591 (-5328)



### 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)

**Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	49 di 53

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	321	1159	306	21952	18.940	21.4	0.40	0.94	31.4 (3.6)
2	S	321	-754	306	-21952	29.114	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
3	S	321	-324	306	-21952	67.753	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
4	S	321	-754	306	-21952	29.114	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
5	S	19	-644	-6	-21930	34.053	8.6	0.40	0.94	31.4 (3.6)
6	S	363	-706	384	-21957	31.101	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	-0.00530	8.4
2	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00530	21.6
3	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00530	21.6
4	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00530	21.6
5	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00531	21.6
6	0.00350	0.0	0.00008	8.4	-0.00530	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	432	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
2	S	-3330	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
3	S	2939	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
4	S	-3330	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
5	S	-1805	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
6	S	-2945	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	50 di 53

### 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	8.1	30.0	0.0	20.0	-141	21.6	6.7	666	31.4	9.2
2	S	5.7	0.0	0.0	10.7	-96	8.4	6.6	663	31.4	9.2
3	S	2.2	0.0	0.0	11.1	-34	8.4	6.5	649	31.4	9.2
4	S	5.7	0.0	0.0	10.7	-96	8.4	6.6	663	31.4	9.2
5	S	4.4	0.0	0.0	10.7	-75	8.4	6.6	662	31.4	9.2
6	S	5.7	0.0	0.0	10.7	-96	8.4	6.6	663	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	-0.00012	0.00006	0.50	0.60	0.000042 (0.000042)	324	0.014 (0.20)	5222
2	S	-0.00008	0.00004	0.50	0.60	0.000029 (0.000029)	323	0.009 (0.20)	-5257
3	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000010 (0.000010)	322	0.003 (0.20)	-5453
4	S	-0.00008	0.00004	0.50	0.60	0.000029 (0.000029)	323	0.009 (0.20)	-5257
5	S	-0.00006	0.00003	0.50	0.60	0.000022 (0.000022)	323	0.007 (0.20)	-5268
6	S	-0.00008	0.00004	0.50	0.60	0.000029 (0.000029)	323	0.009 (0.20)	-5257

### 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	5.9	30.0	0.0	20.0	-104	21.6	6.7	668	31.4	9.2
2	S	4.6	0.0	0.0	10.7	-77	8.4	6.6	662	31.4	9.2
3	S	1.3	0.0	0.0	10.9	-21	8.4	6.6	655	31.4	9.2
4	S	4.6	0.0	0.0	10.7	-77	8.4	6.6	662	31.4	9.2
5	S	3.7	0.0	0.0	10.6	-63	8.4	6.7	666	31.4	9.2
6	S	4.6	0.0	0.0	10.7	-77	8.4	6.6	662	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	-0.00009	0.00004	0.50	0.60	0.000031 (0.000031)	324	0.010 (0.20)	5190



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

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	51 di 53

2	S	-0.00007	0.00003	0.50	0.60	0.000023 (0.000023)	323	0.007 (0.20)	-5277
3	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000006 (0.000006)	323	0.002 (0.20)	-5363
4	S	-0.00007	0.00003	0.50	0.60	0.000023 (0.000023)	323	0.007 (0.20)	-5277
5	S	-0.00005	0.00003	0.50	0.60	0.000019 (0.000019)	324	0.006 (0.20)	-5220
6	S	-0.00007	0.00003	0.50	0.60	0.000023 (0.000023)	323	0.007 (0.20)	-5277

**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	5.7	30.0	0.0	19.9	-98	21.6	6.6	664	31.4	9.2
2	S	6.0	0.0	0.0	10.8	-99	8.4	6.6	658	31.4	9.2
3	S	1.1	0.0	0.0	11.8	-15	8.4	6.3	626	31.4	9.2
4	S	6.0	0.0	0.0	10.8	-99	8.4	6.6	658	31.4	9.2
5	S	4.6	0.0	0.0	10.7	-77	8.4	6.6	662	31.4	9.2
6	S	6.0	0.0	0.0	10.8	-99	8.4	6.6	658	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	0.00004	0.50	0.40	0.000029 (0.000029)	323	0.009 (0.20)	5250
2	S	-0.00009	0.00004	0.50	0.40	0.000030 (0.000030)	323	0.010 (0.20)	-5328
3	S	-0.00001	0.00001	0.50	0.40	0.000004 (0.000004)	319	0.001 (0.20)	-5768
4	S	-0.00009	0.00004	0.50	0.40	0.000030 (0.000030)	323	0.010 (0.20)	-5328
5	S	-0.00007	0.00003	0.50	0.40	0.000023 (0.000023)	323	0.007 (0.20)	-5277
6	S	-0.00009	0.00004	0.50	0.40	0.000030 (0.000030)	323	0.010 (0.20)	-5328

**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:	Rettilineare
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/cm²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm²	



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

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	52 di 53

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	331	563	114	0
2	508	-627	-1816	0
3	331	-80	1346	0
4	508	-627	-1816	0
5	331	-506	-1733	0
6	508	-627	-1816	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	331	563	329	21186	37.631	19.9	0.47	1.00	31.4 (3.6)
2	S	508	-627	484	-21199	33.810	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
3	S	331	-80	329	-21186	264.826	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
4	S	508	-627	484	-21199	33.810	10.1	0.47	1.00	31.4 (3.6)
5	S	331	-506	329	-21186	41.870	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 2	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3U	40	D29CL	IF 0000 002	B	53 di 53

6 S 508 -627 484 -21199 33.810 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	114	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
2	S	-1816	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
3	S	1346	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
4	S	-1816	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
5	S	-1733	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0
6	S	-1816	17906	21.6	100.0	0.0145	0.0