

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

SOTTOVIA

SL09 - Sottovia alla viabilità di accesso al piazzale PT58

Relazione di calcolo scatolare

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 78 CL SL0900 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Mar-2021	A. Donnarumma 	Mar-2021	A. Barreca 	Mar-2021	D. Tiberti Mar-2021

File: RS3T.3.0.D.78.CL.SL.09.0.0.001.A

n. Elab.: 78\_787

## INDICE

1.	PREMESSA .....	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
4.	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	6
5.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	7
5.1	CALCESTRUZZO.....	7
5.2	ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450C.....	8
6.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	9
7.	VERIFICHE SOTTOVIA .....	11
7.1	VERIFICHE STRUTTURALI SLU .....	11
7.2	CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. ....	11
7.3	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE .....	11
7.4	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO.....	11
7.5	VERIFICHE STRUTTURALI SLE.....	13
7.5.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	13
7.5.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	14
8.	ANALISI DEI CARICHI .....	15
8.1	PESI PROPRI .....	15
8.2	CARICHI PERMANENTI .....	15
8.2.1	<i>Ricoprimento</i> .....	15
8.2.2	<i>Spinta terreno</i> .....	16
8.3	CARICHI VARIABILI .....	17
8.1	SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO ACCIDENTALE.....	17
8.2	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	18
8.2.1	<i>Vita nominale</i> .....	18

8.2.2	Classe d'uso.....	18
8.2.3	Periodo di riferimento .....	18
8.2.4	Parametri sismici.....	18
9.	CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI.....	24
10.	RISULTATI E VERIFICHE .....	27
10.1	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE.....	29
10.1.1	Verifica in condizioni statiche .....	30
10.1.2	Verifica in condizioni sismiche.....	35
10.1	VERIFICA PIEDRITTI.....	38
10.1.1	Verifica in condizioni statiche .....	39
10.1.2	Verifica in condizioni sismiche.....	44
10.2	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	47
10.2.1	Verifica in condizioni statiche .....	48
10.2.2	Verifica in condizioni sismiche.....	53

## 1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento del sottovia, dal km 0+067.00 al km 0+048.55 in corrispondenza della viabilità di accesso al piazzale PT58, nell'ambito del Progetto Definitivo della Diretrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo - Nuovo Collegamento Palermo – Catania, Tratta Lercara Dir. – Caltanissetta Xirbi (Lotto 3) dalla progressiva chilometrica 18+636 alla 46+703 (lotto 3b).

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il sottovia ha uno sviluppo complessivo di 18.55 m: presenta un'altezza interna netta di 5.50 m e una larghezza netta di 5 m, con la soletta inferiore di spessore di 0.70 m, e soletta superiore e piedritti di spessore di 0.60 m. L'opera viene ricoperta con uno spessore di 2.40 m da rilevato stradale, su cui verrà realizzata la viabilità di accesso al piazzale.

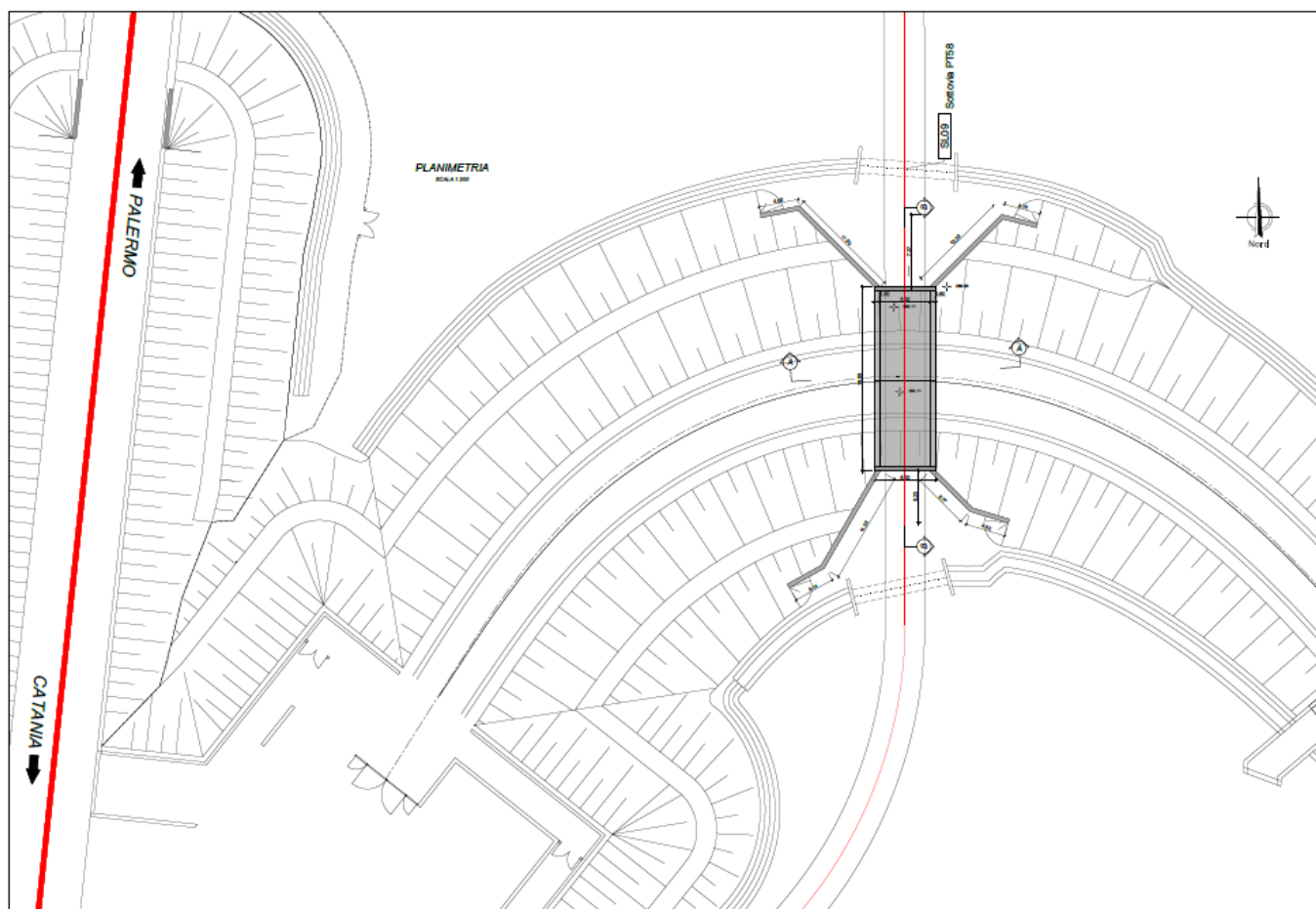


Figura 1-1 – Pianta sottovia.

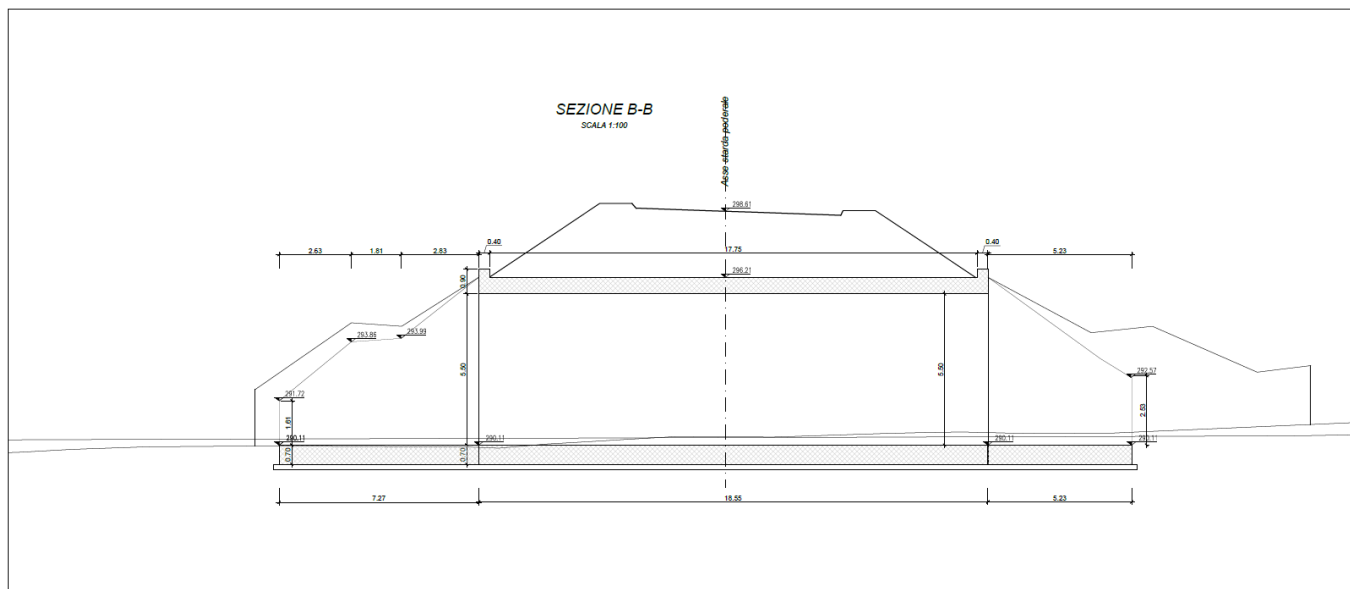


Figura 1-2 – Sezione longitudinale sottovia.

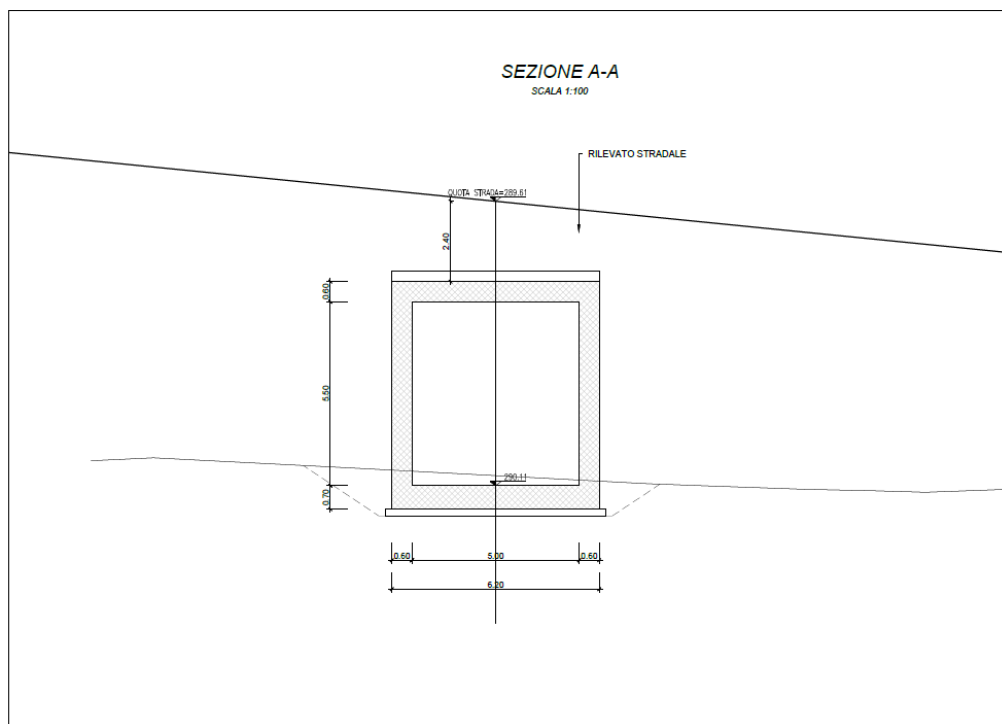


Figura 1-3 – Sezione trasversale sottovia.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)          OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b>					
SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A	FOGLIO 5 di 55

## 2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

**Norme Tecniche per le Costruzioni** - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

**Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019** - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

**Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea.** Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

**Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2**

**RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18** - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

## 3. **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

Vengono presi a riferimento i seguenti elaborati grafici progettuali di pertinenza:

RS3T.3.0.D.78.P8.SL.09.0.0.001: "SL09 Sottovia alla viabilità di accesso al piazzale - Pianta, prospetto e sezioni";

RS3T.3.0.D.78.GE.GE.00.0.0.002: "Relazione geotecnica generale - Lotto 3B";

RS3T.3.0.D.78.F6.GE.00.0.0.009: "Profilo geotecnico linea".

#### 4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

unità di misura principali

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

unità di misura derivate **kN**

(kiloNewton)	103N
<b>MN</b> (megaNewton)	106N
<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)	103 N/m <sup>2</sup>
MPa (megaPascal)	106 N/m <sup>2</sup>
N/m <sup>3</sup>	(peso specifico)
<b>g</b> (accelerazione di gravità)	~9.81 m/s <sup>2</sup>

corrispondenze notevoli

1 MPa = 1 N/mm <sup>2</sup>
1 MPa ~ 10 kgf/cm <sup>2</sup>
1 kN/m <sup>3</sup> ~ 100 kgf/m <sup>3</sup>

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

$\gamma$ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m <sup>3</sup> )
$\sigma$ (sigma)	tensione normale	(N/mm <sup>2</sup> )
$\tau$ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm <sup>2</sup> )

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

$\varepsilon$  (epsilon) deformazione (m/m) -

$\phi$  (fi) angolo di resistenza ( $^{\circ}$  sessagesimali)

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 17 gennaio 2018. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche e i riferimenti dei paragrafi del D.M. citato.

### 5.1 Calcestruzzo

- Elemento strutturale: solette e piedritti scatolare

Classe di resistenza = C30/37;

$R_{ck}$  = resistenza cubica = 37 N/mm<sup>2</sup>;

$f_{ck}$  = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83  $R_{ck}$  = 30.7 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{cm}$  = resistenza cilindrica media =  $f_{ck} + 8$  = 38.7 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{cd}$  =  $\alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$  = 17.4 N/mm<sup>2</sup>;

$f_{ctm}$  = resistenza a trazione media = 0.30 x  $f_{ck}^{2/3}$  = 2.94 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{ctm}$  = resistenza a traz. per flessione media = 1.20 x  $f_{ctm}$  = 3.53 N/ mm<sup>2</sup>;

$f_{ctk}$  = resistenza a traz. per flessione carati. = 0.70 x  $f_{ctm}$  = 2.47 N/ mm<sup>2</sup>;

$E_{cm}$  = modulo elast. tra 0 e 0.40 $f_{cm}$  = 22000 x  $(f_{cm}/10)^{0.3}$  = 330169 N/ mm<sup>2</sup>;

Classe di esposizione XC4

Copriferro = 50 mm

Tolleranza di posa del copriferro = 10 mm

Condizioni ambientali: aggressive

Apertura fessure limite:  $w_1$  = 0.2 mm



## 5.2 Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$f_{v\ nom}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t\ nom}$	540 N/mm <sup>2</sup>

Tabella 5-1 Tensioni caratteristiche acciaio.

E deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{v\ nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t\ nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_v/f_{vnom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ :	$\geq 7,5\ %$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12\ mm$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16\ mm$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25\ mm$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40\ mm$	10 $\phi$	

Tabella 5-2 Requisiti acciaio.

Inoltre si ha:

- $E_s = 210000\ N/mm^2$
- Sovrapposizioni barre  $\geq 40\phi$

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

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

- $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3\ N/mm^2$
- $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 0.186\ %$

## 6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento. Si riportano a seguire la stratigrafia e i parametri meccanici utilizzati nei calcoli (valori medi dell'intervallo di variabilità riportato nella relazione geotecnica).

Unità litologiche da p.c.	da [m]	a [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]
TRV-a	0.00	10	21	20	39
TRV	10	-	21	20	20

Tabella 6-1 – Valori di calcolo dei parametri geotecnici del terreno

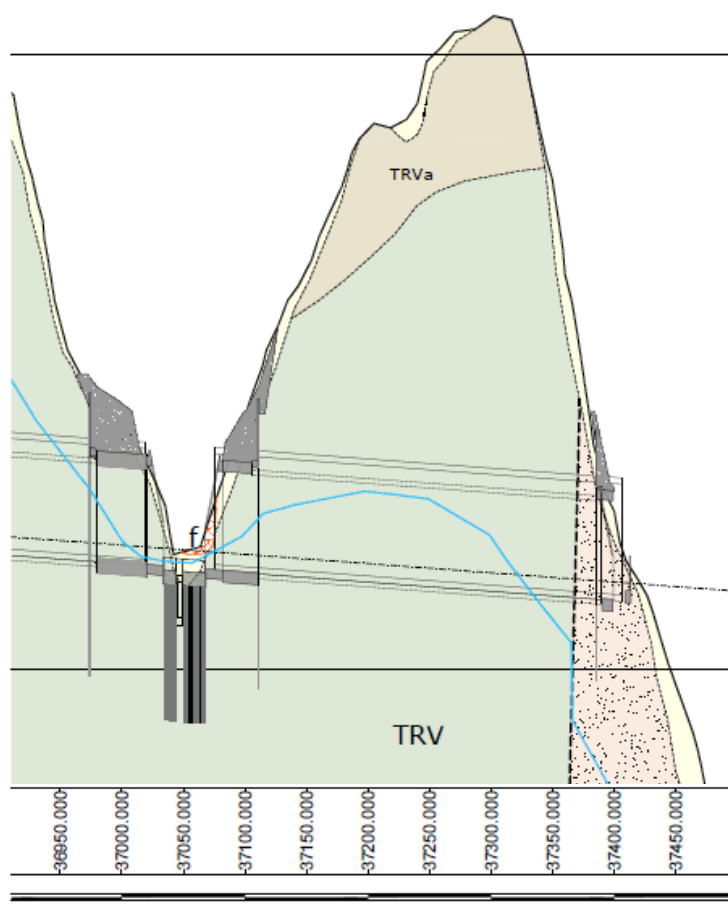


Figura 6-1 – Stralcio del profilo geotecnico.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b>					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

I parametri geotecnici sono stati valutati in corrispondenza del tratto di linea più prossimo al sottovia: a favore di sicurezza si considera la presenza della sola unità geotecnica TRV, essendo TRV-a un terreno con caratteristiche migliori.

La falda è posta ad una profondità superiore a 20.0 m dal piano campagna, pertanto non viene considerata nei calcoli.

Per le caratteristiche del rilevato stradale si assumono i seguenti parametri:

- peso volume  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ;
- angolo d'attrito,  $\varphi' = 35^\circ$ ;
- coesione efficace  $c' = 0 \text{ kPa}$ .

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler, da assegnare al modello di calcolo della struttura interna eseguito con il software SAP2000, è stato determinato con la seguente relazione:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b_t^2 \cdot b_l}}$$

dove:

- $K_s$  = costante di sottofondo [ $\text{F/L}^3$ ]
- $b_t$  = dimensione trasversale dell'opera
- $b_l$  = dimensione longitudinale dell'opera
- $E$  = modulo di Young del terreno

Si ottiene così un valore di  $k_s = 39409 \text{ kN/m}^3$ .

Sono state disposte 10 molle verticali sulla soletta di fondo poste ad un interasse di 0.62 m, ottenendo così valori di rigidità pari a:

- 22069  $\text{kN/m}^3$  per le molle centrali;
- 45714  $\text{kN/m}^3$  per le molle di spigolo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

## 7. VERIFICHE SOTTOVIA

### 7.1 Verifiche strutturali SLU

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.

### 7.2 Criteri di verifica delle sezioni in c.a.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

### 7.3 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.

### 7.4 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM17/01/2018. Si verifica che l'azione di progetto ( $V_{Ed}$ ) sia minore della resistenza di progetto ( $V_{Rd}$ ).

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

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

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

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

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

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

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

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0,02;$$

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

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

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0,2 \cdot f_{cd};$$

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

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

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

$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$  è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave;

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

$s$  è il passo delle staffe;

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

$f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$  è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

## 7.5 Verifiche strutturali SLE

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

### 7.5.1 Verifiche alle tensioni

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

#### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

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

Per il caso in esame risulta in particolare :

- Muro di sostegno:

#### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{cmax\ QP} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{13.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax\ R} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{18.26} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

#### ACCIAIO

$$\sigma_{s\ max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{337.5} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

### 7.5.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente.

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Tabella 7-1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

Risultando:

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

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite specifiche RFI (Manuale di Progettazione delle Opere Civili - parte II - sezione 2- Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara). Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione Caratteristica (Rara)

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

## 8. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni della struttura in esame applicati ai modelli di calcolo eseguiti con il software SAP2000 v.23.0: tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tutti i carichi elementari si riferiscono all'unità di sviluppo dell'opera, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

### 8.1 Pesì propri

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso dell'unità di volume del calcestruzzo armato pari a  $g = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### 8.2 Carichi permanenti

#### 8.2.1 Ricoprimento

Il ricoprimento è costituito da rilevato stradale ed ha uno spessore massimo di 2.40 m al di sopra dell'opera, pertanto si assegna alla soletta superiore un carico di  $45.60 \text{ kN/m}^2$ .

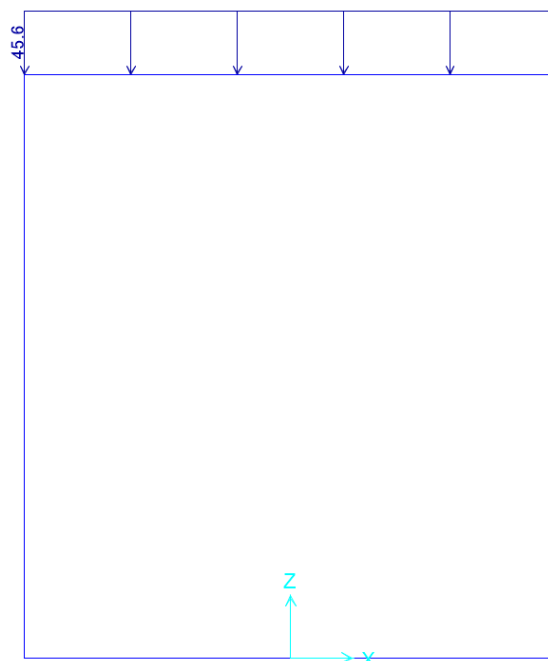


Figura 8-1 – Carico permanente.



### 8.2.2 Spinta terreno

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo con:

$\gamma_t$  (kN/m<sup>3</sup>)                      19 peso di volume terreno ai lati

$\varphi'$  (°)                                35 angolo di attrito terreno ai lati

$k_0$                                     0.426 coefficiente di spinta a riposo

Tali parametri si traducono ad un diagramma di pressioni trapezoidale ( $p = k_0 \cdot \gamma \cdot z$ ) da applicare sui piedritti dello scatolare con valori di:

$p_1$  (kN/m<sup>2</sup>)                      19.44 pressione all'estradosso soletta superiore

$p_2$  (kN/m<sup>2</sup>)                      21.88 pressione in asse soletta superiore

$p_3$  (kN/m<sup>2</sup>)                      71.70 pressione in asse soletta inferiore

$p_4$  (kN/m<sup>2</sup>)                      74.54 pressione all'intradosso soletta inferiore

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 4 (per la SPTSX) e 2 e 3 (per la SPTDX), la parte di spinta del terreno esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

$F_{1,2}$  (kN/m)                      6.20 forza concentrata semi-spessore soletta superiore

$F_{3,4}$  (kN/m)                      25.59 forza concentrata semi-spessore soletta inferiore

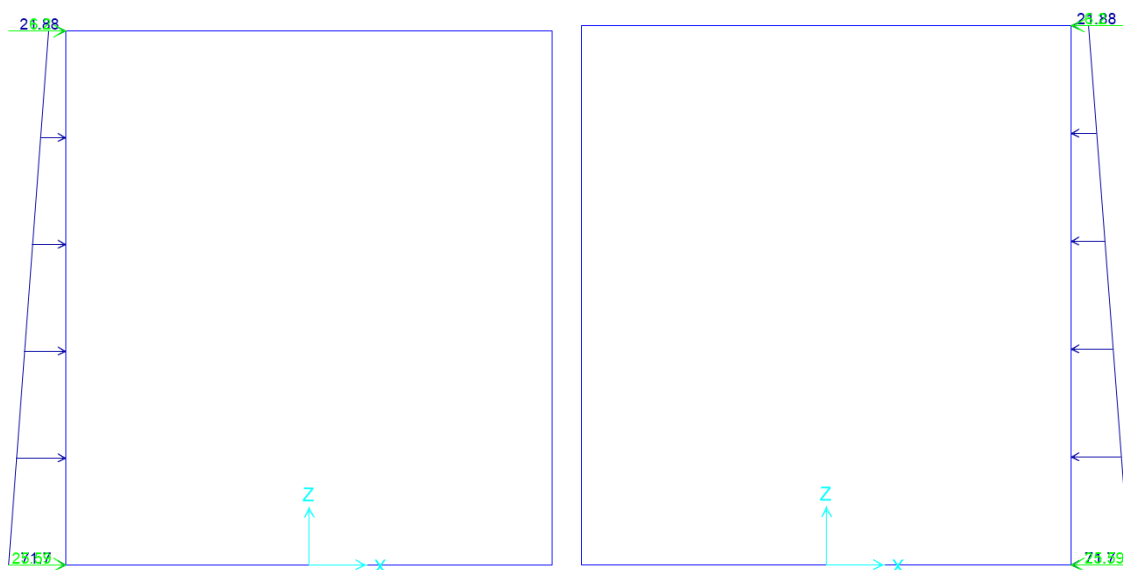


Figura 8-2 – Spinta del terreno in sinistra e in destra.

### 8.3 Carichi variabili

Si applica un carico uniformemente distribuito di  $20 \text{ kN/m}^2$  agente sulla soletta superiore rappresentativo di un assetto definitivo al piano campagna in cui si prevede la realizzazione di una strada.

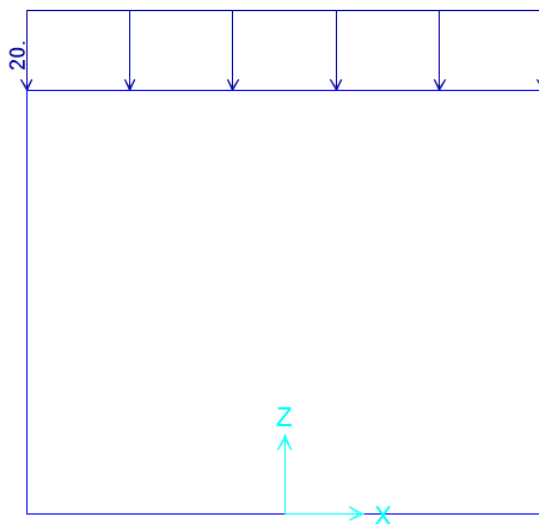


Figura 8-3 – Carico accidentale.

### 8.1 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Il carico accidentale sul rilevato esercita una spinta sul piedritto pari a  $q \cdot k_0 = 8.52 \text{ kPa}$ . Inoltre si applica il carico concentrato nei nodi 1 - 4 e 2 - 3, esercitata su  $1/2$  spessore della soletta superiore e su  $1/2$  spessore della soletta inferiore.

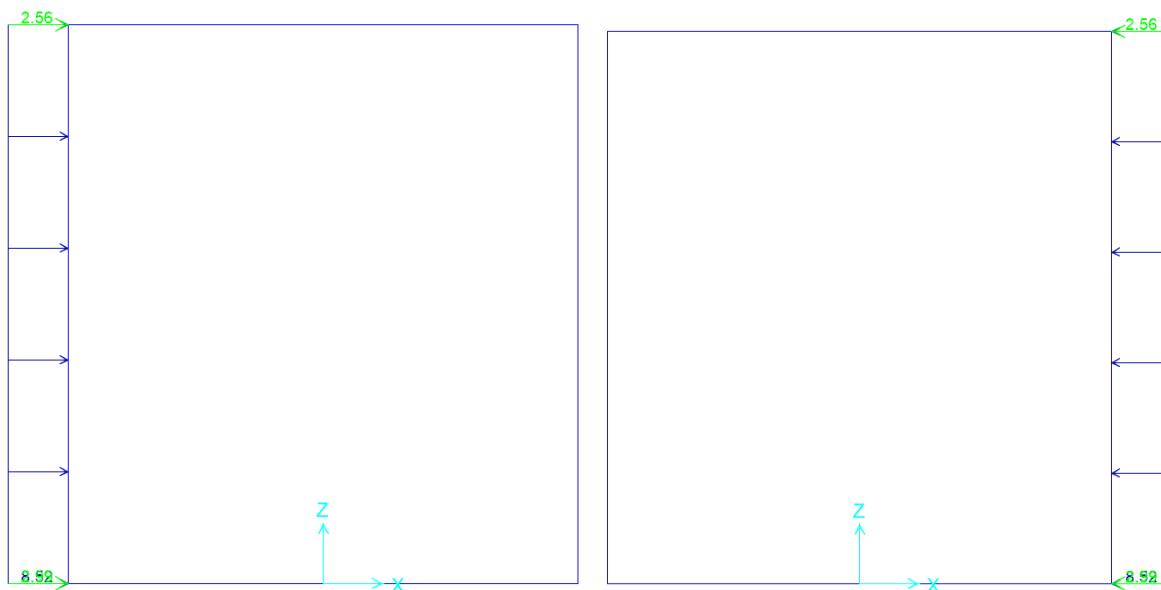


Figura 8-4 – Sovraccarico accidentale.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

## 8.2 Valutazione dell'azione sismica

### 8.2.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione:

#### 2) Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari:

La cui vita nominale è pari a: 75 anni.

### 8.2.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso:

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Il coefficiente d'uso è pari a 1.50.

### 8.2.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento  $V_R$  ricavato, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ . Pertanto  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni.

### 8.2.4 Parametri sismici

Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_u V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	19 di 55

Stati Limite	$P_{VF}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 8-1 – Probabilità di superamento al variare dello stato limite considerato.

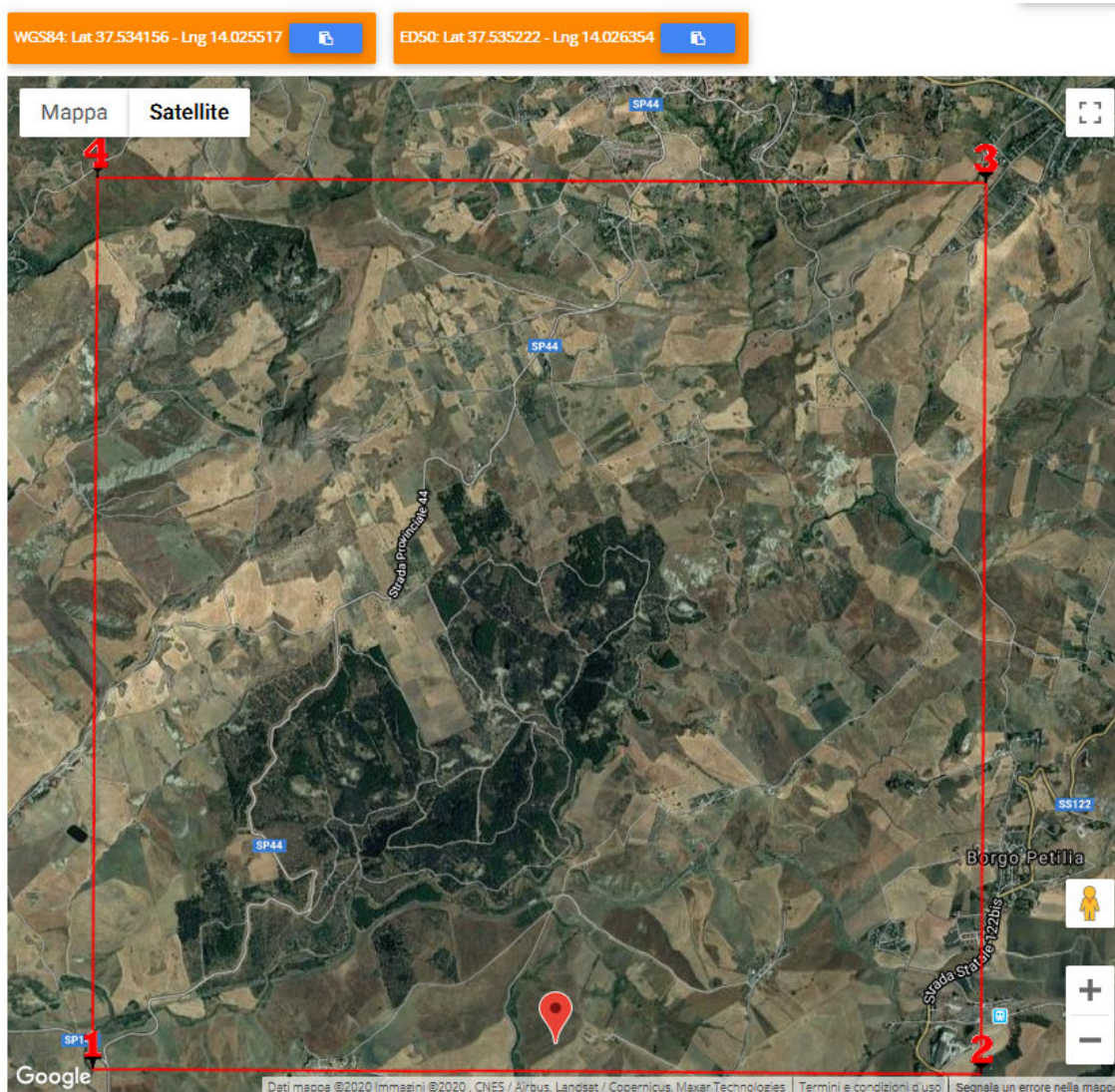


Figura 8-5 –Localizzazione del sito.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

Da cui si ottiene la seguente tabella:

## Stati limite

	Classe Edificio				
	III. Affollamento significativo...				
	Vita Nominale	75			
	Interpolazione	Media ponderata			
<b>CU = 1.5</b>					
Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	$Tc^*$ [s]	
Operatività (SLO)	68	0.039	2.521	0.285	
Danno (SLD)	113	0.048	2.505	0.318	
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.096	2.662	0.455	
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.116	2.736	0.506	
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	112.5				

Tabella 8-2 – Parametri relativi all'azione sismica.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C. In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 8-3 – Categorie topografiche.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b</b>					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>SL 09 0 0 001</b>	REV. <b>A</b>

L'area interessata risulta classificabile come T1.

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2018 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente  $S = S_S S_T$  e di  $C_C$  in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle di seguito riportate:

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 8-4 – Espressioni di  $S_S$  e  $C_C$ .

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 8-5 – Valori massimi dei coefficienti di amplificazione topografica  $S_T$ .

Nel caso in esame quindi si ha:

 Cat. Sottosuolo	C			
 Cat. Topografica	T1			
	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,53	1,36	1,31
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Sulla base di quanto riportato precedentemente, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri.

$F_1$ (kN/m <sup>2</sup> )	8.73	inerzia orizzontale permanenti soletta superiore
$F_2$ (kN/m <sup>2</sup> )	2.16	inerzia orizzontale soletta superiore per SLV
$F_3$ (kN/m <sup>2</sup> )	2.16	inerzia orizzontale piedritti per SLV

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

$F_1$ (kN/m <sup>2</sup> )	6.9	inerzia verticale permanenti soletta superiore
$F_2$ (kN/m <sup>2</sup> )	2.07	inerzia verticale soletta superiore per SLV
$F_3$ (kN/m <sup>2</sup> )	2.07	inerzia verticale piedritti per SLV

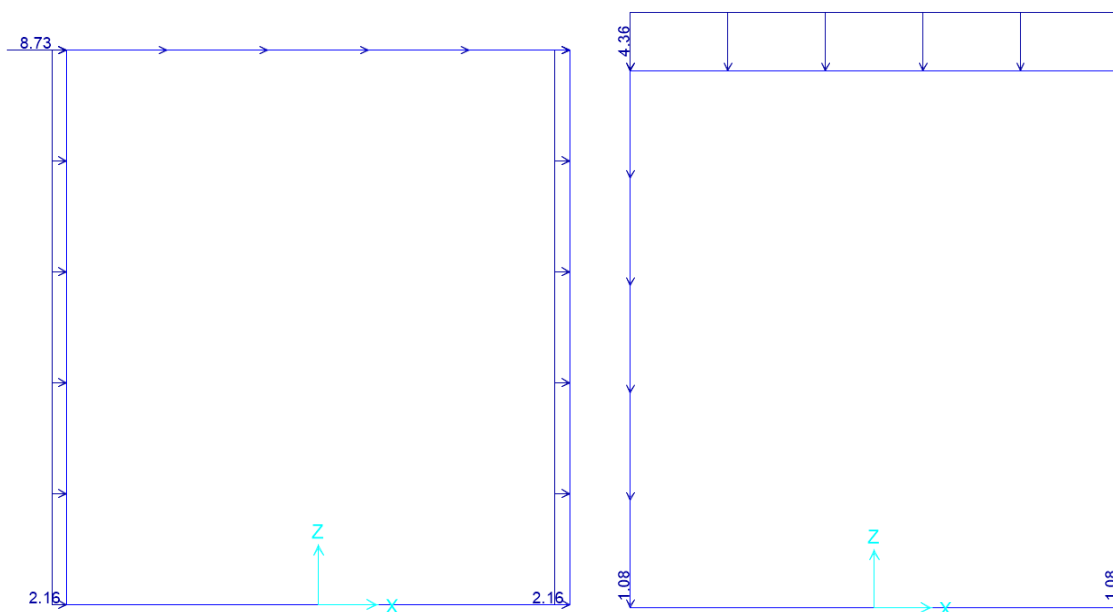


Figura 8-6 – Inerzia sismica.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) OPERE DI SOSTEGNO VIABILITÀ – LOTTO 3b					
	SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL 09 0 0 001	REV. A

La sovra-spinta sismica delle terre (SPSSX), considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti, può essere calcolata attraverso la trattazione di Wood (par. 6.4) che nel caso specifico diventa:

$$\Delta F_E = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{\text{tot, scavo}}^2$$

con  $h_{\text{tot, scavo}}$  altezza complessiva dello scavo, e va a sommarsi alle condizioni statiche valutate in condizioni di spinta a riposo.

Il punto di applicazione della spinta che interessa lo scatolare è posto  $h_{\text{scat}}/2$ , con  $h_{\text{scat}}$  l'altezza dello scatolare.

Essendo  $\Delta F_E$  la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul piedritto dello scatolare.

$h_{\text{tot}}$ (m)	9.20	altezza da P.C. di progetto a fondazione
$h_{\text{scat}}$ (m)	6.80	altezza totale dello scatolare
$\Delta p_E$ (kN/m <sup>2</sup> )	25.17	incremento sismico di pressione (secondo Wood) per SLV

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 1 e 4, la parte di sovraspinta esercitata su 1/2 spessore della soletta superiore e su 1/2 spessore della soletta inferiore.

$\Delta F_{1,2,E}$ (kN/m)	7.55	$\Delta F$ dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta superiore per SLV
$\Delta F_{3,4,E}$ (kN/m)	8.81	$\Delta F$ dovuto all'incremento sismico di pressione semispessore soletta inferiore per SLV

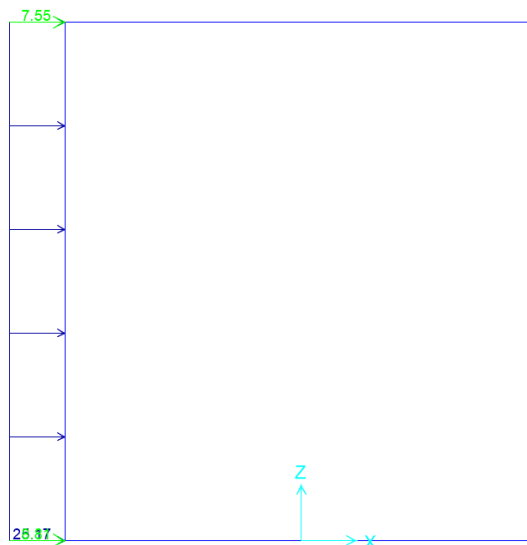


Figura 8-7 – Sovraspinta sismica.



## 9. CARICHI ELEMENTARI E LORO COMBINAZIONI

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$
  - Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$
  - Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$
  - Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$
  - Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:  

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$
  - Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:  

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$
- Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:
- $$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Le azioni impiegate nella definizione delle combinazioni di carico sono riepilogate nelle tabelle che seguono.

DEAD	PESO PROPRIO
PERM	CARICHI PERMANENTI
SPTSX/SPTDX	SPINTA DELLE TERRE SU PIEDRITTI
ACC	CARICHI VARIABILI VERTICALI SU OPERA (treni di carico)
SPACCSX/ SPACCDX	SPINTA CARICHI VARIABILI SU PIEDRITTI (treni di carico)
SPSSX	SOVRASPINTA SISMICA
SISMAH	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI
SISMAV	AZIONI SISMICHE VERTICALI

Tabella 9-1 – Carichi agenti su scatolare.

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7
DEAD	1.35	1.35	1	1.35	1	1.35	1
PERM	1.35	1.35	1	1.35	1	1.35	1
SPTSX	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1	1
SPTDX	1.35	1	1.35	1	1	1.35	1.35
ACC	1.5	1.5	0	1.5	0	1.5	0
SPACCSX	1.5	0	1.5	1.5	1.5	0	0
SPACCDX	1.5	0	1.5	0	0	1.5	1.5
SPSSX	0	0	0	0	0	0	0
SISMAH	0	0	0	0	0	0	0
SISMAV	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 9-2 – Combinazione SLU in condizioni statiche.

	SLUSIS1	SLUSIS2	SLUSIS3	SLUSIS4	SLUSIS5	SLUSIS6	SLUSIS7	SLUSIS8
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1	1	1	1
ACC	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCSX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCDX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPSSX	1	-1	1	-1	0.3	-0.3	0.3	-0.3
SISMAH	1	-1	1	-1	0.3	-0.3	0.3	-0.3
SISMAV	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1	-1	1	1

Tabella 9-3 – Combinazioni di carico SLU in condizioni sismiche.

	RAR1	RAR2	RAR3	FREQ1	FREQ2	FREQ3	QPE1
DEAD	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1
SPTSX	1	1	1	1	1	1	1
SPTDX	1	1	1	1	1	1	1
ACC	1	0	0	0.8	0	0	0
SPACCSX	0	1	0	0	0.8	0	0
SPACCDX	0	0	1	0	0	0.8	0
SPSSX	0	0	0	0	0	0	0
SISMAH	0	0	0	0	0	0	0
SISMAV	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 9-4 – Combinazioni di carico SLE.

## 10. RISULTATI E VERIFICHE

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

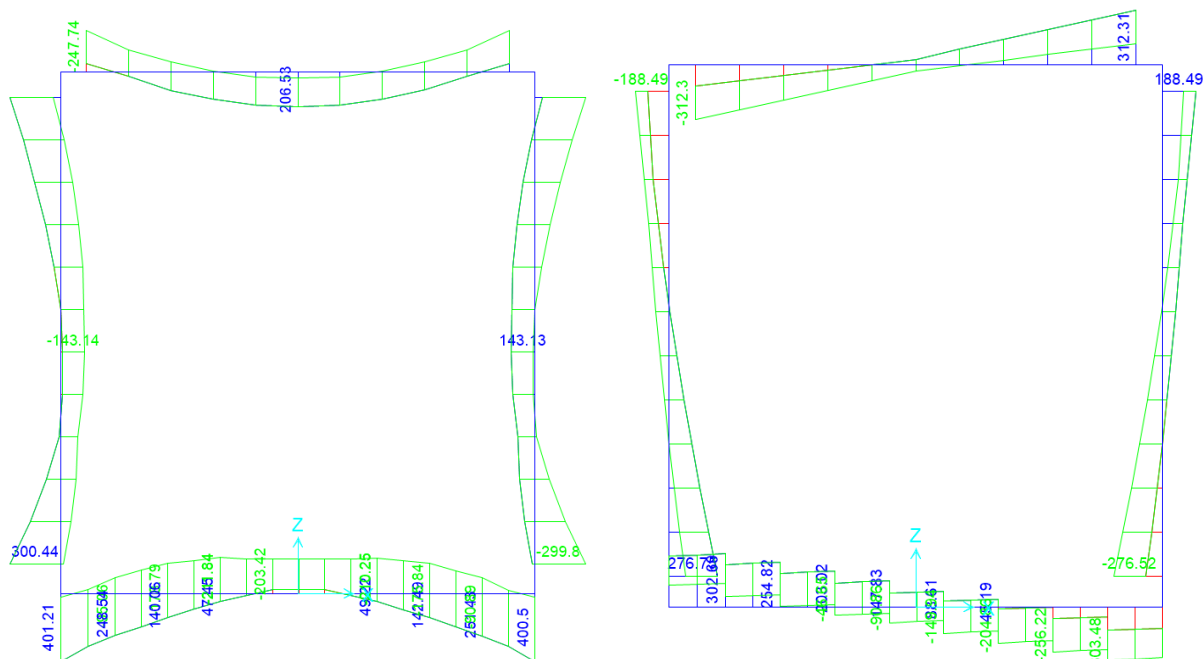


Figura 10-1 –Momento e taglio - SLU.

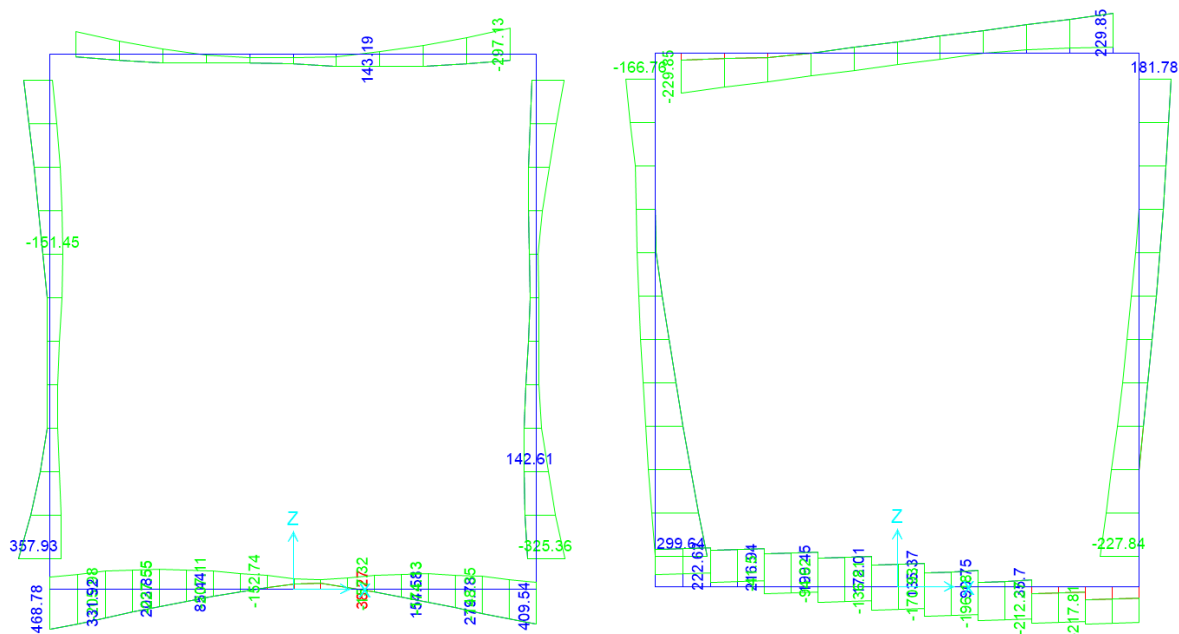


Figura 10-2 –Momento e taglio - SLV.

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	28 di 55

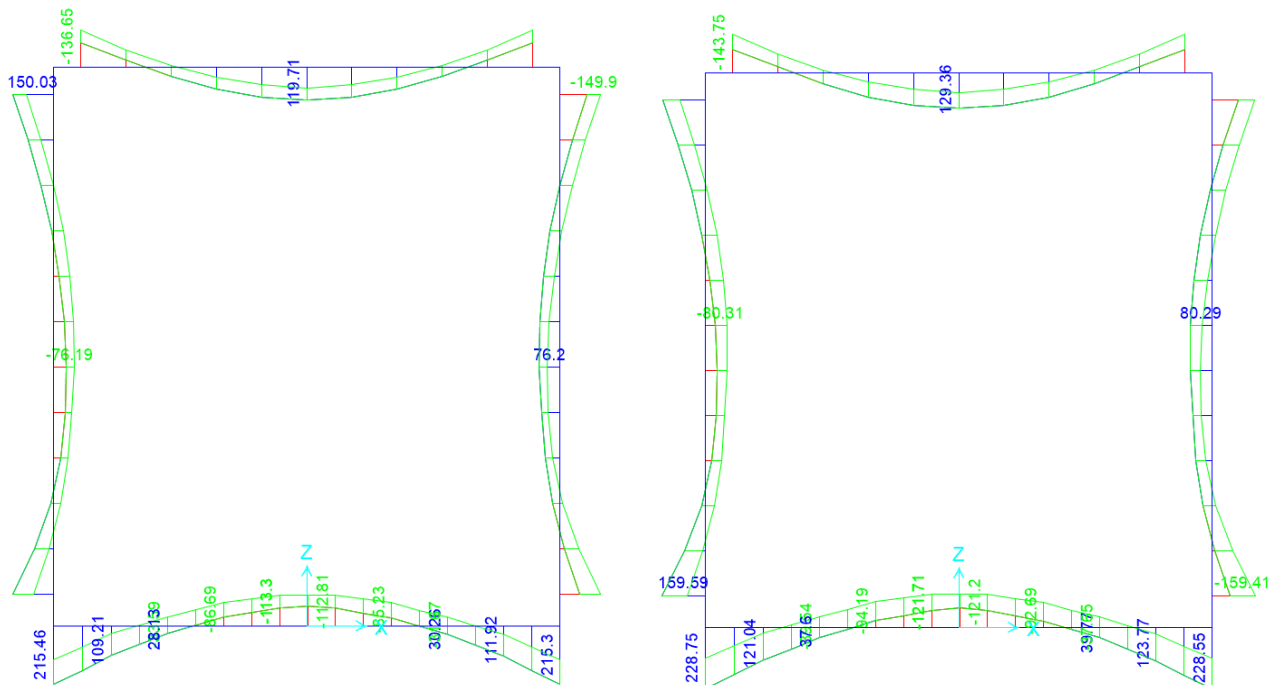


Figura 10-3 – Momento SLE freq e SLE rara.

Sono state seguite verifiche a flessione e taglio, trascurando l'azione di sforzo assiale a favore di sicurezza.

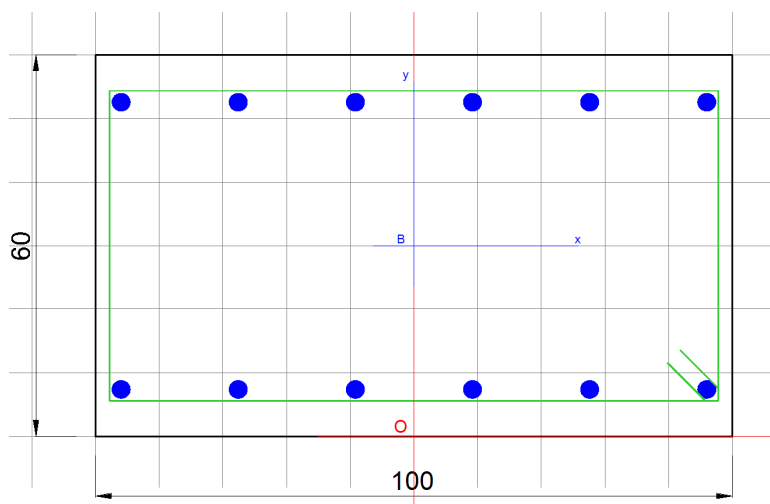
### 10.1 Verifica soletta superiore

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	0.81	0.00	<b>143.19</b>	15	3.80	SIS4
M3	min		229.85	0.00	<b>-297.13</b>	15	5.30	SIS3
V2	max		229.85	<b>229.85</b>	-297.13	15	5.30	SIS3
V2	min		-229.85	<b>-229.85</b>	-257.62	15	0.30	SIS4
P	max		<b>2.02</b>	0.00	-5.45	15	0.30	SIS11
P	min		<b>-192.75</b>	0.00	-128.73	15	0.30	SIS9
SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	0.00	0.00	<b>206.53</b>	15	2.80	SLU2
M3	min		-312.31	0.00	<b>-247.74</b>	15	0.30	SLU6
V2	max		312.31	<b>312.31</b>	-247.08	15	5.30	SLU4
V2	min		-312.31	<b>-312.31</b>	-247.74	15	0.30	SLU6
P	max		<b>-131.14</b>	0.00	-142.85	15	0.30	SLU2
P	min		<b>-213.89</b>	0.00	-187.97	15	0.30	SLU1
SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	0.00	0.00	<b>129.36</b>	15	2.80	RAR1
M3	min		-162.91	0.00	<b>-143.75</b>	15	0.30	RAR3
V2	max		201.49	<b>201.49</b>	-122.50	15	5.30	RAR1
V2	min		-201.49	<b>-201.49</b>	-122.50	15	0.30	RAR1
P	max		<b>-127.19</b>	0.00	-122.50	15	0.30	RAR1
P	min		<b>-137.51</b>	0.00	-143.75	15	0.30	RAR3
SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	0.00	0.00	<b>119.71</b>	15	2.80	FREQ1
M3	min		-160.62	0.00	<b>-136.65</b>	15	0.30	FREQ3
V2	max		191.49	<b>191.49</b>	-119.66	15	5.30	FREQ1
V2	min		-191.49	<b>-191.49</b>	-119.65	15	0.30	FREQ1
P	max		<b>-126.47</b>	0.00	-119.65	15	0.30	FREQ1
P	min		<b>-134.73</b>	0.00	-136.65	15	0.30	FREQ3
SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	0.00	0.00	<b>81.08</b>	15	2.80	QPE1
M3	min		151.49	0.00	<b>-108.29</b>	15	5.30	QPE1
V2	max		151.49	<b>151.49</b>	-108.29	15	5.30	QPE1
V2	min		-151.49	<b>-151.49</b>	-108.28	15	0.30	QPE1
P	max		<b>-123.60</b>	0.00	-108.28	15	0.30	QPE1
P	min		<b>-123.60</b>	0.00	-108.28	15	0.30	QPE1

### 10.1.1 Verifica in condizioni statiche

La sezione è stata armata con un ordine di 6  $\phi 24$  disposti sia superiormente che inferiormente, con staffe  $\phi 12$  710 cm a due bracci.



### DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di Trave
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Comb. non sismiche
Riferimento alla sismicità:	

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	8.50 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.5 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	31 di 55

Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
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:	360.0	MPa

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	6Ø24	(27.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	6Ø24	(27.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	206.53	0.00	0.00
2	0.00	-247.74	0.00	0.00
3	0.00	-247.08	312.31	0.00
4	0.00	-247.74	-312.31	0.00
5	0.00	-142.85	0.00	0.00
6	0.00	-187.97	0.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	129.36
2	0.00	-143.75
3	0.00	-122.50
4	0.00	-122.50
5	0.00	-122.50
6	0.00	-143.75

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	119.71 (214.20)
2	0.00	-136.65 (-214.20)
3	0.00	-119.66 (-214.20)
4	0.00	-119.65 (-214.20)
5	0.00	-119.65 (-214.20)
6	0.00	-136.65 (-214.20)



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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	81.08 (214.20)
2	0.00	-108.29 (-214.20)
3	0.00	-108.29 (-214.20)
4	0.00	-108.28 (-214.20)
5	0.00	-108.28 (-214.20)
6	0.00	-108.28 (-214.20)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 1.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] 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) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	206.53	0.22	524.31	2.539	52.5	0.14	0.70	27.1 (8.8)
2	S	0.00	-247.74	0.22	-524.31	2.116	7.5	0.14	0.70	27.1 (8.8)
3	S	0.00	-247.08	0.22	-524.31	2.122	7.5	0.14	0.70	27.1 (8.8)
4	S	0.00	-247.74	0.22	-524.31	2.116	7.5	0.14	0.70	27.1 (8.8)
5	S	0.00	-142.85	0.22	-524.31	3.670	7.5	0.14	0.70	27.1 (8.8)
6	S	0.00	-187.97	0.22	-524.31	2.789	7.5	0.14	0.70	27.1 (8.8)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00005	52.6	-0.02101	7.4
2	0.00350	0.0	0.00005	7.4	-0.02101	52.6
3	0.00350	0.0	0.00005	7.4	-0.02101	52.6
4	0.00350	0.0	0.00005	7.4	-0.02101	52.6

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	33 di 55

5	0.00350	0.0	0.00005	7.4	-0.02101	52.6
6	0.00350	0.0	0.00005	7.4	-0.02101	52.6

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

Diametro staffe/legature:	12	mm	
Passo staffe:	10.0	cm	[Passo massimo di normativa = 15.1 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	0.00	254.32	2011.96	419.01	100.0  52.6	1.000	1.000	0.0
2	S	0.00	254.32	2011.96	419.01	100.0  52.6	1.000	1.000	0.0
3	S	312.31	254.32	1387.56	1047.52	100.0  52.6	2.500	1.000	6.7
4	S	-312.31	254.32	1387.56	1047.52	100.0  52.6	2.500	1.000	6.7
5	S	0.00	254.32	2011.96	419.01	100.0  52.6	1.000	1.000	0.0
6	S	0.00	254.32	2011.96	419.01	100.0  52.6	1.000	1.000	0.0

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
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 ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.80	60.0	0.00	44.6	-101.5	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
2	S	3.12	0.0	0.00	15.4	-112.7	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
3	S	2.65	0.0	0.00	15.4	-96.1	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
4	S	2.65	0.0	0.00	15.4	-96.1	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
5	S	2.65	0.0	0.00	15.4	-96.1	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
6	S	3.12	0.0	0.00	15.4	-112.7	7.4	14.9	1486	27.1	17.0

#### 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

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	34 di 55

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 [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00061	0.00021	0.50	0.60	0.000304 (0.000304)	434 0.132 (990.00)		214.20
2	S	-0.00068	0.00023	0.50	0.60	0.000338 (0.000338)	434 0.147 (990.00)		-214.20
3	S	-0.00058	0.00020	0.50	0.60	0.000288 (0.000288)	434 0.125 (990.00)		-214.20
4	S	-0.00058	0.00020	0.50	0.60	0.000288 (0.000288)	434 0.125 (990.00)		-214.20
5	S	-0.00058	0.00020	0.50	0.60	0.000288 (0.000288)	434 0.125 (990.00)		-214.20
6	S	-0.00068	0.00023	0.50	0.60	0.000338 (0.000338)	434 0.147 (990.00)		-214.20

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.59	60.0	0.00	44.6	-93.9	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
2	S	2.96	0.0	0.00	15.4	-107.2	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
3	S	2.59	0.0	0.00	15.4	-93.8	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
4	S	2.59	0.0	0.00	15.4	-93.8	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
5	S	2.59	0.0	0.00	15.4	-93.8	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
6	S	2.96	0.0	0.00	15.4	-107.2	7.4	14.9	1486	27.1	17.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00056	0.00019	0.50	0.60	0.000282 (0.000282)	434 0.122 (0.20)		214.20
2	S	-0.00064	0.00022	0.50	0.60	0.000322 (0.000322)	434 0.140 (0.20)		-214.20
3	S	-0.00056	0.00019	0.50	0.60	0.000282 (0.000282)	434 0.122 (0.20)		-214.20
4	S	-0.00056	0.00019	0.50	0.60	0.000282 (0.000282)	434 0.122 (0.20)		-214.20
5	S	-0.00056	0.00019	0.50	0.60	0.000282 (0.000282)	434 0.122 (0.20)		-214.20
6	S	-0.00064	0.00022	0.50	0.60	0.000322 (0.000322)	434 0.140 (0.20)		-214.20

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.76	60.0	0.00	44.6	-63.6	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
2	S	2.35	0.0	0.00	15.4	-84.9	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
3	S	2.35	0.0	0.00	15.4	-84.9	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
4	S	2.35	0.0	0.00	15.4	-84.9	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
5	S	2.35	0.0	0.00	15.4	-84.9	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
6	S	2.35	0.0	0.00	15.4	-84.9	7.4	14.9	1486	27.1	17.0

#### 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	-0.00038	0.00013	0.50	0.40	0.000191 (0.000191)	434 0.083 (0.20)		214.20
2	S	-0.00051	0.00018	0.50	0.40	0.000255 (0.000255)	434 0.111 (0.20)		-214.20
3	S	-0.00051	0.00018	0.50	0.40	0.000255 (0.000255)	434 0.111 (0.20)		-214.20
4	S	-0.00051	0.00018	0.50	0.40	0.000255 (0.000255)	434 0.111 (0.20)		-214.20
5	S	-0.00051	0.00018	0.50	0.40	0.000255 (0.000255)	434 0.111 (0.20)		-214.20
6	S	-0.00051	0.00018	0.50	0.40	0.000255 (0.000255)	434 0.111 (0.20)		-214.20

## 10.1.2 Verifica in condizioni sismiche

### DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE 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
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	8.50 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	6Ø24	(27.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	6Ø24	(27.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	143.19	0.00	0.00
2	0.00	-297.13	0.00	0.00
3	0.00	-297.13	229.85	0.00
4	0.00	-257.62	-229.85	0.00
5	0.00	-5.45	0.00	0.00
6	0.00	-128.73	0.00	0.00

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	36 di 55

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 1.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx re Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] 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) [§ 4.1.2.1.2.1 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	143.19			3.487	45.1	0.28	0.79	27.1 (8.8)
2	S	0.00	-297.13			1.680	14.9	0.28	0.79	27.1 (8.8)
3	S	0.00	-297.13			1.680	14.9	0.28	0.79	27.1 (8.8)
4	S	0.00	-257.62			1.938	14.9	0.28	0.79	27.1 (8.8)
5	S	0.00	-5.45			91.612	14.9	0.28	0.79	27.1 (8.8)
6	S	0.00	-128.73			3.879	14.9	0.28	0.79	27.1 (8.8)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00077	60.0	0.00039	52.6	-0.00196	7.4
2	0.00077	0.0	0.00039	7.4	-0.00196	52.6
3	0.00077	0.0	0.00039	7.4	-0.00196	52.6
4	0.00077	0.0	0.00039	7.4	-0.00196	52.6
5	0.00077	0.0	0.00039	7.4	-0.00196	52.6
6	0.00077	0.0	0.00039	7.4	-0.00196	52.6

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

Diametro staffe/legature: 12 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 15.1 cm]  
N.Bracci staffe: 2  
Area staffe/m : 22.6 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

### VERIFICHE A TAGLIO

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	37 di 55

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	0.00	254.32	2011.96	419.01	100.0  52.6	1.000	1.000	0.0
2	S	0.00	254.32	2011.96	419.01	100.0  52.6	1.000	1.000	0.0
3	S	229.85	254.32	1387.56	1047.52	100.0  52.6	2.500	1.000	5.0
4	S	-229.85	254.32	1387.56	1047.52	100.0  52.6	2.500	1.000	5.0
5	S	0.00	254.32	2011.96	419.01	100.0  52.6	1.000	1.000	0.0
6	S	0.00	254.32	2011.96	419.01	100.0  52.6	1.000	1.000	0.0

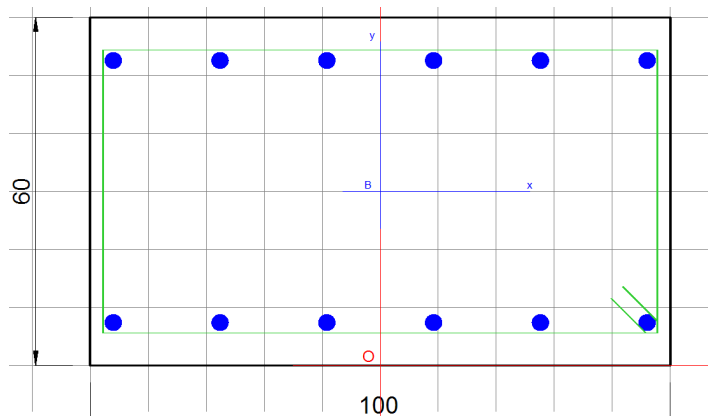
## 10.1 Verifica piedritti

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

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	299.42	0.00	<b>357.93</b>	11	0.35	SIS3
M3	min		-227.62	0.00	<b>-325.36</b>	12	0.35	SIS4
V2	max		299.64	<b>299.64</b>	355.53	11	0.35	SIS1
V2	min		-227.84	<b>-227.84</b>	-322.96	12	0.35	SIS2
P	max		<b>-46.49</b>	0.00	17.97	11	5.85	SIS11
P	min		<b>-338.48</b>	0.00	100.91	12	0.35	SIS3
SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	269.20	0.00	<b>300.44</b>	11	0.35	SLU4
M3	min		-268.97	0.00	<b>-299.80</b>	12	0.35	SLU6
V2	max		276.75	<b>276.75</b>	268.92	11	0.35	SLU5
V2	min		-276.52	<b>-276.52</b>	-268.28	12	0.35	SLU7
P	max		<b>-141.37</b>	0.00	43.00	11	5.85	SLU5
P	min		<b>-463.27</b>	0.00	-13.29	12	0.35	SLU4
SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	183.89	0.00	<b>159.59</b>	11	0.35	RAR2
M3	min		-183.83	0.00	<b>-159.41</b>	12	0.35	RAR3
V2	max		183.89	<b>183.89</b>	159.59	11	0.35	RAR2
V2	min		-183.83	<b>-183.83</b>	-159.41	12	0.35	RAR3
P	max		<b>-162.75</b>	0.00	94.00	11	5.85	RAR2
P	min		<b>-312.64</b>	0.00	-116.30	12	0.35	RAR1
SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-121.60	0.00	<b>150.03</b>	11	5.85	FREQ3
M3	min		121.55	0.00	<b>-149.90</b>	12	5.85	FREQ2
V2	max		176.27	<b>176.27</b>	149.07	11	0.35	FREQ2
V2	min		-176.21	<b>-176.21</b>	-148.93	12	0.35	FREQ3
P	max		<b>-165.03</b>	0.00	99.65	11	5.85	FREQ2
P	min		<b>-301.44</b>	0.00	-114.44	12	0.35	FREQ1
SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	-110.47	0.00	<b>122.25</b>	11	5.85	QPE1
M3	min		110.47	0.00	<b>-122.26</b>	12	5.85	QPE1
V2	max		145.76	<b>145.76</b>	107.00	11	0.35	QPE1
V2	min		-145.76	<b>-145.76</b>	-107.01	12	0.35	QPE1
P	max		<b>-174.17</b>	0.00	122.25	11	5.85	QPE1
P	min		<b>-256.64</b>	0.00	-107.01	12	0.35	QPE1

### 10.1.1 Verifica in condizioni statiche

La sezione è stata armata con un ordine di 6  $\phi 24$  disposti sia superiormente che inferiormente, con staffe  $\phi 12$ 710 cm a due bracci.



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

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di Pilastro
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Comb. non sismiche
Riferimento alla sismicità:	

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	8.50 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.5 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito



SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	40 di 55

Coeff. Aderenza istant.  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50  
Comb.Rare - Sf Limite: 360.0 MPa

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	6Ø24	(27.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	6Ø24	(27.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

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

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	300.44	0.00	0.00
2	0.00	-299.80	0.00	0.00
3	0.00	268.92	276.75	0.00
4	0.00	-268.28	-276.52	0.00
5	0.00	43.00	0.00	0.00
6	0.00	-13.29	0.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	159.59
2	0.00	-159.41
3	0.00	159.59
4	0.00	-159.41
5	0.00	94.00
6	0.00	-116.30

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	150.03 (214.20)
2	0.00	-149.90 (-214.20)
3	0.00	149.07 (214.20)
4	0.00	-148.93 (-214.20)
5	0.00	99.65 (214.20)
6	0.00	-114.44 (-214.20)

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

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	41 di 55

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	122.25 (214.20)
2	0.00	-122.26 (-214.20)
3	0.00	107.00 (214.20)
4	0.00	-107.01 (-214.20)
5	0.00	122.25 (214.20)
6	0.00	-107.01 (-214.20)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 1.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] 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.  
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm<sup>2</sup>]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	300.44	0.22	524.31	1.745	52.5	---	---	54.3 (18.0)
2	S	0.00	-299.80	0.22	-524.31	1.749	7.5	---	---	54.3 (18.0)
3	S	0.00	268.92	0.22	524.31	1.950	52.5	---	---	54.3 (18.0)
4	S	0.00	-268.28	0.22	-524.31	1.954	7.5	---	---	54.3 (18.0)
5	S	0.00	43.00	0.22	524.31	12.193	52.5	---	---	54.3 (18.0)
6	S	0.00	-13.29	0.22	-524.31	39.451	7.5	---	---	54.3 (18.0)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00005	52.6	-0.02101	7.4
2	0.00350	0.0	0.00005	7.4	-0.02101	52.6
3	0.00350	60.0	0.00005	52.6	-0.02101	7.4
4	0.00350	0.0	0.00005	7.4	-0.02101	52.6
5	0.00350	60.0	0.00005	52.6	-0.02101	7.4
6	0.00350	0.0	0.00005	7.4	-0.02101	52.6

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

Diametro staffe/legature:	12	mm	
Passo staffe:	10.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm <sup>2</sup> /m]

### VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	Ast
1	S	0.00	2107.83	438.97	100.0  49.6	1.000	1.000	0.0
2	S	0.00	2107.83	438.97	100.0  49.6	1.000	1.000	0.0
3	S	276.75	1453.68	1097.43	100.0  49.6	2.500	1.000	5.7
4	S	-276.52	1453.68	1097.43	100.0  49.6	2.500	1.000	5.7
5	S	0.00	2107.83	438.97	100.0  49.6	1.000	1.000	0.0
6	S	0.00	2107.83	438.97	100.0  49.6	1.000	1.000	0.0

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
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 ([MPa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.46	60.0	0.00	44.6	-125.2	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
2	S	3.45	0.0	0.00	15.4	-125.0	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
3	S	3.46	60.0	0.00	44.6	-125.2	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
4	S	3.45	0.0	0.00	15.4	-125.0	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
5	S	2.04	60.0	0.00	44.6	-73.7	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
6	S	2.52	0.0	0.00	15.4	-91.2	7.4	14.9	1486	27.1	17.0

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

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srn	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 [kNm]

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	43 di 55

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00075	0.00026	0.50	0.60	0.000375 (0.000375)	434	0.163 (990.00)	214.20
2	S	-0.00075	0.00026	0.50	0.60	0.000375 (0.000375)	434	0.163 (990.00)	-214.20
3	S	-0.00075	0.00026	0.50	0.60	0.000375 (0.000375)	434	0.163 (990.00)	214.20
4	S	-0.00075	0.00026	0.50	0.60	0.000375 (0.000375)	434	0.163 (990.00)	-214.20
5	S	-0.00044	0.00015	0.50	0.60	0.000221 (0.000221)	434	0.096 (990.00)	214.20
6	S	-0.00055	0.00019	0.50	0.60	0.000274 (0.000274)	434	0.119 (990.00)	-214.20

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.25	60.0	0.00	44.6	-117.7	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
2	S	3.25	0.0	0.00	15.4	-117.6	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
3	S	3.23	60.0	0.00	44.6	-116.9	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
4	S	3.23	0.0	0.00	15.4	-116.8	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
5	S	2.16	60.0	0.00	44.6	-78.2	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
6	S	2.48	0.0	0.00	15.4	-89.8	7.4	14.9	1486	27.1	17.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00071	0.00024	0.50	0.60	0.000353 (0.000353)	434	0.153 (0.20)	214.20
2	S	-0.00070	0.00024	0.50	0.60	0.000353 (0.000353)	434	0.153 (0.20)	-214.20
3	S	-0.00070	0.00024	0.50	0.60	0.000351 (0.000351)	434	0.152 (0.20)	214.20
4	S	-0.00070	0.00024	0.50	0.60	0.000350 (0.000350)	434	0.152 (0.20)	-214.20
5	S	-0.00047	0.00016	0.50	0.60	0.000234 (0.000234)	434	0.102 (0.20)	214.20
6	S	-0.00054	0.00019	0.50	0.60	0.000269 (0.000269)	434	0.117 (0.20)	-214.20

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.65	60.0	0.00	44.6	-95.9	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
2	S	2.65	0.0	0.00	15.4	-95.9	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
3	S	2.32	60.0	0.00	44.6	-83.9	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
4	S	2.32	0.0	0.00	15.4	-83.9	7.4	14.9	1486	27.1	17.0
5	S	2.65	60.0	0.00	44.6	-95.9	52.6	14.9	1486	27.1	17.0
6	S	2.32	0.0	0.00	15.4	-83.9	7.4	14.9	1486	27.1	17.0

**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	-0.00057	0.00020	0.50	0.40	0.000288 (0.000288)	434	0.125 (0.20)	214.20
2	S	-0.00057	0.00020	0.50	0.40	0.000288 (0.000288)	434	0.125 (0.20)	-214.20
3	S	-0.00050	0.00017	0.50	0.40	0.000252 (0.000252)	434	0.109 (0.20)	214.20
4	S	-0.00050	0.00017	0.50	0.40	0.000252 (0.000252)	434	0.109 (0.20)	-214.20
5	S	-0.00057	0.00020	0.50	0.40	0.000288 (0.000288)	434	0.125 (0.20)	214.20
6	S	-0.00050	0.00017	0.50	0.40	0.000252 (0.000252)	434	0.109 (0.20)	-214.20

## 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 Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	8.50 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	6Ø24	(27.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	6Ø24	(27.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	357.93	0.00	0.00
2	0.00	-325.36	0.00	0.00
3	0.00	355.53	299.64	0.00
4	0.00	-322.96	-227.84	0.00
5	0.00	17.97	0.00	0.00
6	0.00	100.91	0.00	0.00

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	16.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	1.6	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] 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.
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm <sup>2</sup> ]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	357.93			1.395	45.1	---	---	54.3 (18.0)
2	S	0.00	-325.36			1.535	14.9	---	---	54.3 (18.0)
3	S	0.00	355.53			1.404	45.1	---	---	54.3 (18.0)
4	S	0.00	-322.96			1.546	14.9	---	---	54.3 (18.0)
5	S	0.00	17.97			27.785	45.1	---	---	54.3 (18.0)
6	S	0.00	100.91			4.948	45.1	---	---	54.3 (18.0)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00077	60.0	0.00039	52.6	-0.00196	7.4
2	0.00077	0.0	0.00039	7.4	-0.00196	52.6
3	0.00077	60.0	0.00039	52.6	-0.00196	7.4
4	0.00077	0.0	0.00039	7.4	-0.00196	52.6
5	0.00077	60.0	0.00039	52.6	-0.00196	7.4
6	0.00077	60.0	0.00039	52.6	-0.00196	7.4

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

Diametro staffe/legature:	12	mm	
Passo staffe:	10.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm <sup>2</sup> /m]

### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
-----	--

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	46 di 55

Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio  $V_y$  di comb. (sollecit. retta)  
Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
bw|z Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Braccio coppia interna  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	bw z	Ctg	Acw	ASt
1	S	0.00	1982.44	412.86	100.0  46.6	1.000	1.000	0.0
2	S	0.00	1982.44	412.86	100.0  46.6	1.000	1.000	0.0
3	S	299.64	1367.20	1032.15	100.0  46.6	2.500	1.000	6.6
4	S	-227.84	1367.20	1032.15	100.0  46.6	2.500	1.000	5.0
5	S	0.00	1982.44	412.86	100.0  46.6	1.000	1.000	0.0
6	S	0.00	1982.44	412.86	100.0  46.6	1.000	1.000	0.0

## 10.2 Verifica soletta inferiore

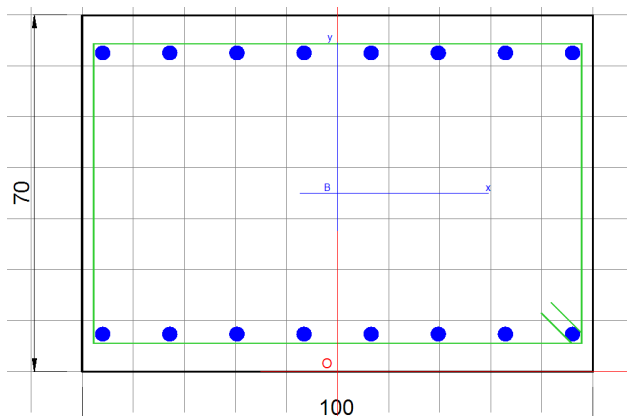
Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	211.42	0.00	<b>468.78</b>	1	0.00	SIS3
M3	min		40.20	0.00	<b>-227.55</b>	1	1.26	SIS4
V2	max		222.62	<b>222.62</b>	329.89	1	0.64	SIS3
V2	min		-217.81	<b>-217.81</b>	277.86	1	4.98	SIS4
P	max		<b>-2.02</b>	0.00	29.77	1	0.00	SIS11
P	min		<b>-279.98</b>	0.00	-133.07	1	0.00	SIS2
SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	287.58	0.00	<b>401.21</b>	1	0.00	SLU4
M3	min		60.63	0.00	<b>-211.84</b>	1	1.88	SLU6
V2	max		302.69	<b>302.69</b>	212.33	1	0.64	SLU4
V2	min		-303.48	<b>-303.48</b>	216.88	1	4.98	SLU6
P	max		<b>-147.15</b>	0.00	401.21	1	0.00	SLU4
P	min		<b>-353.23</b>	0.00	21.88	1	0.00	SLU7
SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	162.69	0.00	<b>228.75</b>	1	0.00	RAR2
M3	min		49.81	0.00	<b>-121.71</b>	1	2.50	RAR1
V2	max		195.90	<b>195.90</b>	48.53	1	0.64	RAR1
V2	min		-196.76	<b>-196.76</b>	51.71	1	4.98	RAR1
P	max		<b>-182.10</b>	0.00	228.75	1	0.00	RAR2
P	min		<b>-239.99</b>	0.00	115.62	1	0.00	RAR3
SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	160.41	0.00	<b>215.46</b>	1	0.00	FREQ2
M3	min		48.35	0.00	<b>-113.30</b>	1	2.50	FREQ1
V2	max		189.21	<b>189.21</b>	51.21	1	0.64	FREQ1
V2	min		-190.03	<b>-190.03</b>	54.27	1	4.98	FREQ1
P	max		<b>-184.87</b>	0.00	215.46	1	0.00	FREQ2
P	min		<b>-231.18</b>	0.00	124.95	1	0.00	FREQ3
SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	-152.28	0.00	<b>162.30</b>	1	5.60	QPE1
M3	min		42.50	0.00	<b>-79.66</b>	1	2.50	QPE1
V2	max		162.47	<b>162.47</b>	61.90	1	0.64	QPE1
V2	min		-163.13	<b>-163.13</b>	64.53	1	4.98	QPE1
P	max		<b>-195.95</b>	0.00	162.29	1	0.00	QPE1
P	min		<b>-195.95</b>	0.00	162.29	1	0.00	QPE1



### 10.2.1 Verifica in condizioni statiche

La sezione è stata armata con un ordine di 8  $\phi 24$  disposti sia superiormente che inferiormente, con staffe  $\phi 12/710$  cm a due bracci.



### DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE DI FONDAZIONE IN C.A.

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

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	8.50 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.5 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa	

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	49 di 55

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:	360.0 MPa

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	70.0	cm
Barre inferiori:	8Ø24	(36.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	8Ø24	(36.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

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

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	401.21	0.00	0.00
2	0.00	-211.84	0.00	0.00
3	0.00	212.33	302.69	0.00
4	0.00	216.88	-303.48	0.00
5	0.00	401.21	0.00	0.00
6	0.00	21.88	0.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	228.75
2	0.00	-121.71
3	0.00	48.53
4	0.00	51.71
5	0.00	228.75
6	0.00	115.62

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	215.46 (305.36)
2	0.00	-113.30 (-305.36)
3	0.00	51.21 (305.36)
4	0.00	54.27 (305.36)
5	0.00	215.46 (305.36)
6	0.00	124.95 (305.36)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	162.30 (305.36)
2	0.00	-79.66 (-305.36)
3	0.00	61.90 (305.36)
4	0.00	64.53 (305.36)
5	0.00	162.29 (305.36)
6	0.00	162.29 (305.36)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.7 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 1.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] 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) § 4.1.2.1.2.1 NTC; deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	401.21	0.04	826.81	2.061	61.7	0.13	0.70	36.2 (14.0)
2	S	0.00	-211.84	0.04	-826.81	3.903	8.3	0.13	0.70	36.2 (14.0)
3	S	0.00	212.33	0.04	826.81	3.894	61.7	0.13	0.70	36.2 (14.0)
4	S	0.00	216.88	0.04	826.81	3.812	61.7	0.13	0.70	36.2 (14.0)
5	S	0.00	401.21	0.04	826.81	2.061	61.7	0.13	0.70	36.2 (14.0)
6	S	0.00	21.88	0.04	826.81	37.788	61.7	0.13	0.70	36.2 (14.0)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	70.0	0.00038	62.6	-0.02290	7.4
2	0.00350	0.0	0.00038	7.4	-0.02290	62.6
3	0.00350	70.0	0.00038	62.6	-0.02290	7.4
4	0.00350	70.0	0.00038	62.6	-0.02290	7.4
5	0.00350	70.0	0.00038	62.6	-0.02290	7.4

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	51 di 55

6                      0.00350                      70.0                      0.00038                      62.6                      -0.02290                      7.4

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

Diametro staffe/legature:            12    mm  
 Passo staffe:                            10.0    cm            [Passo massimo di normativa = 15.1 cm]  
 N.Bracci staffe:                        2  
 Area staffe/m :                        22.6    cm<sup>2</sup>/m            [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

### VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	0.00	304.36	2394.46	498.67	100.0  62.6	1.000	1.000	0.0
2	S	0.00	304.36	2394.46	498.67	100.0  62.6	1.000	1.000	0.0
3	S	302.69	304.36	1651.35	1246.66	100.0  62.6	2.500	1.000	5.5
4	S	-303.48	304.36	1651.35	1246.66	100.0  62.6	2.500	1.000	5.5
5	S	0.00	304.36	2394.46	498.67	100.0  62.6	1.000	1.000	0.0
6	S	0.00	304.36	2394.46	498.67	100.0  62.6	1.000	1.000	0.0

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

Ver                     S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max                Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])  
 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 ([MPa])  
 Yc min                Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min                Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]  
 Ys min                Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Dw Eff.                Spessore di calcestruzzo [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	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.22	70.0	0.00	51.2	-112.8	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
2	S	1.72	0.0	0.00	18.9	-60.0	7.4	17.1	1708	36.2	12.2
3	S	0.69	70.0	0.00	51.1	-23.9	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
4	S	0.73	70.0	0.00	51.1	-25.5	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
5	S	3.22	70.0	0.00	51.2	-112.8	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
6	S	1.63	70.0	0.00	51.2	-57.0	62.6	17.1	1708	36.2	12.2

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

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

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	52 di 55

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00066	0.00024	0.50	0.60	0.000338 (0.000338)	403	0.136 (990.00)	305.36
2	S	-0.00035	0.00013	0.50	0.60	0.000180 (0.000180)	403	0.073 (990.00)	-305.36
3	S	-0.00014	0.00005	0.50	0.60	0.000072 (0.000072)	403	0.029 (990.00)	305.36
4	S	-0.00015	0.00005	0.50	0.60	0.000076 (0.000076)	403	0.031 (990.00)	305.36
5	S	-0.00066	0.00024	0.50	0.60	0.000338 (0.000338)	403	0.136 (990.00)	305.36
6	S	-0.00033	0.00012	0.50	0.60	0.000171 (0.000171)	403	0.069 (990.00)	305.36

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.03	70.0	0.00	51.2	-106.2	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
2	S	1.60	0.0	0.00	18.9	-55.9	7.4	17.1	1708	36.2	12.2
3	S	0.73	70.0	0.00	51.1	-25.2	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
4	S	0.77	70.0	0.00	51.1	-26.8	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
5	S	3.03	70.0	0.00	51.2	-106.2	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
6	S	1.76	70.0	0.00	51.2	-61.6	62.6	17.1	1708	36.2	12.2

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00062	0.00023	0.50	0.60	0.000319 (0.000319)	403	0.129 (0.20)	305.36
2	S	-0.00033	0.00012	0.50	0.60	0.000168 (0.000168)	403	0.068 (0.20)	-305.36
3	S	-0.00015	0.00005	0.50	0.60	0.000076 (0.000076)	403	0.031 (0.20)	305.36
4	S	-0.00016	0.00006	0.50	0.60	0.000080 (0.000080)	403	0.032 (0.20)	305.36
5	S	-0.00062	0.00023	0.50	0.60	0.000319 (0.000319)	403	0.129 (0.20)	305.36
6	S	-0.00036	0.00013	0.50	0.60	0.000185 (0.000185)	403	0.075 (0.20)	305.36

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.28	70.0	0.00	51.2	-80.0	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
2	S	1.13	0.0	0.00	18.9	-39.3	7.4	17.1	1708	36.2	12.2
3	S	0.88	70.0	0.00	51.1	-30.5	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
4	S	0.91	70.0	0.00	51.1	-31.8	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
5	S	2.28	70.0	0.00	51.2	-80.0	62.6	17.1	1708	36.2	12.2
6	S	2.28	70.0	0.00	51.2	-80.0	62.6	17.1	1708	36.2	12.2

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00047	0.00017	0.50	0.40	0.000240 (0.000240)	403	0.097 (0.20)	305.36
2	S	-0.00023	0.00008	0.50	0.40	0.000118 (0.000118)	403	0.048 (0.20)	-305.36
3	S	-0.00018	0.00007	0.50	0.40	0.000092 (0.000092)	403	0.037 (0.20)	305.36
4	S	-0.00019	0.00007	0.50	0.40	0.000095 (0.000095)	403	0.038 (0.20)	305.36
5	S	-0.00047	0.00017	0.50	0.40	0.000240 (0.000240)	403	0.097 (0.20)	305.36
6	S	-0.00047	0.00017	0.50	0.40	0.000240 (0.000240)	403	0.097 (0.20)	305.36

## 10.2.2 Verifica in condizioni sismiche

### DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE DI FONDAZIONE IN C.A.

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

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	8.50 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	70.0	cm
Barre inferiori:	8Ø24	(36.2 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	8Ø24	(36.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	468.78	0.00	0.00
2	0.00	-227.55	0.00	0.00
3	0.00	329.89	222.62	0.00
4	0.00	277.86	-217.81	0.00
5	0.00	29.77	0.00	0.00

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	54 di 55

6                      0.00                      -133.07                      0.00                      0.00

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                      2.8    cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali:                      10.7    cm  
Copriferro netto minimo staffe:    1.6    cm

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

Ver                      S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N                      Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx                      Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult                      Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx re                      Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] 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) [§ 4.1.2.1.2.1 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	468.78			1.693	51.8	0.29	0.80	36.2 (14.0)
2	S	0.00	-227.55			3.487	18.2	0.29	0.80	36.2 (14.0)
3	S	0.00	329.89			2.405	51.8	0.29	0.80	36.2 (14.0)
4	S	0.00	277.86			2.856	51.8	0.29	0.80	36.2 (14.0)
5	S	0.00	29.77			26.655	51.8	0.29	0.80	36.2 (14.0)
6	S	0.00	-133.07			5.963	18.2	0.29	0.80	36.2 (14.0)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max                      Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00080	70.0	0.00047	62.6	-0.00196	7.4
2	0.00080	0.0	0.00047	7.4	-0.00196	62.6
3	0.00080	70.0	0.00047	62.6	-0.00196	7.4
4	0.00080	70.0	0.00047	62.6	-0.00196	7.4
5	0.00080	70.0	0.00047	62.6	-0.00196	7.4
6	0.00080	0.0	0.00047	7.4	-0.00196	62.6

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

Diametro staffe/legature:                      12    mm  
Passo staffe:    10.0    cm                      [Passo massimo di normativa = 15.1 cm]  
N.Bracci staffe:    2  
Area staffe/m :    22.6    cm<sup>2</sup>/m                      [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

SL09 – SOTTOVIA ALLA VIABILITÀ DI ACCESSO AL  
PIAZZALE: RELAZIONE DI CALCOLO SCATOLARE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	CL	SL 09 0 0 001	A	55 di 55

## VERIFICHE A TAGLIO

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

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw  d	Ctg	Acw	ASt
1	S	0.00	304.36	2394.46	498.67	100.0  62.6	1.000	1.000	0.0
2	S	0.00	304.36	2394.46	498.67	100.0  62.6	1.000	1.000	0.0
3	S	222.62	304.36	1651.35	1246.66	100.0  62.6	2.500	1.000	4.0
4	S	-217.81	304.36	1651.35	1246.66	100.0  62.6	2.500	1.000	4.0
5	S	0.00	304.36	2394.46	498.67	100.0  62.6	1.000	1.000	0.0
6	S	0.00	304.36	2394.46	498.67	100.0  62.6	1.000	1.000	0.0