

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

**OPERE CIVILI**

Elaborati Generali OO.CC.

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 26 CL IF0000 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Gen-2020	A. Donnarumma <i>A. Donnarumma</i>	Gen-2020	A. Barreca <i>A. Barreca</i>	Gen-2020	F. Sacchi Apr-2020
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Apr-2020	A. Donnarumma <i>A. Donnarumma</i>	Apr-2020	A. Barreca <i>A. Barreca</i>	Apr-2020	

ITM/FERR - SA INFRASTRUTTURE NORD  
Via...  
Caltanissetta



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	1 di 71

## INDICE

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	2 di 71

9	COMBINAZIONE DEI CARICHI .....	28
10	RISULTATI E VERIFICHE SCATOLARE.....	30
10.1	VERIFICHE PIEDRITTI .....	33
10.1.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	34
10.1.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	40
10.1.3	<i>Riepilogo verifiche</i> .....	43
10.1	VERIFICHE SOLETTA INFERIORE .....	44
10.1.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	45
10.1.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	51
10.1.3	<i>Riepilogo verifiche</i> .....	54
10.2	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....	55
10.2.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	56
10.2.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i> .....	62
10.2.3	<i>Riepilogo verifiche</i> .....	65
11	VERIFICHE MICROPALO .....	66

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del nuovo collegamento Palermo – Catania, tratta Lercara Dir. - Caltanissetta Xirbi (lotto 3).

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 3.

Sono presenti due differenti tipologie di FFP:

- tipo 1, con presenza di micropali, in corrispondenza di rilevati con altezze maggiori di 2.50 m;
- tipo 2, con assenza di micropali, in corrispondenza di rilevati con altezze minori di 2.50 m e di trincee.

Il tipo 1 è oggetto di analisi nella seguente relazione, il tipo 2 viene analizzato nell'elaborato RS3T.3.0.D.26.CL.IF.00.0.0.002.A.

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

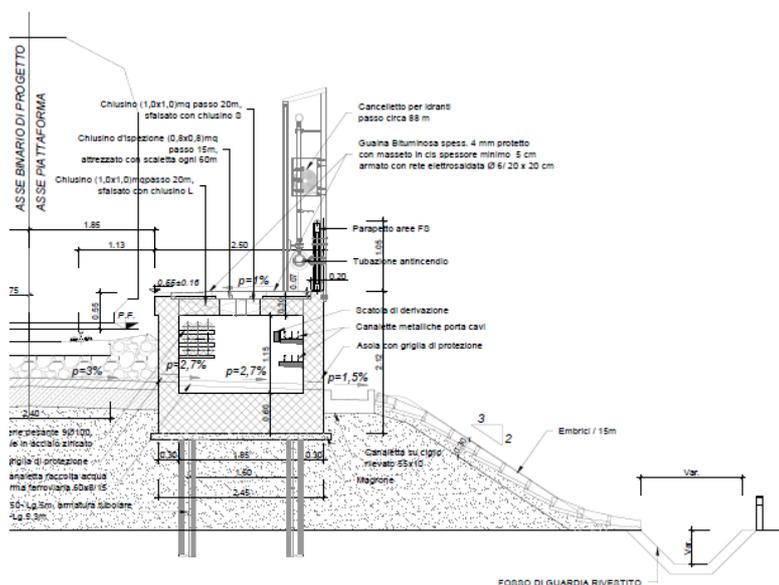


Fig. 1 – Sezione Marciapiede Tipo 1

I micropali sono disposti a maglia quadrata, con interasse longitudinale e trasversale di 160 cm, perforazione  $\Phi 250$  e lunghezza  $L = 5$  m, con armatura tubolare  $\Phi 168.3 \times 8$ .

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	4 di 71

Si riporta di seguito la tabella con lo sviluppo degli FFP lungo la linea, indicando le progressive corrispondenti e la tipologia:

Marciapiede	lato	pk inizio	pk fine	lunghezze e parziali [m]	lunghezze totali [m]	Elemento di margine piattaforma
discenderia	nord	3+704.20	3+711.20	7.0	7.0	discenderia
FFP Montestretto lato Palermo (GN01)	nord	3+711.20	3+820.00	108.8	350.0	Rilevato > 2,5 m
		3+820.00	3+900.00	80.0		Rilevato < 2,5 m
		3+900.00	4+000.00	100.0		Rilevato > 2,5 m
		4+000.00	4+061.20	61.2		in piano
discenderia	nord	4+061.20	4+068.20	7.0	16.4	discenderia
passaggio a raso		4+068.20	4+070.60	2.4		passaggio a raso
discenderia		4+070.60	4+077.60	7.0		discenderia
in uscita GN01 lato Palermo	nord	4+077.60	4+108.00	30.4	30.4	in piano
in uscita GN01 lato Catania	nord	6+468.00	6+492.00	24.0	45.8	Rilevato < 2,5 m
		6+492.00	6+513.75	21.8		opera di sostegno
discenderia	nord	6+492.00	6+499.00	7.0	16.4	discenderia
passaggio a raso	nord/sud	6+499.00	6+501.40	2.4		passaggio a raso
discenderia	sud	6+501.40	6+508.40	7.0		discenderia
FFP Montestretto lato Catania (GN01)	sud	6+508.40	6+534.00	25.6	350.0	in piano
		6+534.00	6+552.00	18.0		su opera d'arte
		6+552.00	6+858.40	306.4		su opera d'arte
discenderia	sud	6+858.40	6+865.40	7.0	7.0	discenderia
discenderia	sud	7+267.22	7+274.22	7.0	7.0	su opera d'arte
FFP Salso lato Palermo (GN02)	sud	7+274.22	7+597.90	323.7	350.0	su opera d'arte
		7+597.90	7+624.22	26.3		in piano
discenderia	sud	7+624.22	7+631.22	7.0	18.0	discenderia
passaggio a raso	sud/nord	7+631.22	7+635.22	4.0		passaggio a raso
discenderia	nord	7+635.22	7+642.22	7.0		discenderia
in uscita GA02 lato Palermo	nord	7+642.22	7+686.90	44.7	59.7	in piano
		7+686.90	7+701.90	15.0		opera di sostegno
in uscita GN02 lato Catania	nord	11+548.59	11+580.62	32.0	32.0	in piano
discenderia	nord	11+580.62	11+587.62	7.0	18.0	discenderia
passaggio a raso	nord	11+587.62	11+591.62	4.0		passaggio a raso
discenderia	nord	11+591.62	11+598.62	7.0		discenderia
FFP Salso lato Catania (GN02)	nord	11+598.62	11+733.00	134.4	350.0	Rilevato > 2,5 m
		11+733.00	11+948.62	215.6		su opera d'arte
discenderia	nord	11+948.62	11+955.62	7.0	7.0	discenderia
discenderia	sud	13+048.33	13+055.33	7.0	7.0	discenderia
FFP Trinacria lato Palermo (GN03)	sud	13+055.33	13+100.00	44.7	350.0	Rilevato > 2,5 m
		13+100.00	13+405.33	305.3		Rilevato < 2,5 m
discenderia	sud	13+405.33	13+412.33	7.0	18.0	discenderia
passaggio a raso	sud/nord	13+412.33	13+416.33	4.0		passaggio a raso
discenderia	nord	13+416.33	13+423.33	7.0		discenderia
in uscita GN03 lato Catania	nord	13+423.33	13+427.09	3.8	3.8	in piano

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	<b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 5 di 71

## 2 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	6 di 71

### 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 LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	7 di 71

#### 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

##### Calcestruzzo di rivestimento per micropali

Classe di resistenza C20/25  $R_{ck} \geq 25$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} \quad 20.75 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad 28.75 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad 11.76 \text{ N/mm}^2$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	8 di 71

### Acciaio per micropali

Acciaio      **S355**

$E$       =      210000 N/mm<sup>2</sup>      modulo di elasticità

$\nu$       =      0.3      modulo di Poisson

$\alpha$       =      0.00001°C      coefficiente di dilatazione lineare

$G$       =      80769 N/mm<sup>2</sup>      modulo di elasticità trasversale

$\gamma$       =      76.98 kN/m<sup>3</sup>      densità

### Spessore massimo degli elementi

$f_{yk}$       =      **355** N/mm<sup>2</sup>      tensione caratteristica allo snervamento

$f_{tk}$       =      **430** N/mm<sup>2</sup>      tensione caratteristica a rottura

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Sulla base delle indagini svolte, sintetizzate nei profili geotecnici lungo linea, si considera il terreno peggiore in corrispondenza delle due estremità della Galleria GN01 Santa Catena, dalla progressiva 7+600.00 km alla progressiva 7+951.00 (tratta 2) e dalla progressiva 15+859.00 alla progressiva 16+244.00 (tratta 4).

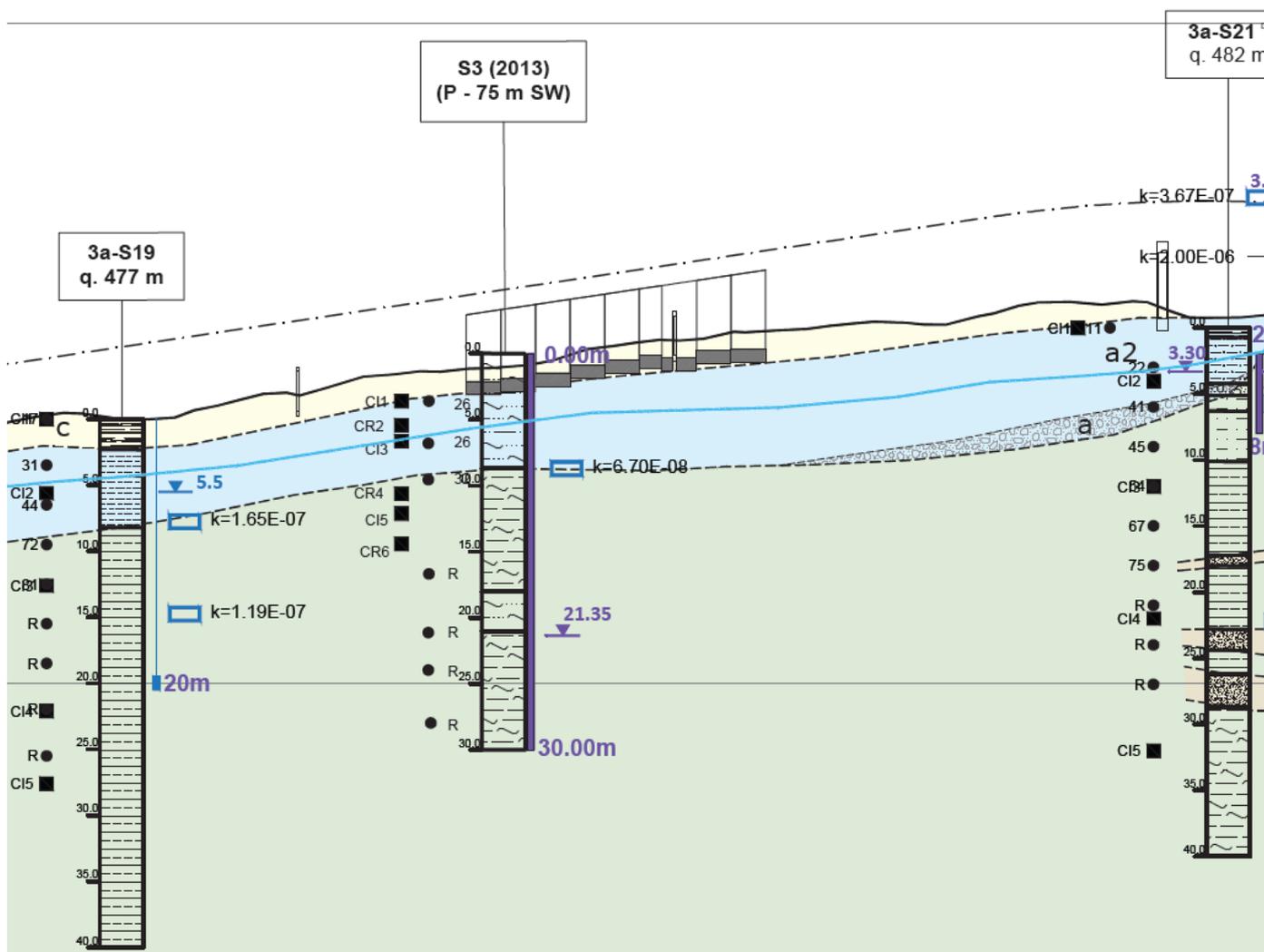


Fig. 2 – Profilo geotecnico.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	10 di 71

Dal confronto dei parametri geotecnici delle due tratte sono stati considerati a favore di sicurezza quelli della tratta 2:

U.G.	da	a	$\gamma$	$c'$	cu	$\phi'$	Eop
[-]	[m]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]
a2	0	10	19	20	75	24.5	70
TRV	10	40	21	25	200	20	210
		Falda a – 5 m da p.c.					

Per maggiori dettagli si rimanda alla “Relazione geotecnica generale – opere all’aperto – lotto 3a”.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	<b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 11 di 71

## 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 1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	12 di 71

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

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 LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>				
	<b>OPERE CIVILI</b>				
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B FOGLIO 13 di 71

### 6.1.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 6.2 Verifiche dei micropali

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	15 di 71

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

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

$D_s$  = diametro di perforazione;

$L_p$  = lunghezza della zona iniettata;

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

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

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

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>  <b>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

## 7 MODELLAZIONE ADOTTATA

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

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

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

## 8 ANALISI DEI CARICHI\_TIPO1

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

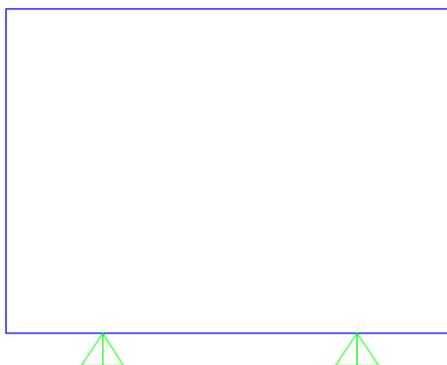


Fig. 3 – Modello adottato.

### 8.1 Pesi propri

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

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

### 8.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

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

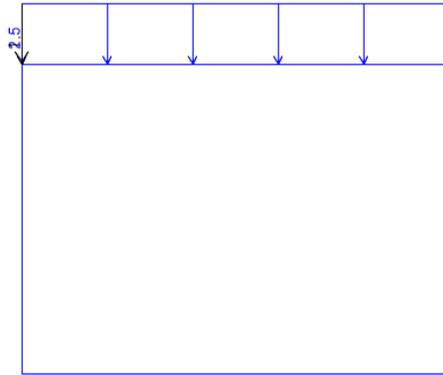


Fig. 4 – Carichi permanenti su soletta superiore.

### 8.3 Spinta statica del terreno

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

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

#### SPINTA RIPOSO E SPINTA H<sub>2</sub>O

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

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



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

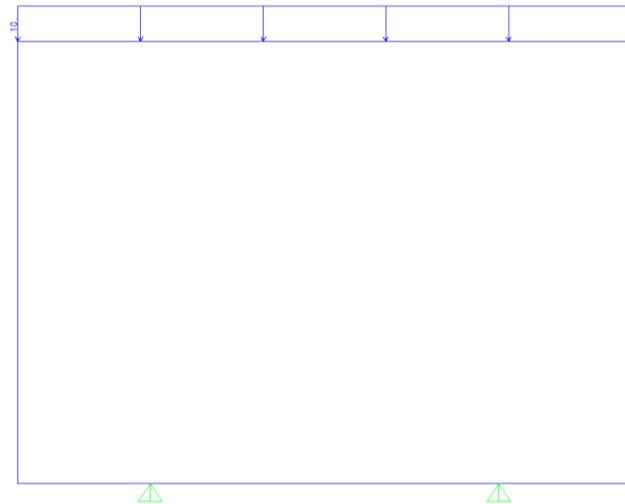


Fig. 6 – Carico per folla compatta.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	<b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 19 di 71

## 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<sup>2</sup>) 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 kg/m<sup>3</sup>.

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.

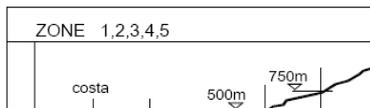
Coefficiente dinamico

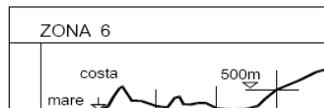
Esso può essere assunto autotelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Classe di rugosità del terreno

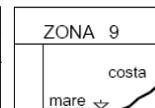
A) Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m

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
-------	------

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>  <b>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

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

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

$$c_p = 2.3$$

$$c_d = 1$$

Nel caso in esame si ha quindi:

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

### 8.6 Spinta orizzontale dovuta al ballast

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

<b>Spinta statica aggiuntiva</b>	
	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 LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>  <b>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	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

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".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRIBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	23 di 71

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE	$SLO - P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	$SLD - P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	$SLV - P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	$SLC - P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

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

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

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

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

Compon. orizzontale

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

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

Compon. verticale

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

Elaborazioni

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

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

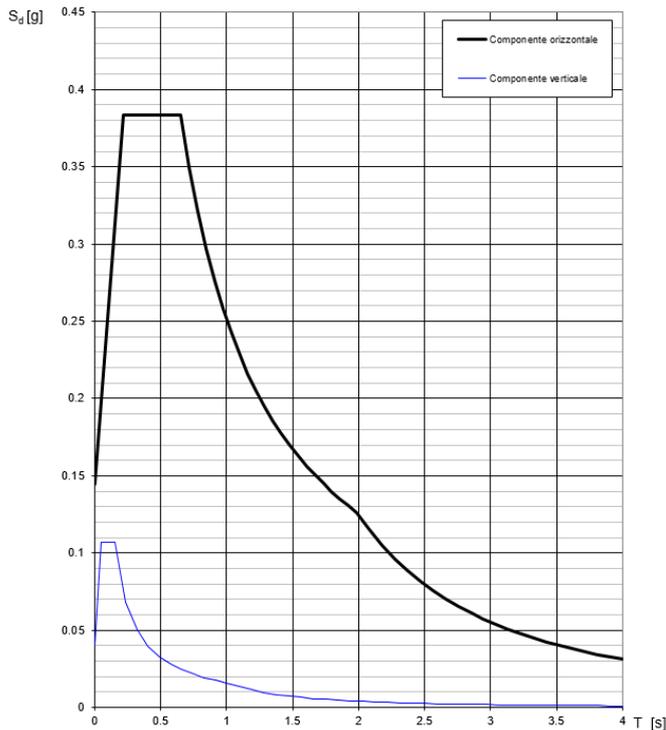
— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

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

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



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

**Parametri indipendenti**

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

**Parametri dipendenti**

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

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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  $q$  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>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	<b>OPERE CIVILI</b>					
Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B	FOGLIO 25 di 71



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

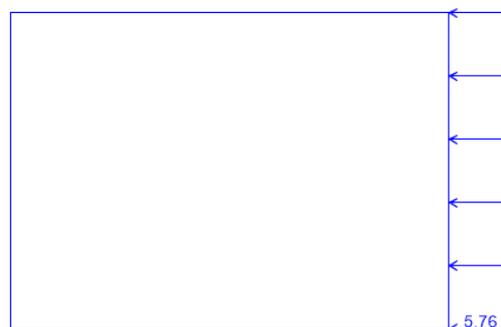


Fig. 9 – Sovrappinta sismica.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	26 di 71

## 8.9 Ritiro del calcestruzzo

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

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

Calcolo della deformazione di ritiro

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

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

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

## 8.10 Variazione termica

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

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	27 di 71

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	28 di 71

## 9 COMBINAZIONE DEI CARICHI

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

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



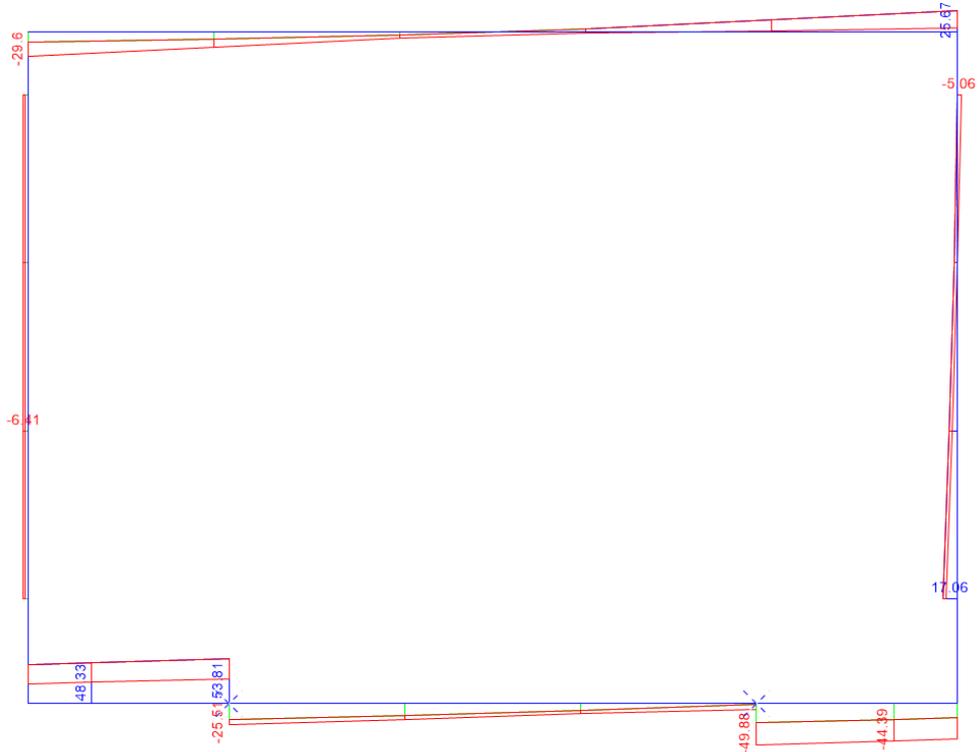


Fig. 11 – Taglio enve-SLU.

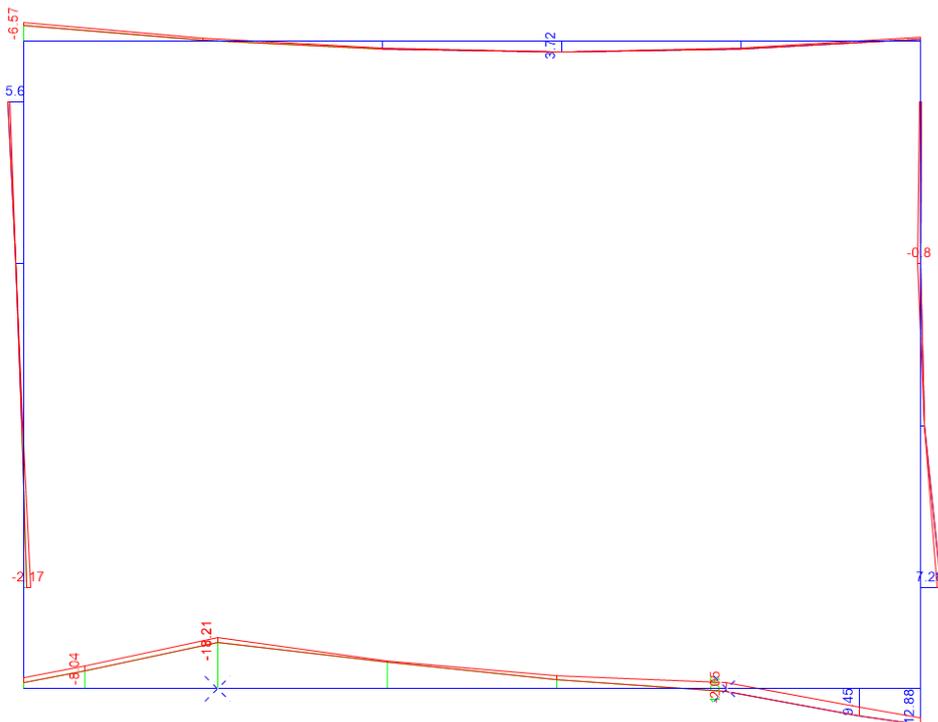


Fig. 12 – Momento flettente enve-SLV.

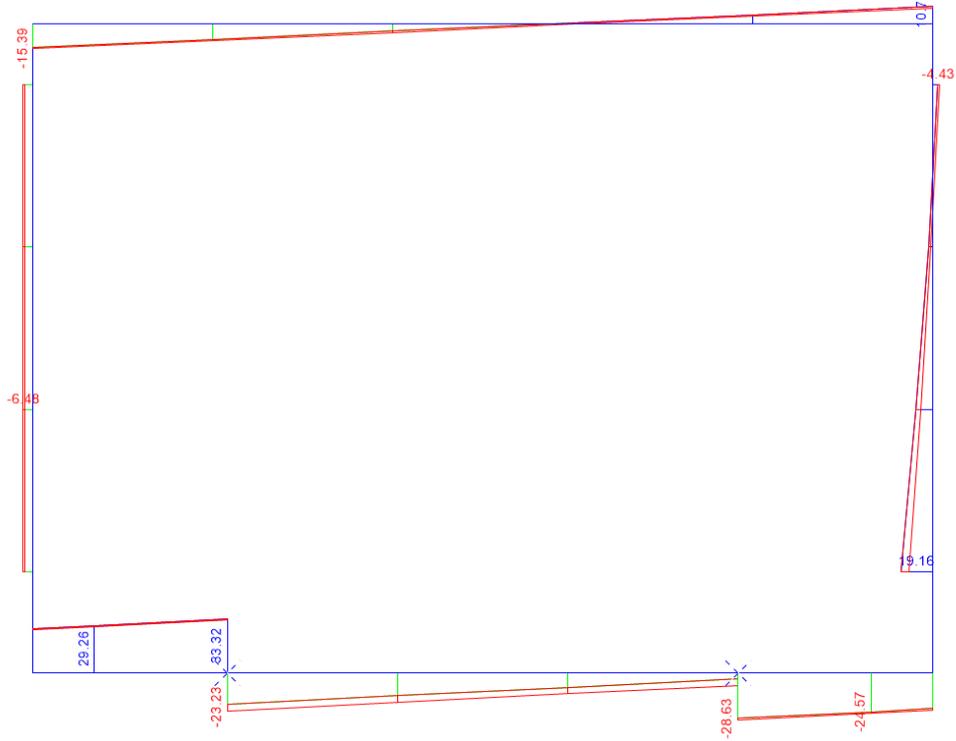


Fig. 13 – Taglio enve-SLV.

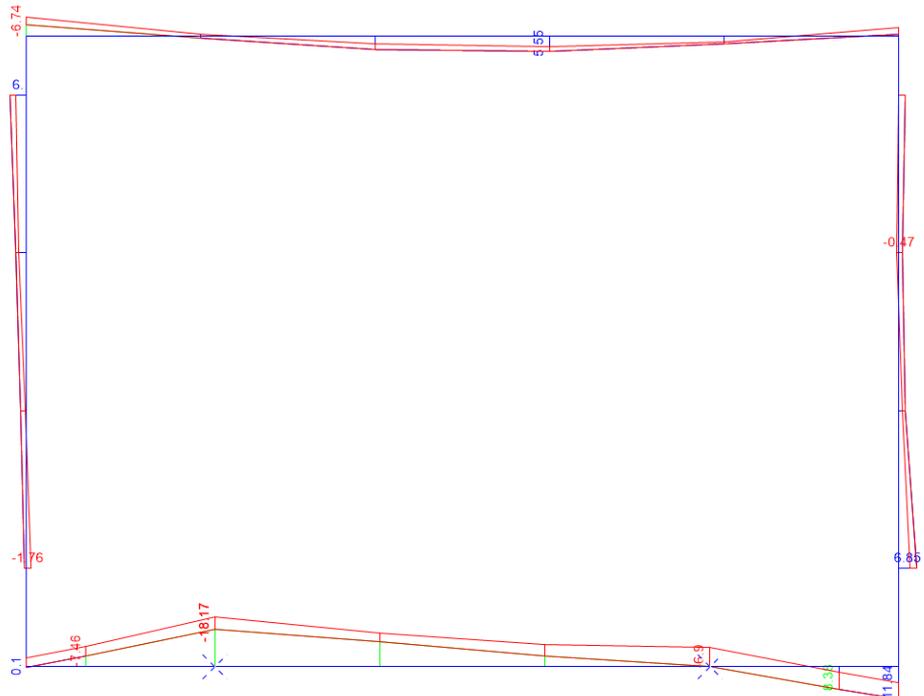


Fig. 14 – Momento flettente enve-SLE.

## 10.1 Verifiche piedritti

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-20.03	19.16	<b>7.28</b>	65	0.25	sis1_nl
M3	min		-25.51	-6.48	<b>-2.17</b>	63	0.25	sis1_nl
V2	max		-20.03	<b>19.16</b>	7.28	65	0.25	sis1_nl
V2	min		-25.51	<b>-6.48</b>	-2.17	63	0.25	sis1_nl
P	max		<b>-11.03</b>	-4.43	-0.27	65	1.45	sis1_nl
P	min		<b>-25.51</b>	-6.48	-2.17	63	0.25	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-31.12	-6.35	<b>8.25</b>	63	1.45	slu2_nl
M3	min		-21.80	-5.30	<b>-2.37</b>	63	0.25	slu3_nl
V2	max		-21.37	<b>17.06</b>	7.53	65	0.25	slu6_nl
V2	min		-36.84	<b>-6.41</b>	-0.07	63	0.25	slu7_nl
P	max		<b>-5.94</b>	-0.95	-1.52	65	1.45	slu3_nl
P	min		<b>-43.26</b>	-6.35	0.63	63	0.25	slu2_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-21.98	-4.94	<b>6.00</b>	63	1.45	rar1_nl
M3	min		-24.38	-4.08	<b>-0.41</b>	63	0.25	rar2_nl
V2	max		-21.16	<b>12.33</b>	5.30	65	0.25	rar2_nl
V2	min		-30.98	<b>-4.94</b>	0.08	63	0.25	rar1_nl
P	max		<b>-12.16</b>	-3.05	1.01	65	1.45	rar2_nl
P	min		<b>-30.98</b>	-4.94	0.08	63	0.25	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-21.16	12.33	<b>5.30</b>	65	0.25	fre1_nl
M3	min		-24.38	-4.08	<b>-0.41</b>	63	0.25	fre1_nl
V2	max		-21.16	<b>12.33</b>	5.30	65	0.25	fre1_nl
V2	min		-24.38	<b>-4.08</b>	-0.41	63	0.25	fre1_nl
P	max		<b>-12.16</b>	-3.05	1.01	65	1.45	fre1_nl
P	min		<b>-24.38</b>	-4.08	-0.41	63	0.25	fre1_nl

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	-20.26	17.15	<b>6.85</b>	65	0.25	qpe2_nl
M3	min		-25.28	-5.94	<b>-1.76</b>	63	0.25	qpe2_nl
V2	max		-20.26	<b>17.15</b>	6.85	65	0.25	qpe2_nl
V2	min		-25.28	<b>-5.94</b>	-1.76	63	0.25	qpe2_nl
P	max		<b>-11.27</b>	-4.01	-0.01	65	1.45	qpe2_nl
P	min		<b>-25.28</b>	-5.94	-1.76	63	0.25	qpe2_nl



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	34 di 71

### 10.1.1 Verifica in condizioni statiche

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

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla 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>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

**Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	35 di 71

MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	3112	825	0	0
2	2180	-237	0	0
3	2137	753	0	0
4	3684	-7	0	0
5	594	-152	0	0
6	4326	63	0	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	2198	600
2	2438	-41
3	2116	530
4	3098	8
5	1216	101
6	3098	8

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

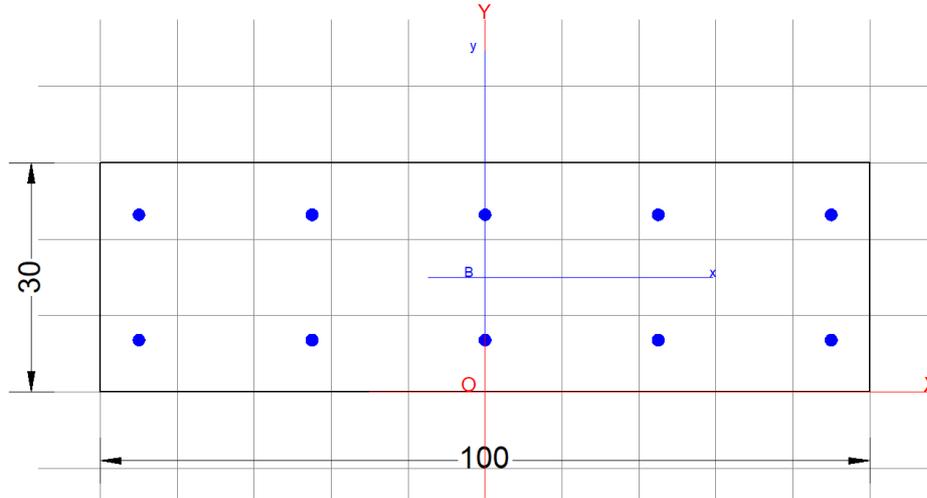
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2026	685 (5556)
2	2528	-176 (-16431)
3	2026	685 (5556)
4	2528	-176 (-16431)
5	1127	-1 (0)
6	2528	-176 (-16431)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	1806	668 (5475)
2	2308	-193 (-11631)
3	1806	668 (5475)
4	2308	-193 (-11631)
5	907	-52 (-34835)
6	2308	-193 (-11631)



## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	3112	825	3113	9942	12.051	25.0	0.21	0.71	20.1 (3.9)
2	S	2180	-237	2177	-9855	41.583	4.9	0.21	0.71	20.1 (3.9)
3	S	2137	753	2134	9851	13.083	25.1	0.21	0.71	20.1 (3.9)
4	S	3684	-7	3706	-9998	1428.238	5.0	0.21	0.71	20.1 (3.9)
5	S	594	-152	591	-9707	63.862	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
6	S	4326	63	4297	10053	159.566	25.0	0.22	0.71	20.1 (3.9)

## 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.)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	37 di 71

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	30.0	-0.00129	23.2	-0.01285	6.8
2	0.00350	0.0	-0.00132	6.8	-0.01295	23.2
3	0.00350	30.0	-0.00132	23.2	-0.01295	6.8
4	0.00350	0.0	-0.00128	6.8	-0.01280	23.2
5	0.00350	0.0	-0.00137	6.8	-0.01310	23.2
6	0.00350	30.0	-0.00126	23.2	-0.01274	6.8

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

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

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+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	7.8	30.0	0.0	20.7	-173	23.2	6.9	689	10.1	21.6
2	S	1.0	0.0	0.5	30.0	9	6.8	0.0	0	0.0	0.0
3	S	6.8	30.0	0.0	20.4	-145	23.2	6.8	680	10.1	21.6
4	S	1.0	30.0	0.9	0.0	14	23.2	0.0	0	0.0	0.0
5	S	1.1	30.0	0.0	8.6	-2	23.2	3.0	304	10.1	21.6
6	S	1.0	30.0	0.9	0.0	14	23.2	0.0	0	0.0	0.0

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00013	0.00006	0.50	0.60	0.000052 (0.000052)	390	0.020 (0.20)	5793
2	S	0.00001	0.00000	---	---	---	---	---	0
3	S	-0.00011	0.00005	0.50	0.60	0.000043 (0.000043)	388	0.017 (0.20)	5911
4	S	0.00001	0.00001	---	---	---	---	---	0
5	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	286	0.000 (0.20)	11746
6	S	0.00001	0.00001	---	---	---	---	---	0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	38 di 71

1	S	9.0	30.0	0.0	21.2	-222	23.2	7.1	707	10.1	21.6
2	S	1.8	0.0	0.0	25.7	1	6.8	1.9	189	10.1	21.6
3	S	9.0	30.0	0.0	21.2	-222	23.2	7.1	707	10.1	21.6
4	S	1.8	0.0	0.0	25.7	1	6.8	1.9	189	10.1	21.6
5	S	0.3	0.0	0.3	30.0	5	6.8	0.0	0	0.0	0.0
6	S	1.8	0.0	0.0	25.7	1	6.8	1.9	189	10.1	21.6

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00016	0.00007	0.50	0.60	0.000067 (0.000067)	395	0.026 (0.20)	5556
2	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	255	0.000 (0.20)	-16431
3	S	-0.00016	0.00007	0.50	0.60	0.000067 (0.000067)	395	0.026 (0.20)	5556
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	255	0.000 (0.20)	-16431
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
6	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000000 (0.000000)	255	0.000 (0.20)	-16431

**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	8.8	30.0	0.0	21.4	-225	23.2	7.1	714	10.1	21.6
2	S	2.0	0.0	0.0	21.3	-4	6.8	3.1	308	10.1	21.6
3	S	8.8	30.0	0.0	21.4	-225	23.2	7.1	714	10.1	21.6
4	S	2.0	0.0	0.0	21.3	-4	6.8	3.1	308	10.1	21.6
5	S	0.6	0.0	0.0	28.0	1	6.8	0.8	77	10.1	21.6
6	S	2.0	0.0	0.0	21.3	-4	6.8	3.1	308	10.1	21.6

**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	-0.00016	0.00007	0.50	0.40	0.000067 (0.000067)	397	0.027 (0.20)	5475
2	S	-0.00001	0.00002	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	287	0.000 (0.20)	-11631
3	S	-0.00016	0.00007	0.50	0.40	0.000067 (0.000067)	397	0.027 (0.20)	5475
4	S	-0.00001	0.00002	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	287	0.000 (0.20)	-11631
5	S	0.00000	0.00000	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	225	0.000 (0.20)	-34835
6	S	-0.00001	0.00002	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	287	0.000 (0.20)	-11631

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	17.06 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	17.40 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

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

Altezza sezione

$h$	300 mm
-----	--------

Copriferro

$c$	68 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	232 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	300000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n 5

$\emptyset$	16 mm
-------------	-------

$A_{sl}$	1004.8 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0043 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

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

$k$	1.93 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

$v_{\min}$	0.30
------------	------

$V_{Rd}$	127.21 kN
----------	-----------

**Verifica:**

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

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	40 di 71

### 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: 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>
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:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

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

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	2003	728	0	0
2	2551	-217	0	0
3	2003	728	0	0
4	2551	-217	0	0



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	41 di 71

5	1103	-27	0	0
6	2551	-217	0	0

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	14.8	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) 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	2003	728	2013	8439	11.593	23.1	0.30	0.81	10.1 (3.9)
2	S	2551	-217	2556	-8499	39.164	6.9	0.30	0.81	10.1 (3.9)
3	S	2003	728	2013	8439	11.593	23.1	0.30	0.81	10.1 (3.9)
4	S	2551	-217	2556	-8499	39.164	6.9	0.30	0.81	10.1 (3.9)
5	S	1103	-27	1106	-8340	308.901	6.8	0.29	0.81	20.1 (3.9)
6	S	2551	-217	2556	-8499	39.164	6.9	0.30	0.81	10.1 (3.9)

### 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	0.00082	30.0	0.00001	23.2	-0.00196	6.8
2	0.00083	0.0	0.00001	6.8	-0.00196	23.2
3	0.00082	30.0	0.00001	23.2	-0.00196	6.8
4	0.00083	0.0	0.00001	6.8	-0.00196	23.2
5	0.00081	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2
6	0.00083	0.0	0.00001	6.8	-0.00196	23.2

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	19.16 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	17.40 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

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

Altezza sezione

$h$	300 mm
-----	--------

Copriferro

$c$	68 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	232 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	300000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n 5

$\emptyset$	16 mm
-------------	-------

$A_{sl}$	1004.8 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0043 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

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

$k$	1.93 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

$v_{\min}$	0.30
------------	------

$V_{Rd}$	127.21 kN
----------	-----------

**Verifica:**

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

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)  
 OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	43 di 71

### 10.1.3 Riepilogo verifiche

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
ARMATURA	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		SOLLECITAZIONI RESISTENTI		FS
	$N_{ED}$ (KN)	$M_{ED}$ (KNm)	$N_{RES}$ (KN)	$M_{RES}$ (KNm)	
5+5 $\Phi$ 16	20.03	7.28	20.13	84.39	11.5

VERIFICA A TAGLIO			
$V_{ED}$ (KN)	$V_{RD}$ (KN)	FS	ARMATURA A TAGLIO
19.16	127.21	6.6	NO

VERIFICA A FESSURAZIONE		
Mfess (KNm)	Apertura fessure (mm)	Apertura limite (mm)
54.75	0.027	0.2

TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI			
$S_{c_{MAX}}$ cls	$S_{c_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) cls	$S_{f_{MIN}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio	$S_{f_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio
0.078	1.65	1.73	33.75

## 10.1 Verifiche soletta inferiore

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-32.30	-23.78	<b>9.45</b>	5	1.90	sis1_nl
M3	min		6.48	33.32	<b>-18.21</b>	5	0.33	sis1_nl
V2	max		6.48	<b>33.32</b>	-18.21	5	0.33	sis1_nl
V2	min		-26.32	<b>-28.63</b>	-2.05	5	1.58	sis2_nl
P	max		<b>6.48</b>	29.26	-8.04	5	0.00	sis1_nl
P	min		<b>-32.30</b>	-27.84	1.06	5	1.58	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-28.98	-18.69	<b>9.08</b>	5	1.90	slu3_nl
M3	min		6.35	53.81	<b>-24.62</b>	5	0.33	slu2_nl
V2	max		6.35	<b>53.81</b>	-24.62	5	0.33	slu2_nl
V2	min		-24.93	<b>-49.88</b>	-10.38	5	1.58	slu2_nl
P	max		<b>6.41</b>	40.58	-7.62	5	0.00	slu7_nl
P	min		<b>-29.04</b>	-31.91	-0.80	5	1.58	slu6_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-23.76	-24.91	<b>5.37</b>	5	1.90	rar2_nl
M3	min		4.94	38.79	<b>-18.17</b>	5	0.33	rar1_nl
V2	max		4.94	<b>38.79</b>	-18.17	5	0.33	rar1_nl
V2	min		-22.90	<b>-35.57</b>	-6.25	5	1.58	rar1_nl
P	max		<b>4.94</b>	34.73	-6.23	5	0.00	rar1_nl
P	min		<b>-23.76</b>	-28.97	-3.38	5	1.58	rar2_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-23.76	-24.91	<b>5.37</b>	5	1.90	fre1_nl
M3	min		4.08	32.19	<b>-15.31</b>	5	0.33	fre1_nl
V2	max		4.08	<b>32.19</b>	-15.31	5	0.33	fre1_nl
V2	min		-7.27	<b>-29.56</b>	-6.90	5	1.58	fre3_nl
P	max		<b>4.08</b>	28.13	-5.51	5	0.00	fre1_nl
P	min		<b>-23.76</b>	-28.97	-3.38	5	1.58	fre1_nl

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	-28.14	-24.01	<b>8.38</b>	5	1.90	qpe2_nl
M3	min		5.94	33.09	<b>-17.55</b>	5	0.33	qpe2_nl
V2	max		5.94	<b>33.09</b>	-17.55	5	0.33	qpe2_nl
V2	min		-23.76	<b>-28.97</b>	-3.38	5	1.58	qpe1_nl
P	max		<b>5.94</b>	29.03	-7.46	5	0.00	qpe2_nl
P	min		<b>-28.14</b>	-28.07	-0.09	5	1.58	qpe2_nl



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	45 di 71

### 10.1.1 Verifica in condizioni statiche

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

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla 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>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

**Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	46 di 71

MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	2898	908	0	0
2	-635	-2462	0	0
3	-635	-2462	0	0
4	2493	-1038	0	0
5	-641	-762	0	0
6	2904	-80	0	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	2376	537
2	-494	-1817
3	-494	-1817
4	2290	-625
5	-494	-623
6	2376	-338

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

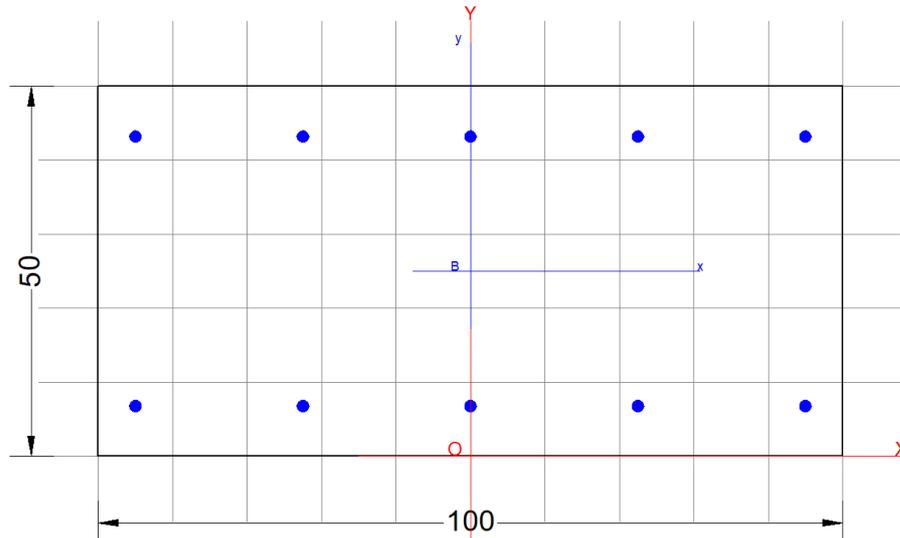
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2376	537 (21396)
2	-408	-1531 (-12945)
3	-408	-1531 (-12945)
4	727	-690 (-14564)
5	-408	-551 (-12448)
6	2376	-338 (-33563)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	2814	838 (18631)
2	-594	-1755 (-12867)
3	-594	-1755 (-12867)
4	2376	-338 (-33563)
5	-594	-746 (-12392)
6	2814	-9 (0)



## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.9 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	2898	908	2904	18081	19.913	45.0	0.11	0.70	20.1 (7.2)
2	S	-635	-2462	-629	-17398	7.066	4.9	0.11	0.70	20.1 (7.2)
3	S	-635	-2462	-629	-17398	7.066	4.9	0.11	0.70	20.1 (7.2)
4	S	2493	-1038	2495	-18002	17.343	4.9	0.11	0.70	20.1 (7.2)
5	S	-641	-762	-629	-17398	22.831	4.9	0.11	0.70	20.1 (7.2)
6	S	2904	-80	2904	-18081	226.011	5.0	0.11	0.70	20.1 (7.2)

### 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.)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	48 di 71

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	50.0	-0.00130	43.2	-0.02699	6.8
2	0.00350	0.0	-0.00140	6.8	-0.02763	43.2
3	0.00350	0.0	-0.00140	6.8	-0.02763	43.2
4	0.00350	0.0	-0.00131	6.8	-0.02706	43.2
5	0.00350	0.0	-0.00140	6.8	-0.02763	43.2
6	0.00350	0.0	-0.00130	6.8	-0.02699	43.2

**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	2.2	50.0	0.0	27.5	-32	43.2	9.3	932	10.1	21.6
2	S	8.7	0.0	0.0	9.2	-480	6.8	13.6	1360	10.1	21.6
3	S	8.7	0.0	0.0	9.2	-480	6.8	13.6	1360	10.1	21.6
4	S	2.7	0.0	0.0	19.3	-53	6.8	10.4	1040	10.1	21.6
5	S	2.9	0.0	0.0	8.5	-181	6.8	13.8	1385	10.1	21.6
6	S	1.2	0.0	0.0	40.1	-4	6.8	4.7	469	10.1	21.6

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

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00002	0.50	0.60	0.000010 (0.000010)	456	0.004 (0.20)	21396
2	S	-0.00029	0.00007	0.50	0.60	0.000144 (0.000144)	572	0.082 (0.20)	-12939
3	S	-0.00029	0.00007	0.50	0.60	0.000144 (0.000144)	572	0.082 (0.20)	-12939
4	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000016 (0.000016)	485	0.008 (0.20)	-19348
5	S	-0.00011	0.00002	0.50	0.60	0.000054 (0.000054)	579	0.031 (0.20)	-12396
6	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	331	0.000 (0.20)	-33563

**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
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	49 di 71

1	S	2.2	50.0	0.0	27.5	-32	43.2	9.3	932	10.1	21.6
2	S	7.3	0.0	0.0	9.2	-404	6.8	13.6	1359	10.1	21.6
3	S	7.3	0.0	0.0	9.2	-404	6.8	13.6	1359	10.1	21.6
4	S	3.4	0.0	0.0	12.0	-137	6.8	12.8	1283	10.1	21.6
5	S	2.6	0.0	0.0	8.5	-159	6.8	13.8	1383	10.1	21.6
6	S	1.2	0.0	0.0	40.1	-4	6.8	4.7	469	10.1	21.6

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00002	0.00002	0.50	0.60	0.000010 (0.000010)	456	0.004 (0.20)	21396
2	S	-0.00024	0.00005	0.50	0.60	0.000121 (0.000121)	572	0.069 (0.20)	-12945
3	S	-0.00024	0.00005	0.50	0.60	0.000121 (0.000121)	572	0.069 (0.20)	-12945
4	S	-0.00008	0.00002	0.50	0.60	0.000041 (0.000041)	551	0.023 (0.20)	-14564
5	S	-0.00010	0.00002	0.50	0.60	0.000048 (0.000048)	578	0.028 (0.20)	-12448
6	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	331	0.000 (0.20)	-33563

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.7	50.0	0.0	32.3	-81	43.2	10.8	1079	10.1	21.6
2	S	8.4	0.0	0.0	9.1	-470	6.8	13.6	1363	10.1	21.6
3	S	8.4	0.0	0.0	9.1	-470	6.8	13.6	1363	10.1	21.6
4	S	1.2	0.0	0.0	40.1	-4	6.8	4.7	469	10.1	21.6
5	S	3.5	0.0	0.0	8.5	-217	6.8	13.9	1385	10.1	21.6
6	S	0.6	0.0	0.5	50.0	8	6.8	0.0	308	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	-0.00005	0.00003	0.50	0.40	0.000024 (0.000024)	496	0.012 (0.20)	18631
2	S	-0.00028	0.00006	0.50	0.40	0.000141 (0.000141)	573	0.081 (0.20)	-12867
3	S	-0.00028	0.00006	0.50	0.40	0.000141 (0.000141)	573	0.081 (0.20)	-12867
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.40	0.000001 (0.000001)	331	0.000 (0.20)	-33563
5	S	-0.00013	0.00003	0.50	0.40	0.000065 (0.000065)	579	0.038 (0.20)	-12392
6	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>53.81</b> kN
$N_{Ed}$	<b>0</b> kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$	<b>37</b> N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	17.40 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

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

Altezza sezione

$h$	<b>500</b> mm
-----	---------------

Copriferro

$c$	<b>68</b> mm
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>1000</b> mm
-------	----------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	432 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	500000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

$n$  **5**

$\emptyset$	<b>16</b> mm
-------------	--------------

$A_{sl}$	1004.8 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0023 ≤ 0.02	<b>ok</b>
----------	---------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	<b>ok</b>
---------------	-----------------------	-----------

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

$k$	1.68 ≤ 2	<b>ok</b>
-----	----------	-----------

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

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

$V_{Rd}$	167.77 kN
----------	-----------

**Verifica:**

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

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	51 di 71

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

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

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

N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	3230	945	0	0
2	-648	-1821	0	0
3	-648	-1821	0	0
4	2632	-205	0	0
5	-648	-804	0	0
6	3230	106	0	0



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**  
**TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	52 di 71

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.9 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	3230	945	3248	16328	17.278	40.6	0.22	0.71	10.1 (7.2)
2	S	-648	-1821	-667	-15542	8.535	9.0	0.21	0.70	10.1 (7.2)
3	S	-648	-1821	-667	-15542	8.535	9.0	0.21	0.70	10.1 (7.2)
4	S	2632	-205	2636	-16206	79.052	9.3	0.22	0.71	10.1 (7.2)
5	S	-648	-804	-667	-15542	19.330	9.0	0.21	0.70	10.1 (7.2)
6	S	3230	106	3248	16328	154.035	40.6	0.22	0.71	10.1 (7.2)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00054	50.0	0.00015	43.2	-0.00196	6.8
2	0.00052	0.0	0.00013	6.8	-0.00196	43.2
3	0.00052	0.0	0.00013	6.8	-0.00196	43.2
4	0.00054	0.0	0.00015	6.8	-0.00196	43.2
5	0.00052	0.0	0.00013	6.8	-0.00196	43.2
6	0.00054	50.0	0.00015	43.2	-0.00196	6.8

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>33.32</b> kN
$N_{Ed}$	<b>0</b> kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$	<b>37</b> N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	$f_{cd}$ 17.40 N/mm <sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

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

Altezza sezione

$h$	<b>500</b> mm
-----	---------------

Copriferro

$c$	<b>68</b> mm
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>1000</b> mm
-------	----------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	432 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	500000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

 n **5**

$\emptyset$	<b>16</b> mm
-------------	--------------

$A_{sl}$	1004.8 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0023 ≤ 0.02	<b>ok</b>
----------	---------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	<b>ok</b>
---------------	-----------------------	-----------

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

$k$	1.68 ≤ 2	<b>ok</b>
-----	----------	-----------

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

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

$V_{Rd}$	167.77 kN
----------	-----------

**Verifica:**

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

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	54 di 71

### 10.1.3 Riepilogo verifiche

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
ARMATURA	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		SOLLECITAZIONI RESISTENTI		FS
	$N_{ED}$ (KN)	$M_{ED}$ (KNm)	$N_{RES}$ (KN)	$M_{RES}$ (KNm)	
5+5 $\Phi$ 16	6.35	24.62	6.29	173.98	7.06

VERIFICA A TAGLIO			
$V_{ED}$ (KN)	$V_{RD}$ (KN)	FS	ARMATURA A TAGLIO
53.81	167.77	3.11	NO

VERIFICA A FESSURAZIONE		
Mfess (KNm)	Apertura fessure (mm)	Apertura limite (mm)
186.31	0.081	0.2

TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI			
$S_{cMAX}$ cls	$S_{cLIM}$ (KN/m <sup>2</sup> ) cls	$S_{fMIN}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio	$S_{fLIM}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio
0.084	1.65	4.7	33.75

## 10.2 Verifica soletta superiore

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-6.48	-0.21	<b>3.72</b>	1	1.32	sis1_nl
M3	min		-6.48	-15.39	<b>-6.57</b>	1	0.00	sis1_nl
V2	max		-4.80	<b>10.70</b>	-1.25	1	2.20	sis2_nl
V2	min		-6.48	<b>-15.39</b>	-6.57	1	0.00	sis1_nl
P	max		<b>-4.80</b>	-14.60	-5.54	1	0.00	sis2_nl
P	min		<b>-6.48</b>	-15.39	-6.57	1	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-6.35	3.56	<b>7.98</b>	1	1.32	slu2_nl
M3	min		-6.35	-29.60	<b>-9.20</b>	1	0.00	slu2_nl
V2	max		-6.35	<b>25.67</b>	-4.88	1	2.20	slu2_nl
V2	min		-6.35	<b>-29.60</b>	-9.20	1	0.00	slu2_nl
P	max		<b>-1.49</b>	-14.21	-6.44	1	0.00	slu1_nl
P	min		<b>-6.41</b>	-26.71	-8.58	1	0.00	slu7_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-4.94	2.24	<b>5.55</b>	1	1.32	rar1_nl
M3	min		-4.94	-20.86	<b>-6.74</b>	1	0.00	rar1_nl
V2	max		-4.94	<b>17.64</b>	-3.20	1	2.20	rar1_nl
V2	min		-4.94	<b>-20.86</b>	-6.74	1	0.00	rar1_nl
P	max		<b>-3.78</b>	-14.14	-4.92	1	0.00	rar4_nl
P	min		<b>-4.94</b>	-20.86	-6.74	1	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-2.58	1.51	<b>3.80</b>	1	1.32	fre3_nl
M3	min		-4.08	-14.26	<b>-5.09</b>	1	0.00	fre1_nl
V2	max		-2.58	<b>11.63</b>	-1.99	1	2.20	fre3_nl
V2	min		-4.08	<b>-14.26</b>	-5.09	1	0.00	fre1_nl
P	max		<b>-2.58</b>	-13.66	-4.22	1	0.00	fre3_nl
P	min		<b>-4.08</b>	-14.26	-5.09	1	0.00	fre1_nl

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	-5.94	0.02	<b>3.74</b>	1	1.32	qpe2_nl
M3	min		-5.94	-15.15	<b>-6.25</b>	1	0.00	qpe2_nl
V2	max		-4.08	<b>11.04</b>	-1.55	1	2.20	qpe1_nl
V2	min		-5.94	<b>-15.15</b>	-6.25	1	0.00	qpe2_nl
P	max		<b>-4.08</b>	-14.26	-5.09	1	0.00	qpe1_nl
P	min		<b>-5.94</b>	-15.15	-6.25	1	0.00	qpe2_nl



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	56 di 71

### 10.2.1 Verifica in condizioni statiche

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

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	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>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	57 di 71

MT	Momento torcente [daN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	635	798	0	0
2	635	-920	0	0
3	635	-488	0	0
4	635	-920	0	0
5	149	-644	0	0
6	641	-858	0	0

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	494	555
2	494	-674
3	494	-320
4	494	-674
5	378	-492
6	494	-674

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

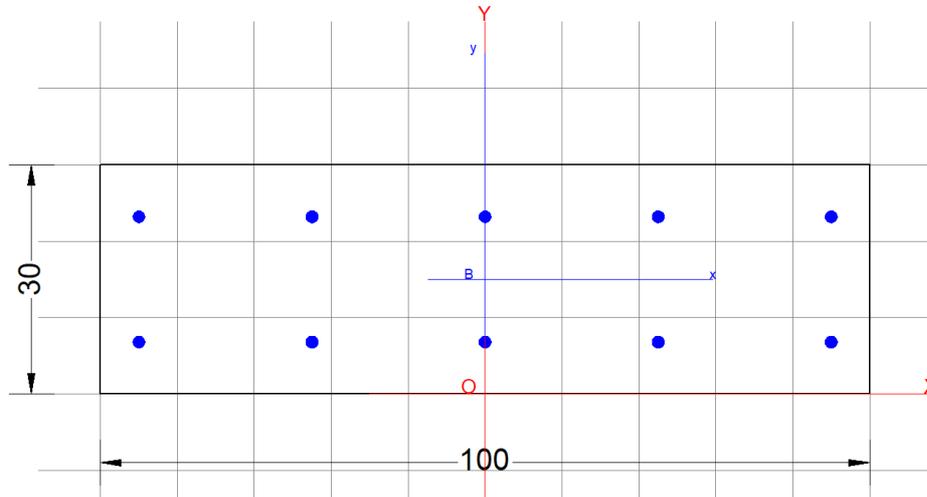
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	258	380 (4907)
2	408	-509 (-4938)
3	258	-199 (-5067)
4	408	-509 (-4938)
5	258	-422 (-4890)
6	408	-509 (-4938)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	594	374 (5147)
2	594	-625 (-4976)
3	408	-155 (-5453)
4	594	-625 (-4976)
5	408	-509 (-4938)
6	594	-625 (-4976)



## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	635	798	634	9711	12.169	25.1	0.21	0.70	20.1 (3.9)
2	S	635	-920	634	-9711	10.556	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
3	S	635	-488	634	-9711	19.900	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
4	S	635	-920	634	-9711	10.556	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
5	S	149	-644	160	-9667	15.011	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
6	S	641	-858	634	-9711	11.318	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)

### 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
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	59 di 71

1	0.00350	30.0	-0.00136	23.2	-0.01310	6.8
2	0.00350	0.0	-0.00136	6.8	-0.01310	23.2
3	0.00350	0.0	-0.00136	6.8	-0.01310	23.2
4	0.00350	0.0	-0.00136	6.8	-0.01310	23.2
5	0.00350	0.0	-0.00138	6.8	-0.01314	23.2
6	0.00350	0.0	-0.00136	6.8	-0.01310	23.2

**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	7.5	30.0	0.0	22.6	-239	23.2	7.5	752	10.1	21.6
2	S	9.3	0.0	0.0	7.5	-296	6.8	7.5	755	10.1	21.6
3	S	4.4	0.0	0.0	8.0	-127	6.8	7.4	739	10.1	21.6
4	S	9.3	0.0	0.0	7.5	-296	6.8	7.5	755	10.1	21.6
5	S	6.8	0.0	0.0	7.5	-215	6.8	7.5	754	10.1	21.6
6	S	9.3	0.0	0.0	7.5	-296	6.8	7.5	755	10.1	21.6

**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	-0.00017	0.00006	0.50	0.60	0.000072 (0.000072)	407	0.029 (0.20)	4961
2	S	-0.00021	0.00007	0.50	0.60	0.000089 (0.000089)	408	0.036 (0.20)	-4921
3	S	-0.00009	0.00003	0.50	0.60	0.000038 (0.000038)	404	0.015 (0.20)	-5135
4	S	-0.00021	0.00007	0.50	0.60	0.000089 (0.000089)	408	0.036 (0.20)	-4921
5	S	-0.00015	0.00005	0.50	0.60	0.000064 (0.000064)	408	0.026 (0.20)	-4930
6	S	-0.00021	0.00007	0.50	0.60	0.000089 (0.000089)	408	0.036 (0.20)	-4921

**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	5.2	30.0	0.0	22.7	-168	23.2	7.6	756	10.1	21.6
2	S	7.0	0.0	0.0	7.5	-221	6.8	7.5	754	10.1	21.6



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	60 di 71

3	S	2.6	0.0	0.0	9.6	-80	6.8	7.4	739	10.1	21.6
4	S	7.0	0.0	0.0	7.5	-221	6.8	7.5	754	10.1	21.6
5	S	5.8	0.0	0.0	7.4	-188	6.8	7.6	757	10.1	21.6
6	S	7.0	0.0	0.0	7.5	-221	6.8	7.5	754	10.1	21.6

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00012	0.00004	0.50	0.60	0.000050 (0.000050)	409	0.021 (0.20)	4907
2	S	-0.00016	0.00005	0.50	0.60	0.000066 (0.000066)	408	0.027 (0.20)	-4938
3	S	-0.00006	0.00002	0.50	0.60	0.000024 (0.000024)	404	0.010 (0.20)	-5067
4	S	-0.00016	0.00005	0.50	0.60	0.000066 (0.000066)	408	0.027 (0.20)	-4938
5	S	-0.00013	0.00004	0.50	0.60	0.000056 (0.000056)	409	0.023 (0.20)	-4890
6	S	-0.00016	0.00005	0.50	0.60	0.000066 (0.000066)	408	0.027 (0.20)	-4938

**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	5.0	30.0	0.0	22.1	-147	23.2	7.4	738	10.1	21.6
2	S	8.6	0.0	0.0	7.6	-267	6.8	7.5	751	10.1	21.6
3	S	1.9	0.0	0.0	10.6	-52	6.8	7.1	710	10.1	21.6
4	S	8.6	0.0	0.0	7.6	-267	6.8	7.5	751	10.1	21.6
5	S	7.0	0.0	0.0	7.5	-221	6.8	7.5	754	10.1	21.6
6	S	8.6	0.0	0.0	7.6	-267	6.8	7.5	751	10.1	21.6

**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	-0.00011	0.00004	0.50	0.40	0.000044 (0.000044)	404	0.018 (0.20)	5147
2	S	-0.00019	0.00006	0.50	0.40	0.000080 (0.000080)	407	0.033 (0.20)	-4976
3	S	-0.00004	0.00002	0.50	0.40	0.000015 (0.000015)	396	0.006 (0.20)	-5453
4	S	-0.00019	0.00006	0.50	0.40	0.000080 (0.000080)	407	0.033 (0.20)	-4976
5	S	-0.00016	0.00005	0.50	0.40	0.000066 (0.000066)	408	0.027 (0.20)	-4938
6	S	-0.00019	0.00006	0.50	0.40	0.000080 (0.000080)	407	0.033 (0.20)	-4976

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$  25.67 kN

$N_{Ed}$  0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$  37 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  30.71 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$  17.40 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$  1.5

Altezza sezione

$h$  300 mm

Copriferro

$c$  68 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$  1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$  232 mm

Area Calcestruzzo

$A_c$  300000 mm<sup>2</sup>

Armatura longitudinale tesa

$n$  5

$\emptyset$  16 mm

$A_{sl}$  1004.8 mm<sup>2</sup>

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$  0.0043 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$  0.0000 ≤ 0.2  $f_{cd}$  **ok**

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

$k$  1.93 ≤ 2 **ok**

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

$v_{\min}$  0.30

$V_{Rd}$  127.21 kN

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	62 di 71

## 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:	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>
	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:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

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

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

N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	648	372	0	0
2	648	-657	0	0
3	480	-125	0	0
4	648	-657	0	0
5	480	-554	0	0
6	648	-657	0	0



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**OPERE CIVILI**

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	63 di 71

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	648	372	650	8291	22.287	23.2	0.29	0.80	20.1 (3.9)
2	S	648	-657	650	-8291	12.619	6.8	0.29	0.80	20.1 (3.9)
3	S	480	-125	468	-8271	66.165	6.8	0.29	0.80	20.1 (3.9)
4	S	648	-657	650	-8291	12.619	6.8	0.29	0.80	20.1 (3.9)
5	S	480	-554	468	-8271	14.929	6.8	0.29	0.80	20.1 (3.9)
6	S	648	-657	650	-8291	12.619	6.8	0.29	0.80	20.1 (3.9)

**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	0.00081	30.0	0.00000	23.2	-0.00196	6.8
2	0.00081	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2
3	0.00080	0.0	-0.00001	6.8	-0.00196	23.2
4	0.00081	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2
5	0.00080	0.0	-0.00001	6.8	-0.00196	23.2
6	0.00081	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

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

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

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	15.39 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C30/37**

$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	$f_{cd}$ 17.40 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

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

Altezza sezione

$h$	300 mm
-----	--------

Copriferro

$c$	68 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

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

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	232 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	300000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale tesa

n 5

$\emptyset$	16 mm
-------------	-------

$A_{sl}$	1004.8 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0043 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

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

$k$	1.93 ≤ 2	ok
-----	----------	----

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

$v_{\min}$	0.30
------------	------

$V_{Rd}$	127.21 kN
----------	-----------

**Verifica:**

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

**VERIFICATA**

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE CIVILI

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	65 di 71

### 10.2.3 Riepilogo verifiche

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
ARMATURA	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		SOLLECITAZIONI RESISTENTI		FS
	$N_{ED}$ (KN)	$M_{ED}$ (KNm)	$N_{RES}$ (KN)	$M_{RES}$ (KNm)	
5+5 $\Phi$ 16	6.35	9.2	6.34	97.11	10.55

VERIFICA A TAGLIO			
$V_{ED}$ (KN)	$V_{RD}$ (KN)	FS	ARMATURA A TAGLIO
25.67	127.21	4.9	NO

VERIFICA A FESSURAZIONE		
Mfess (KNm)	Apertura fessure (mm)	Apertura limite (mm)
49.76	0.033	0.2

TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI			
$S_{C_{MAX}}$ cls	$S_{C_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) cls	$S_{f_{MIN}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio	$S_{f_{LIM}}$ (KN/m <sup>2</sup> ) acciaio
0.086	1.65	2.67	33.75

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>  <b>OPERE CIVILI</b>					
	Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IF 0000 001	REV. B

## 11 VERIFICHE MICROPALO

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

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

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

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

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

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

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

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

Nel caso in esame si ha quindi:

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

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

$$k_h = 6 \text{ MPa.}$$

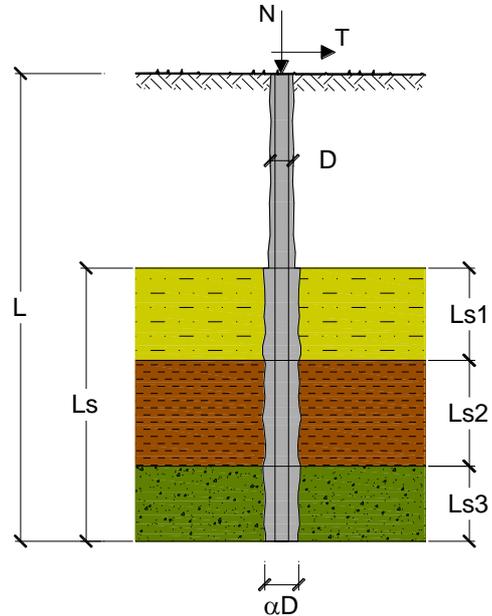
**CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO**

OPERA: FFP tipo1

**DATI DI INPUT:**

Sollecitazioni Agenti:

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



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

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

**Caratteristiche del micropalo:**

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

Lunghezza del micropalo (L): 5.00 (m)

**Armatura:**

<input type="radio"/> IPE	<input type="radio"/> INP	<input type="radio"/> HEA	<input type="radio"/> HEB	<input type="radio"/> HEM	<input checked="" type="radio"/> Tubi	<input type="radio"/> ALTRO
IPE 180	INP 160	HEA 300	HEB 160	HEM 200	$\varnothing 168,3 \times 8,0$	

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

Relazione di calcolo marciapiedi FFP - tipo 1

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D26CL	IF 0000 001	B	68 di 71

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

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

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

Tipo di acciaio

S 355 (Fe 510)

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

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

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

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

**Coefficiente di Reazione Laterale:**

Coeff. di Winkler (k): 6.0 (MN/m<sup>3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**

**Capacità portante di fusto**

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

Tipo di Terreno	Spessore l <sub>s</sub> (m)	α (-)	Ds <sub>i</sub> = α * D (m)	S <sub>i</sub> media (MPa)	S <sub>i</sub> minima (MPa)	S <sub>i</sub> calcolo (MPa)	Qs <sub>i</sub> (kN)
a2	5.00	1.20	0.30	0.150	0.150	0.077	361.56
			0.00			0.000	0.00
			0.00			0.000	0.00

L<sub>s</sub> = 5.00 (m)      QI = 361.56 (kN)

**Capacità portante di punta**

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

% Punta 15%      Q<sub>p</sub> = 54.23 (kN)

**CARICO LIMITE DEL MICROPALO**

Q<sub>lim</sub> = Q<sub>b</sub> + QI

Q<sub>lim</sub> = 415.80 (kN)

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

F<sub>s</sub> = Q<sub>lim</sub> / N (F<sub>s</sub> > 1)

F<sub>s</sub> = 5.49

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

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.(β) (β = k\*D<sub>arm</sub>): 1.01 (N/mm<sup>2</sup>)

P<sub>k</sub> = 2\*(β\*E<sub>arm</sub>\*J<sub>arm</sub>)<sup>0.5</sup>

η = P<sub>k</sub> / N (consigliato η > 10)

P<sub>k</sub> = 3317.21 (MN)

η = 43.79

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

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

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

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

**b = 0.609 (1/m)**

Momento Massimo (M):

**M = 5.21 (kN m)**

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO**

Acciaio S 355 (Fe 510)

*Tensioni nel singolo micropalo*

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

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

$\sigma_{max} = 52.61 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$\sigma_{min} = -15.01 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$\tau = 3.15 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

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

$\sigma_{id} = 52.90 \text{ (N/mm}^2\text{)}$       **verifica soddisfatta**

Per la scelta del coefficiente  $\alpha$  si è considerato un valore cautelativo pari a 1.20, corrispondente al tipo di iniezioni a gravità.

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

Per la scelta del coefficiente  $s$  si è considerato un valore cautelativo pari a 0.150, in riferimento al segmento SG2:

**Indicazioni per la scelta del valore di  $s$** 

TERRENO	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	$\geq R1$	$\geq R2$

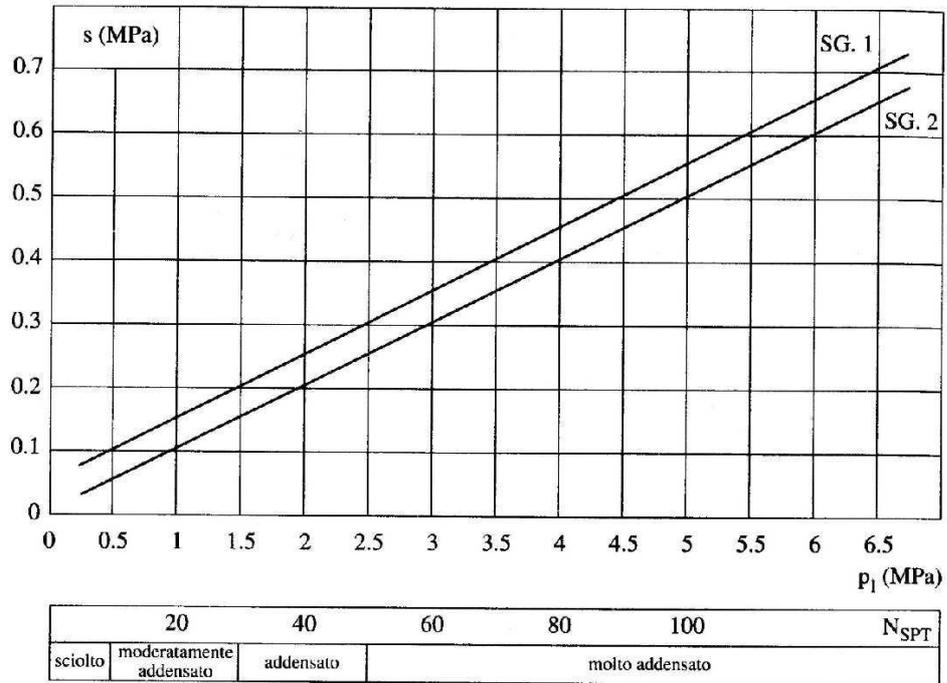


Fig. 13.16. Abaco per il calcolo di  $s$  per sabbie e ghiaie