

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**SL - SOTTOPASSO**

**SL14 - PROLUNGAMENTO SOTTOPASSO AL KM 42+002**

**GENERALE**

**Relazione di calcolo sottopasso**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo CARMONA Data: Giugno 2021			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	12	E	I2	CL	SL14A0	001	A	- - - D - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	



Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	CODING <i>[Signature]</i>	30/06/21	C. Pinti <i>[Signature]</i>	30/06/21	P. Luciani <i>[Signature]</i>	30/06/21	Giuseppe Fabrizio Coppa 

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2CLSL14A0001A.DOCX Cod. origine:
-----------------	----------------------	---





Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	UNITÀ DI MISURA	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
4.1	Calcestruzzo	9
4.2	Acciaio per armature ordinarie	9
4.3	Copriferrì	9
4.4	Durabilità e prescrizioni sui materiali	9
5	PARAMETRI SISMICI	11
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
6.1	Rilevati e rinterri	13
6.2	Stratigrafia e parametri geotecnici	13
6.3	Liquefacibilità dei terreni	14
7	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	15
8	ANALISI DEI CARICHI	16
8.1	Condizioni di carico	16
8.1.1	Peso proprio strutturale (PP)	16
8.1.2	Carichi permanenti portati (PERM)	16
8.1.3	Spinta del terreno (SPTSX e SPTDX)	17
8.1.4	Azioni della falda (SPTW)	18
8.1.5	Azioni termiche (TERM)	18
8.1.6	Ritiro (RITIRO)	18
8.1.7	Azioni variabili da traffico	19
8.1.8	Azioni sismiche	23
8.2	Combinazioni di carico	25
9	CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALI	32
9.1	Verifica agli Stati Limite di Esercizio	32
9.1.1	Verifica a fessurazione	32
9.1.2	Verifica delle tensioni in esercizio	33
9.2	Verifica agli Stati Limite Ultimi	34
9.2.1	Sollecitazioni flettenti	34
9.2.2	Sollecitazioni taglianti	34
10	MODELLAZIONE STRUTTURALE	36
10.1	Codice di calcolo	36
10.2	Modello di calcolo	36
10.3	Interazione terreno-struttura	37

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

11	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	39
12	VERIFICHE DI DEFORMAZIONE E VIBRAZIONE	43
12.1	Inflessione nel piano verticale dell'impalcato	43
12.2	Stato limite di comfort dei passeggeri	44
13	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO SCATOLARE	45
13.1	Soletta superiore – sezione di mezzeria	46
13.2	Soletta superiore – sezione di incastro	51
13.3	Soletta inferiore – sezione di mezzeria	56
13.4	Soletta inferiore – sezione di incastro	60
13.5	Piedritti – sezione di incastro inferiore	66
13.6	Piedritti – sezione di incastro superiore	71
13.7	Piedritti – sezione di mezzeria	76
13.8	Setto centrale – sezione maggiormente sollecitata	81
14	VERIFICHE GEOTECNICHE	86
14.1	Verifica della capacità portante	86
14.2	Valutazione dei cedimenti	94
14.3	Verifica a sollevamento	96
15	DICHIARAZIONE SECONDO NTC2008 (§ 10.2)	98

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 1 PREMESSA

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali del prolungamento del sottopasso ferroviario denominato 'SL14', ubicato al km 42+002, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della Linea AV/AC Verona - Padova, Sub tratta Verona – bivio Vicenza, 1° sub lotto Montebello Vicentino - Vicenza.

La struttura scatolare è del tipo gettato in opera ed ha dimensioni interne complessive 11.00 x 5.90/5.51 m (sugli 11.00 m di larghezza interna si hanno circa 9.00 m di piattaforma stradale e circa 1.50 m di piattaforma ciclopedonale, separate da un setto in cls armato di spessore pari a 0.50 m), con soletta di copertura di spessore 1.00 m, piedritti di spessore 1.00 m e soletta di fondazione di spessore 1.20 m. La distanza tra la quota del piano del ferro e l'estradosso della soletta superiore è pari a 0.81 m. L'opera presenta uno sviluppo longitudinale di 11.25 m. L'asse del sottopasso risulta in retto rispetto all'asse ferroviario.

Si individua nello stralcio planimetrico riportato a seguire l'ubicazione del sottopasso in esame.

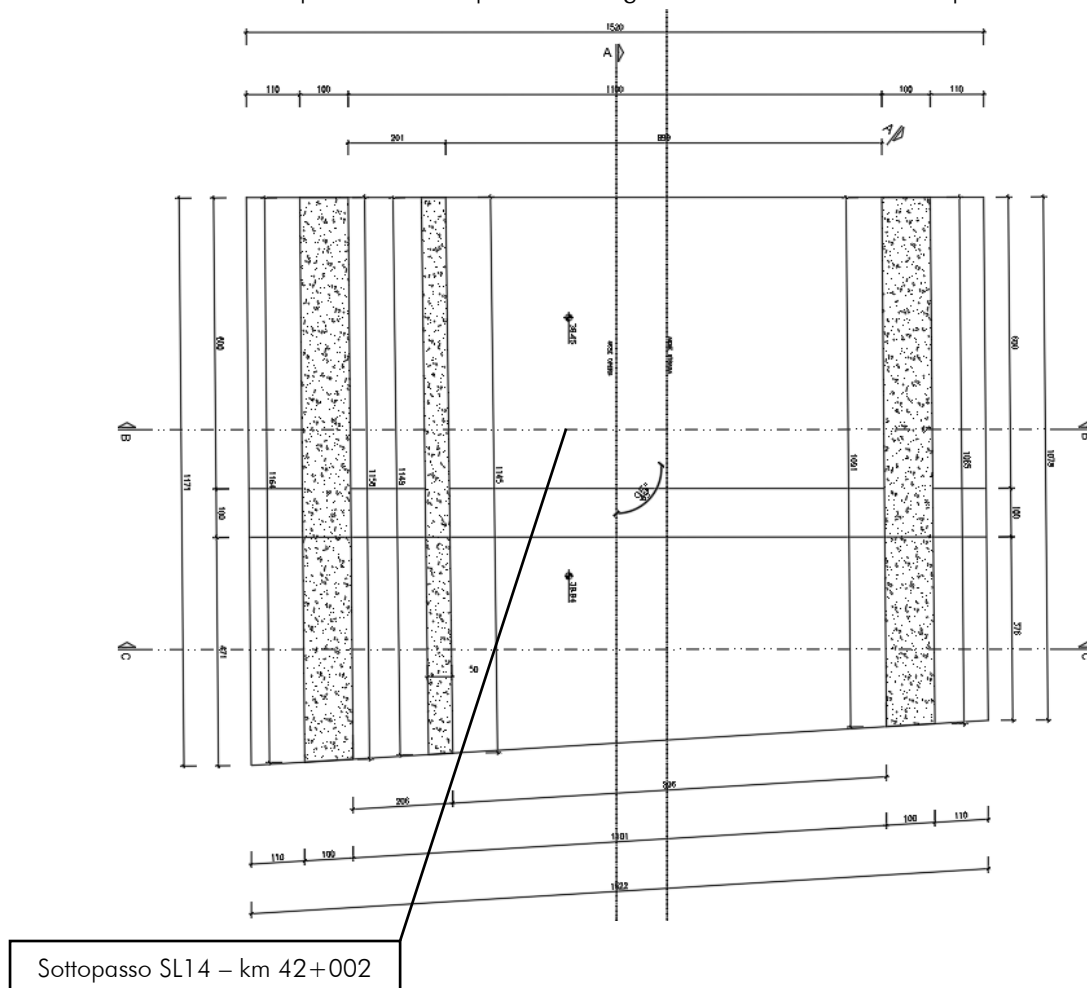


Figura 1.1: Stralcio planimetrico – Ubicazione sottopasso SL14

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

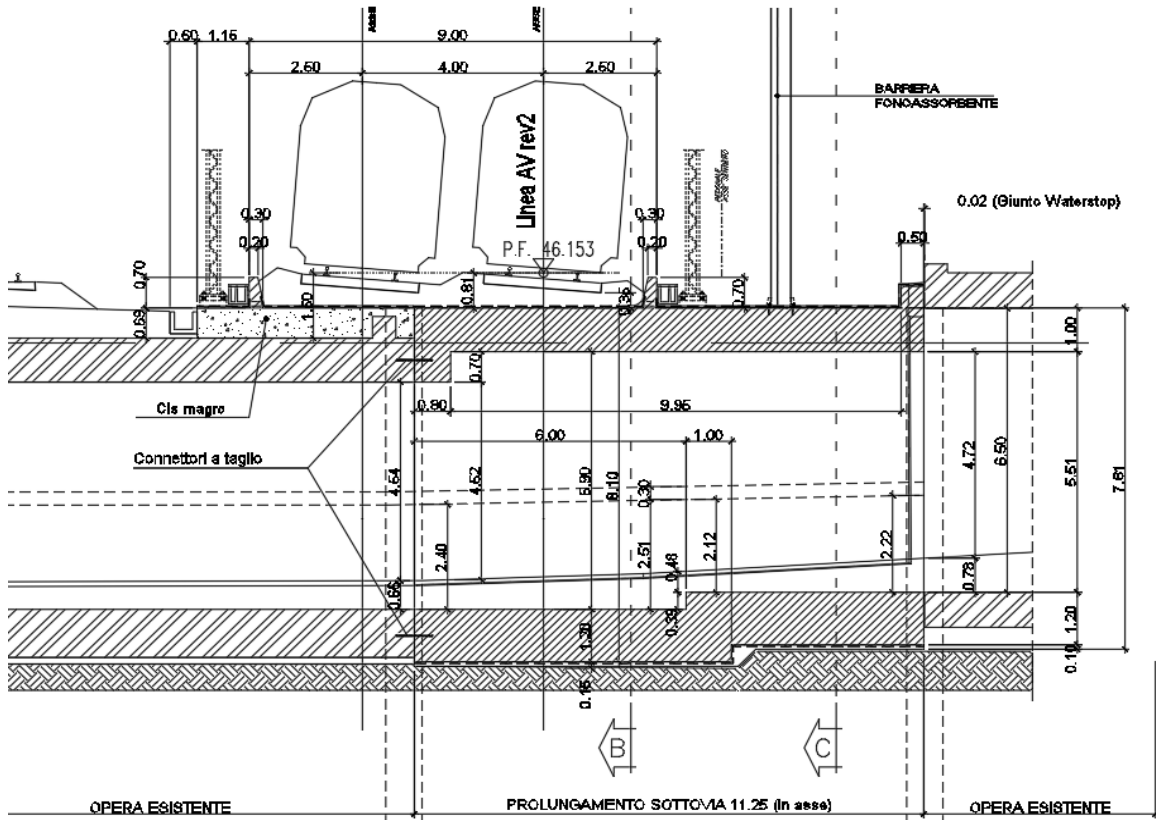


Figura 1.2: Sezione longitudinale sottopasso SL14

Si riporta la sezione di calcolo:

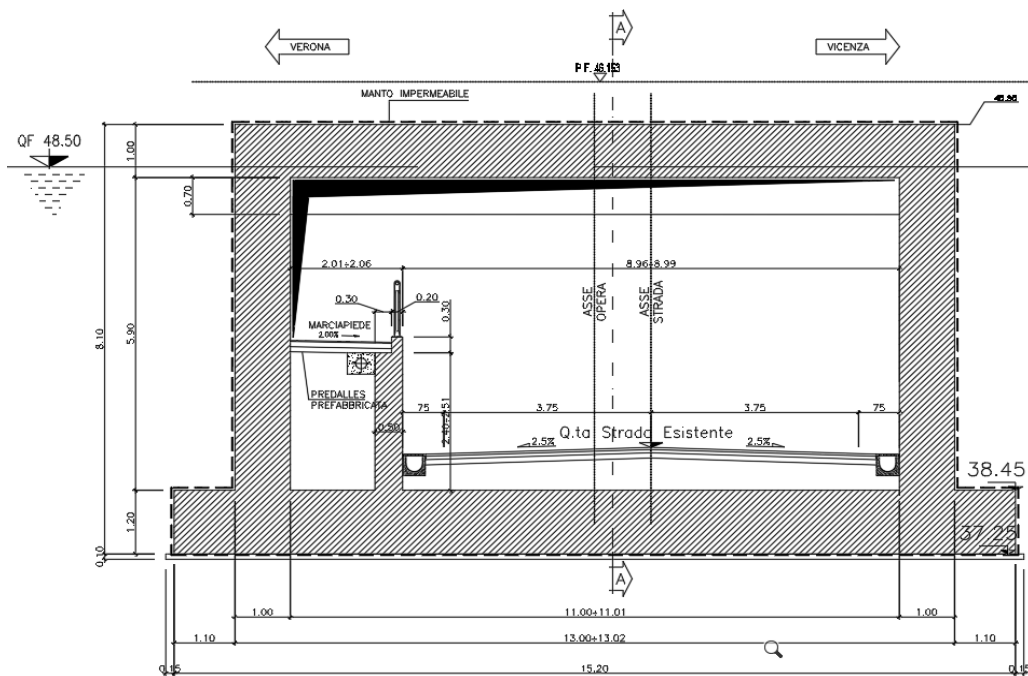






Figura 1.3: Sezione di calcolo sottopasso SL14

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL14A0001</p>	<p>A</p>

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A



## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le disposizioni legislative in elenco e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 Febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-11-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- UNI 11104:2016 "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206".
- RFI DTC SI MA IFS 001 B – Dicembre 2017: Manuale di progettazione delle opere civili.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL14A0001</p>	<p>A</p>

### 3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze [m]
- forze [kN]
- momenti [kNm]
- tensioni [MPa]



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO

Per la realizzazione dello scatolare, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 32/40 ( $R_{ck} \geq 40.00 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza media a compressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \quad \text{N/mm}^2$$

Modulo elastico

$$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione

$$f_{cd} = a_c \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 18.81 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione media

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.17 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a trazione di calcolo

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Rara)

$$\sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 18.26 \quad \text{N/mm}^2$$

Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

$$\sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 13.28 \quad \text{N/mm}^2$$

### 4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie B450C

Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$

Tensione caratteristica di rottura  $f_t \geq 540 \text{ MPa}$

Modulo di elasticità  $E_s = 210000 \text{ MPa}$

### 4.3 COPRIFERRI



Si riportano di seguito i copriferri nominali per le strutture in calcestruzzo armato:

Strutture di elevazione 5.0 cm

Strutture di fondazione 5.0 cm



### 4.4 DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL14A0001</p>	<p>A</p>

Si adotta quanto segue:

Fondazione	Classe di esposizione	XC2
Elevazione	Classe di esposizione	XC4

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 5 PARAMETRI SISMICI

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato. La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d'uso assunta è la III. Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$V_R = V_N \times C_u = 100 \times 1.5 = 150 \text{ anni.}$$

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR} \text{ (SLV)} = 10\%.$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni vale:

$$T_R \text{ (SLV)} = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{VR})} = 1424 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ :

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

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T.C. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NTC par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Wood:

$$\Delta P_d = S a_g / g \gamma h_{tot}^2$$

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, considerando la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

I valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV sono i seguenti:



Latitudine: 45.304766

Longitudine: 11.272939

$a_g = 0.221 \text{ g}$ ;

$F_0 = 2.427$ ;

$T^*_c = 0.290 \text{ s}$ .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

Il sottosuolo su cui insiste l'opera ricade in categoria sismica "C" e categoria topografica "T1". I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

$$S_S = 1.378;$$

$$S_T = 1.0.$$

Risulta quindi:

$$a_{max} = 2.992 \text{ m/s}^2;$$

$$k_h = 0.305;$$

$$k_v = \pm 0.158$$



con:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Nel caso in esame, poiché l'opera non è in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001
				A

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 RILEVATI E RINTERRI

Sono riassunte nel prospetto riportato di seguito le caratteristiche del terreno dei rilevati ferroviari esistenti e di nuova progettazione (con  $\gamma$  pari al peso specifico del terreno;  $\gamma_{sat}$  pari al peso specifico saturo del terreno;  $c'$  pari alla coesione;  $\phi'$  pari all'angolo di attrito;  $K_0$  coefficiente di spinta a riposo):

Parametri del rilevato ferroviario				
$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$c'$	$\phi'$	$k_0$
(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(-)
20.00	20.00	0.0	38.0	0.384

### 6.2 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si riportano di seguito le caratteristiche geotecniche relative al terreno di fondazione della tratta in cui ricade il sottopasso in esame, desunte dagli esiti delle indagini disponibili. Le formazioni indicate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nel seguente elenco:

- Unità 2 – Limi argillosi debolmente sabbiosi/argille limose debolmente sabbiose;
- Unità 6 – Ghiaie sabbiose con contenuti di fine e presenza locale di ciottoli.



La quota rispetto alla quale è individuata la stratigrafia riportata a seguire, corrispondente a 43.63 m s.l.m. , è assunta coincidente col p.c. locale dell'opera in esame intercettato sulla linea.

Per quanto riguarda la falda di progetto, questa è assunta alla quota di 42.63 m s.l.m. , ossia a circa 1.0 m dalla quota del p.c. locale. Per ulteriori dettagli circa la posizione della falda di progetto si faccia riferimento alla relazione geotecnica della WBS SL14 in oggetto.

**Tabella 1:** Stratigrafia e valori caratteristici dei parametri geotecnici di calcolo

Strato	Formazione	spessore strato	$Z_{base}$ strato	$\gamma$	$\phi'_k$	$c'_k$	$c_{uk}$	$E'$	Note
		(m)	(m da p.c.)	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)	(kPa)	(kN/m <sup>2</sup> )	
1	UG2	2.0	2.0	18	0	-	50-80	10000 - 25000	
2	UG6	6.0	8.0	19	39	0	-	25000 - 80000	
3	UG6	22.0	30.0	19	39	0	-	100000	
$Z_w$		Profondità della falda dal p.c. locale					1.00	m	

LEGENDA

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLSL14A0001</p>	<p>A</p>

$\gamma$  = peso di volume naturale;

$\phi_k'$  = valore caratteristico dell'angolo di attrito;



$c_k'$  = valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni drenate;

$c_{uk}$  = valore caratteristico della coesione non drenata;

$E'$  = modulo elastico del terreno.

### 6.3 LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

Non sono stati rilevati livelli di terreni potenzialmente liquefacibili in corrispondenza dell'opera in esame; per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica relativa alla WBS in esame.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 7 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Nel seguito sarà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza 1.00 m. Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della sezione in retto.

Spessore medio del ballast + armamento	$H_b =$	0.81 m
Spessore sovrizzo in curva	$H_{sv} =$	0.00 m
Spessore sub-ballast	$H_{sb} =$	0.00 m
Spessore supercompattato	$H_{sc} =$	0.30 m
Spessore rinterro	$H_r =$	0.00 m
Spessore massetto impermeabilizzazione	$H_m =$	0.00 m
Larghezza totale dello scatolare	$L_{tot} =$	13.00 m
Larghezza utile dello scatolare	$L_{int} =$	11.00 m
Larghezza mensola di fondazione sinistra	$L_{msx} =$	1.10 m
Larghezza mensola di fondazione destra	$L_{mdx} =$	1.10 m
Spessore della soletta di copertura	$S_s =$	1.00 m
Spessore piedritti	$S_p =$	1.00 m
Spessore ritto centrale	$S_{pc} =$	0.50 m
Spessore della soletta di fondazione	$S_f =$	1.20 m
Altezza libera dello scatolare	$H_{int} =$	5.90 m
Altezza totale dello scatolare	$H_{tot} =$	8.10 m
Quota falda da intradosso fondazione	$H_w =$	5.13 m
Larghezza striscia di calcolo	$b =$	1.00 m

L'asse del sottopasso risulta, come detto, in retto all'asse ferroviario.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 8 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono le condizioni di carico elementari assunte per l'analisi delle sollecitazioni e per le verifiche della struttura in esame. Tali condizioni di carico elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

calcestruzzo armato:  $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$ ;

sovrastuttura stradale:  $\gamma_{ril} = 18 \text{ kN/m}^3$ ;

massicciata + armamento:  $\gamma_b = 18 \text{ kN/m}^3$ .

### 8.1 CONDIZIONI DI CARICO

#### 8.1.1 Peso proprio strutturale (PP)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti risulta:

Peso soletta superiore  $P_{ss} = 25.00 \times 1.00 = 25.00 \text{ kN/m}$

Peso soletta inferiore  $P_{si} = 25.00 \times 1.20 = 30.00 \text{ kN/m}$

Peso piedritti  $P_p = 25.00 \times 1.00 = 25.00 \text{ kN/m}$

Peso soletta interna  $P_{sc} = 25.00 \times 0.50 = 12.50 \text{ kN/m}$

#### 8.1.2 Carichi permanenti portati (PERM)

##### 8.1.2.1 Soletta superiore

Ballast e armamento	0.81 m	x	18.00 kN/mc =	14.58 kN/mq
Sovralzo per linee in curva	0.00 m	x	20.00 kN/mc =	0.00 kN/mq
Sub-ballast	0.00 m	x	20.00 kN/mc =	0.00 kN/mq
Supercompattato	0.00 m	x	20.00 kN/mc =	0.00 kN/mq
Rinterro	0.00 m	x	20.00 kN/mc =	0.00 kN/mq
Massetto impermeabilizzazione	0.00 m	x	25.00 kN/mc =	0.00 kN/mq



Peso totale permanenti portati sulla soletta superiore:

$P_{ps} = 14.58 \text{ kN/m}$

Inoltre si considera, come carico concentrato nei nodi di connessione tra la soletta superiore e i piedritti, il carico permanente dovuto al peso della zona sovrastante la metà dello spessore del piedritto (la modellazione dello scatolare è stata fatta in asse piedritto):

Peso ricoprimento per metà spessore piedritto  $P_{ps_p} = 7.29 \text{ kN}$



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 8.1.2.2 Soletta inferiore

Su tutto lo sviluppo della soletta inferiore sono stati cautelativamente considerati i carichi permanenti relativi alla sovrastruttura stradale:

Spessore medio sovrastruttura stradale 0.75 m  
Peso specifico sovrastruttura stradale 18.0 kN/m<sup>3</sup>  
Peso sovrastruttura stradale 13.50 kN/m

### 8.1.3 Spinta del terreno (SPTSX e SPTDX)

La struttura è stata analizzata nella condizione di spinta a riposo.

$$K_0 = 0.384$$

La pressione del terreno è stata calcolata come:

$$P = (P_b + h_{\text{variabile}} * \gamma_{\text{terreno\_piedritto}}) * K_0$$

al di sopra della falda

$$P = [P_b + h_{\text{variabile}} * (\gamma_{\text{terreno\_piedritto}} - \gamma_w)] * K_0$$

al di sotto della falda

per cui risulta quanto segue.

Pressione estradosso soletta superiore  $P_1 = 5.60$  kN/m  
Pressione in asse soletta superiore  $P_2 = 9.45$  kN/m  
Pressione in asse soletta inferiore  $P_3 = 45.83$  kN/m  
Pressione intradosso soletta inferiore  $P_4 = 48.14$  kN/m

Inoltre sono stati considerati, come carichi concentrati nei nodi della copertura e della fondazione, i contributi delle spinte del terreno esercitate su metà spessore delle soletta di copertura e di fondazione.

Spinta semispessore soletta di copertura  $P_{H.t.cop} = 3.76$  kN  
Spinta semispessore soletta di fondazione  $P_{H.t.fond} = 28.19$  kN

Nella figura seguente si riportano i diagrammi di spinta del terreno agenti sui piedritti.

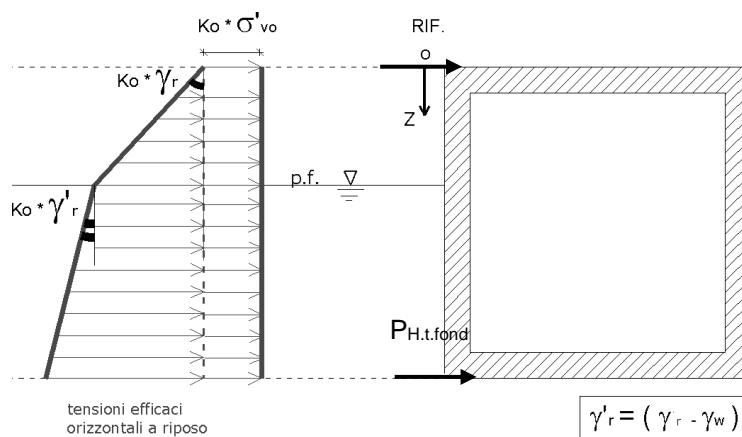




Figura 8.1: SPTSX

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 8.1.4 Azioni della falda (SPTW)

Qualora la falda sia posizionata al di sopra del piano di posa della fondazione si considera, in aggiunta alla spinta delle terre sopra definita, la spinta idrostatica esercitata dall'acqua sulle pareti verticali, pari a  $S_w = \gamma_w * z$ , e la sottospinta idraulica diretta verso l'alto sulla soletta inferiore, pari al prodotto del peso specifico dell'acqua, per l'altezza dello scatolare immerso,  $P_w = \gamma_w * h_{imm}$ .

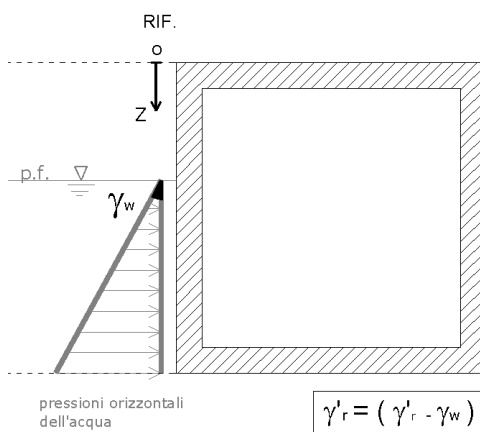


Figura 8.2: SPTW

### 8.1.5 Azioni termiche (TERM)

Sono stati considerati gli effetti dovuti alle variazioni termiche. In particolare, è stata considerata sulla soletta superiore una variazione termica uniforme di  $\pm 15^\circ \text{C}$  ed una variazione termica nello spessore, tra estradosso ed intradosso, pari a  $\Delta T_v = \pm 5^\circ \text{C}$ . Il valore applicato della variazione termica uniforme viene ridotto di 1/3 per considerare gli effetti viscosi del calcestruzzo, ed è quindi pari a  $\pm 5^\circ \text{C}$ . Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 * 10^{-6} = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

### 8.1.6 Ritiro (RITIRO)

Il ritiro viene applicato mediante una variazione termica uniforme della copertura, in grado di produrre la stessa deformazione nel calcestruzzo.

I fenomeni di ritiro sono stati considerati agenti sulla sola soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente pari a:



$$\Delta T_{\text{ritiro}} = -11.64 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Di seguito i risultati delle analisi.

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria, assumendo la dimensione convenzionale  $h_0$  pari a  $2 \times A_c/u$  ed un calcestruzzo C32/40.

Caratteristiche della sezione:

$$B = 1.00 \text{ m}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

H = 1.00 m

Caratteristiche del cls a tempo zero:

$f_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$                       classe del cls  
 $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$               resistenza a compressione media

Deformazione da ritiro:

U.R. = 75 %                                      umidità relativa  
 $\epsilon_{ca}(t=\infty) = -5.80E-05$                       ritiro autogeno  
 $\epsilon_{cd}(t=\infty) = -2.68E-04$                       ritiro per essiccamento  
 $\epsilon_r = \epsilon_{ca} + \epsilon_{cd} = -3.26E-04$

Il ritiro viene considerato nel calcolo delle sollecitazioni come un'azione termica applicata alla soletta superiore di intensità pari a:

$$\alpha \times \Delta T \times E_c = \epsilon_r \times E_c / (1 + \varphi)$$

$$\Delta T = \epsilon_r / [\alpha \times (1 + \varphi)] = -3.26E-04 / [1.00E-05 \times (1 + 1.80)] = -11.64^\circ\text{C}$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura.

### 8.1.7 Azioni variabili da traffico

#### 8.1.7.1 Coefficiente di incremento dinamico



Per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$  si è fatto riferimento al paragrafo 2.5.1.4.2.5 del MdP RFI DTC SI PS MA IFS 001 C, tenendo conto di quanto riportato nella Tabella 2.5.1.4.2.5.3-1. In particolare, poiché la struttura ha altezza libera > 5.0 m e luce libera > 8.0 m, considerando la linea con elevato standard manutentivo, vale quanto segue:

Lunghezza del trasverso	$L_{\text{soletta}} = 11.00 \text{ m}$
Altezza dei piedritti	$H_{\text{int}} = 5.90 \text{ m}$
Ricoprimento	$h_r = 0.81 \text{ m}$
Lunghezza media	$L_m = 7.60 \text{ m}$
Lunghezza caratteristica	$L_\Phi = 9.88 \text{ m}$
Coeff. incremento dinamico	$\Phi_2 = 1.18$

In accordo alla normativa tale coefficiente dinamico non verrà ridotto in quanto il ricoprimento è inferiore ad un metro.

#### 8.1.7.2 Larghezza di diffusione

Il sovraccarico ferroviario è stato distribuito dalla rotaia alla quota del piano medio della soletta di copertura assumendo che detta diffusione avvenga con rapporto 4/1 lungo il ballast ed 1/1 nel massetto delle pendenze e nelle strutture in c.a., con un aumento dell'impronta di carico pari a:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

$$\Delta_d = 0.70 \text{ m}$$

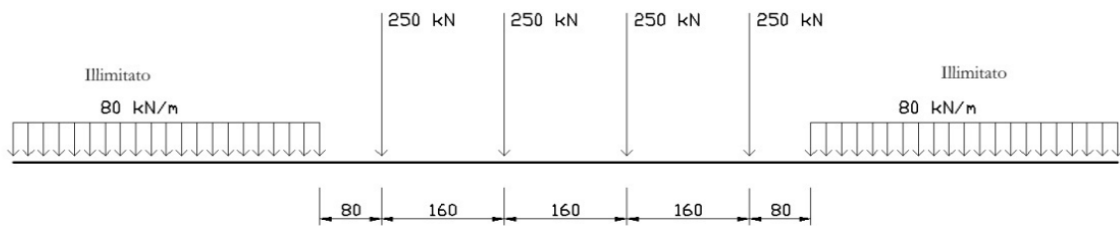
La diffusione del carico in senso trasversale all'asse binario risulta dunque pari a:

$$L_d = 2.60 + 2 \Delta_d = 4.01 \text{ m}$$

### 8.1.7.3 Treno LM71 (ACCM\_LM71)

#### Carichi verticali sulla soletta superiore

Il treno LM71 viene schematizzato da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una larghezza illimitata.



**Figura 8.3:** Treno LM71

La larghezza di diffusione in direzione longitudinale, considerando una larghezza della traversina pari a 0.30 m, risulta pari a:

$$L_l = 0. + 2 \times \Delta_d = 1.71 \text{ m}$$

Poiché la larghezza è minore dell'interasse degli assi (1.6 m), le larghezze di diffusione dei singoli assi non si sovrappongono..

Si assume una lunghezza totale di diffusione dei quattro carichi concentrati:

$$L_l = 6.21 \text{ m.}$$

Pertanto il carico ripartito dovuto al treno LM71 (considerando il coefficiente di adattamento  $\alpha = 1.1$  ed il coefficiente dinamico  $\Phi$ ) risulta:

$$\text{Carico ripartito prodotto dalle forze concentrate} \quad P_{V,Q1.cop} = 52.16 \quad \text{kN/m}$$



$$\text{Carico ripartito prodotto dal carico distribuito} \quad P_{V,Q2.cop} = 25.89 \text{ kN/m}$$

I carichi del treno LM71 saranno dislocati a cavallo dell'asse di mezzeria della soletta superiore per cogliere il valore del massimo momento in campata; ubicandoli, invece, in adiacenza al piedritto di destra, si coglierà il valore del massimo taglio.

### 8.1.7.4 Treno SW/2 (ACCM\_SW2)

#### Carichi verticali sulla soletta superiore

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. Viene schematizzato da un carico lineare uniformemente ripartito di valore pari a 150 kN/m (coefficiente  $\alpha = 1,00$ ):

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

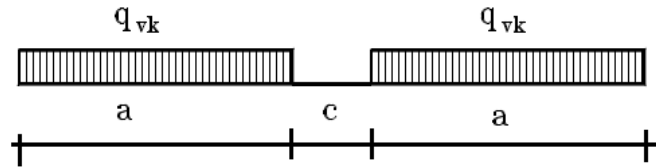


Figura 8.4: Treno di carico SW

Per la struttura scatolare in oggetto risulta:

$$q = q_{vk} / L_{d1} \times \phi = 44.13 \text{ kN/m}$$

Si considera il treno di carico SW/2 applicato su tutta la soletta superiore.

### 8.1.7.5 Numero di treni contemporanei

Conformemente a quanto riportato nel par. 5.2.3.1.2\_Tab.5.2.III del DM 14.1.2008, si sono considerati due treni contemporanei sull'impalcato, sia per il traffico normale che per quello pesante.

**Tabella 2:** Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte - Tab.5.2.III del DM 14.1.2008

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )
≥ 3	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )
	Altri	-	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-

<sup>(1)</sup> LM71<sup>++</sup>SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

### 8.1.7.6 Frenatura e avviamento (AVV e FREN)

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario nella direzione longitudinale.

#### Treno LM71



Avviamento  $A_v = 33 \text{ kN/m}$

Carico distribuito su  $L_d$ :

$$q_{Av} = A_v \alpha / L_d = 9.06 \text{ kN/m}$$

#### Treno SW/2

Frenatura  $A_v = 35 \text{ kN/m}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

Carico distribuito su  $L_d$ :

$$q_{Av} = A_v \alpha / L_d = 8.74 \text{ kN/m}$$

Inoltre sono state aggiunte, come carichi concentrati nei nodi della soletta di copertura, le seguenti forze:

Spinta semispessore soletta di copertura (avviamento)  $Q_{dNODO} = 0.42 \text{ kN}$

Spinta semispessore soletta di copertura (frenatura)  $Q_{fNODO} = 0.34 \text{ kN}$

Nel modello di calcolo si considera l'azione congruente al treno di carico verticale considerato. La spinta è applicata da sinistra verso destra per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

### 8.1.7.7 Spinta del sovraccarico sul rilevato (SPACCSX e SPACCDX)

#### Treno LM71

Si è considerata la sola spinta prodotta dal carico ripartito equivalente alle forze concentrate.

$$P_{H,Q,riffi} = (P_{V,Q1,cop} / \Phi) K_0 = 17.01 \text{ kN/m}$$

Anche in questo caso, sono stati aggiunti, come carichi concentrati nei nodi della copertura e della fondazione per la spinta sul piedritto sinistro e per la spinta sul piedritto destro, le seguenti forze:

Spinta semispessore soletta di copertura  $P_{H,Q,cop} = 8.51 \text{ kN}$

Spinta semispessore soletta di fondazione  $P_{H,Q,fond} = 10.21 \text{ kN}$

#### Treno SW/2

$$P_{H,Q,riffi} = (q_{sw/2} / \Phi) K_0 = 14.39 \text{ kN/m}$$

Anche in questo caso, sono stati aggiunti, come carichi concentrati nei nodi della copertura e della fondazione, le seguenti forze:

Spinta semispessore soletta di copertura  $P_{H,Q,cop} = 7.20 \text{ kN}$

Spinta semispessore soletta di fondazione  $P_{H,Q,fond} = 8.64 \text{ kN}$



### 8.1.7.8 Serpeggio (SERP)

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva. Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a  $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$  e la componente trasversale allo scatolare risulta:

$$Q_{\perp} = 100 \text{ kN} * \sin(0.00^\circ) = 0.00 \text{ kN}$$

Considerando la diffusione del carico, si avrà:

$$q_{serp} = Q_{\perp} / (L_d * L_{tot}) = 0.00 \text{ kN/m}^2.$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 8.1.7.9 Sovraccarichi accidentali sulla soletta di fondazione (ACC\_SOLINF)

Si applica un carico uniformemente distribuito pari a 32.5 kPa, corrispondente ai carichi della Corsia n°1 dello Schema di Carico 1 per ponti stradali uniformemente distribuiti sulla larghezza utile dello scatolare (considerando una striscia di 1 m di opera d'arte).

### 8.1.7.10 Forza centrifuga

Non presentando i binari un tracciato in curva, la forza centrifuga non è stata considerata.

### 8.1.8 Azioni sismiche

#### 8.1.8.1 Forze di inerzia:

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ .

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

$$\text{Forza sismica orizzontale} \quad F_h = k_h \times W$$

$$\text{Forza sismica verticale} \quad F_v = k_v \times W$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \psi_{2i} Q_{ki}$$

Dove nel caso specifico si assumerà, per i carichi dovuti al transito dei convogli ferroviari,  $\psi_{2i} = 0.2$ . Come massa del treno è stato considerato il carico uniformemente distribuito sulla copertura di intensità maggiore tra LM71 e SW/2.

Pertanto avremo che:

$$\text{Massa associata al peso proprio copertura} \quad G_1 = 25.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Massa associata al carico permanente} \quad G_2 = 14.58 \text{ kN/m}$$

$$\text{Massa treno} \quad Q_k = 52.16 \text{ kN/m}$$

$$\text{Massa associata al peso proprio piedritti} \quad G_3 = 25.00 \text{ kN/m}$$



$$\text{Massa associata al peso del setto centrale} \quad G_4 = 12.50 \text{ kN/m}$$

#### 8.1.8.2 Forze sismiche orizzontali (SISMA\_H)

Forza orizzontale sulla soletta di copertura (carico orizzontale uniformemente distribuito applicato alla soletta di copertura):

$$F'_h = k_h (G_1 + G_2 + \psi_{2i} Q_{ki}) = 15.25 \text{ kN/m}$$

Forza orizzontale sui piedritti (carico orizzontale uniformemente distribuito applicato ai piedritti):

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

$$F''_h = k_h G_p = 7.63 \text{ kN/m}$$

### 8.1.8.3 Forze sismiche verticali (SISMA\_V)

Per la forza sismica verticale avremo analogamente (carico verticale uniformemente distribuito applicato alla soletta di copertura):

Forza verticale sulla soletta di copertura:

$$F'_v = k_v (G_1 + G_2 + \psi_{2i} Q_{ki}) = 7.63 \text{ kN/m}$$

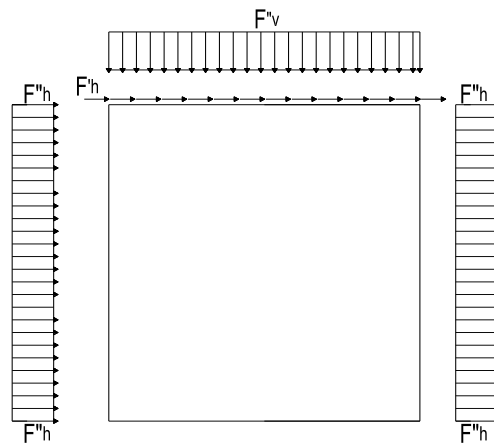


Figura 8.5: Forze sismiche agenti sulla struttura

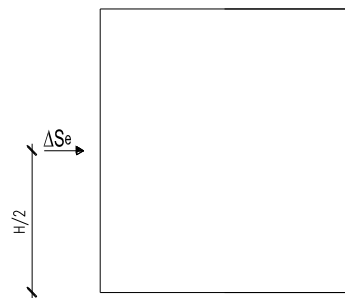
### 8.1.8.4 Spinta delle terre in fase sismica (SPSDX e SPSSX)

Le spinte delle terre sono state determinate con la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinata con la seguente espressione:

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2 = 400.2 \text{ kN/m}$$

con risultante applicata ad un'altezza pari ad H/2.

Sisma proveniente da sinistra



Sisma proveniente da destra

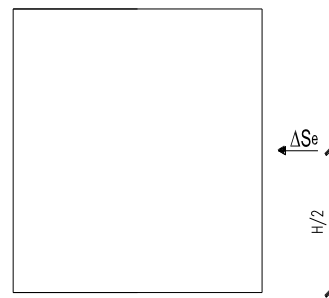




Figura 4.6: Spinta sismica del terreno secondo la teoria di Wood

Nel modello di calcolo si è applicato il valore della forza sismica per unità di superficie agente su un piedritto, pari a:



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

$$\Delta_{SE} = \Delta_{SE} / H = 49.4 \text{ kN/m}^2$$

## 8.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine:

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

Dove:



$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del DM 14/01/2008 di seguito riportata. In particolare, per ogni gruppo viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione alla quale la struttura dovrà essere verificata.

**Tabella 5.2.IV:** Valutazione dei carichi da traffico (da DM 14/01/2008)

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			COMMENTI
	Carico Verticale (1)	Treno Scarico	Frenatura ed Avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1.0	-	0.5 (0.0)	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1.0	0.0	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1.0 (0.5)	-	1.0	0.5 (0.0)	0.5 (0.0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0.8 (0.6; 0.4)	-	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	fessurazione

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001 A

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			COMMENTI
	Gruppo di carico	Carico Verticale (1)	Treno Scarico	Frenatura ed Avviamento	Centrifuga	
			Azione dominante			

(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente, minore del precedente, per gli effetti a favore di sicurezza.

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

In particolare nel calcolo della struttura scatolare si è fatto riferimento alla combinazione A1 STR.

Di seguito viene riportata la Tabella 5.2.III delle NTC08 dove si mostrano i carichi mobili in funzione del numero di binari presenti:



Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0)	-	1,0 SW/2
	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71"+SW/0)	-	1,0 (LM 71"+SW/0)
	Primo	1,0 (LM 71"+SW/0)	0,75 (LM 71"+SW/0)	1,0 SW/2
≥3	secondo	1,0 (LM 71"+SW/0)	0,75 (LM 71"+SW/0)	1,0 (LM 71"+SW/0)
	Altri	-	0,75 (LM 71"+SW/0)	-

<sup>(1)</sup> LM71 "+ SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Si riporta la Tabella 5.2.V delle NTC08 dei coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico SLU:

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica (da DM 14/01/2008)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

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

(1) Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

(2) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

(3) Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

(4) Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.



(5) Aliquota di carico da traffico da considerare.

(6) 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

(7) 1,20 per effetti locali

Si riporta la Tabella 5.2.VI delle NTC08 in cui sono espressi i coefficienti di combinazione delle azioni:

**Tabella 5.2.VI:** Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni (da DM 14/01/2008)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g_{r1}$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$g_{r2}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$g_{r3}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$g_{r4}$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

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

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

Nella combinazione sismica le azioni indotte dal traffico ferroviario sono combinate con un coefficiente  $\psi_2 = 0.2$  (paragrafo 5.1.3.12 del DM 14/01/2008) coerentemente con l'aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

Si riportano di seguito le combinazioni delle azioni maggiormente significative per la determinazione delle sollecitazioni più gravose.





GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A



Tabella 5: Combinazioni di carico SLV (01-08)

	SLV01	SLV02	SLV03	SLV04	SLV05	SLV06	SLV07	SLV08
PP	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
SPTW	1	1	1	1	1	1	1	1
ACC_LM71	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ACC_SW2	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCSX_LM71	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCDX_LM71	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCSX_SW2	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX_SW2	0	0	0	0	0	0	0	0
AVV_LM71	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
FREN_SW2	0	0	0	0	0	0	0	0
SERP	0	0	0	0	0	0	0	0
TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	1	1	1	1	1	1	1	1
ACC_SOLINF	0	0	0	0	0	0	0	0
SISMA_H	1	1	-1	-1	0.3	0.3	-0.3	-0.3
SISMA_V	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1	-1	1	-1
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3

Tabella 6: Combinazioni di carico SLV (09-16)

	SLV09	SLV10	SLV11	SLV12	SLV13	SLV14	SLV15	SLV16
PP	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
SPTW	1	1	1	1	1	1	1	1
ACC_LM71	0	0	0	0	0	0	0	0
ACC_SW2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCSX_LM71	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCDX_LM71	0	0	0	0	0	0	0	0
SPACCSX_SW2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCDX_SW2	0	0	0	0	0	0	0	0
AVV_LM71	0	0	0	0	0	0	0	0
FREN_SW2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SERP	0	0	0	0	0	0	0	0
TERM	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
RITIRO	1	1	1	1	1	1	1	1
ACC_SOLINF	0	0	0	0	0	0	0	0
SISMA_H	1	1	-1	-1	0.3	0.3	-0.3	-0.3
SISMA_V	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1	-1	1	-1
SPSSX	1	1	0	0	0.3	0.3	0	0
SPSDX	0	0	1	1	0	0	0.3	0.3



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

## 9 CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALI

Le verifiche di sicurezza strutturali sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 -, tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili".

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio, riguardanti gli stati tensionale e di fessurazione, ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei precedenti paragrafi.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali in c.a..

### 9.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

#### 9.1.1 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili RFI".

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con il DM 14.1.2008:

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008.



Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con il DM 14.1.2008:

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

Figura 5.1: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008

Nella Tabella sopra riportata,  $w_1=0.2\text{mm}$ ,  $w_2=0.3\text{mm}$ ;  $w_3=0.4\text{mm}$ .



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

Più restrittivi risultano i limiti di apertura delle fessure riportati nel “Manuale di progettazione delle opere civili”. L’apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, deve risultare:

a)  $\delta_f \leq w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;

b)  $\delta_f \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Si assume pertanto per tutti gli elementi strutturali analizzati nel presente documento:

- Stato limite di fessurazione:  $w_d \leq w_1 = 0.2$  mm - combinazione di carico rara

In accordo con la normativa seguita, il valore di calcolo di apertura delle fessure  $w_d$  è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove  $w_m$  rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura  $\varepsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

$$w_m = \varepsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di  $\varepsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

### 9.1.2 Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti, di seguito riportati.

Le prescrizioni riportate di seguito fanno riferimento al par. 2.5.1.8.3.2.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:



$$\sigma_c < 0,55 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,40 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

Per l’acciaio ordinario, la tensione massima  $\sigma_s$  per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$$

dove  $f_{yk}$  per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell’acciaio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 9.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### 9.2.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabola-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ( $\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$ );
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ( $\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$ )

### 9.2.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

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

con:

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

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

e dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );



$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

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

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

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

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:



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

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione;
- $s_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;
- $A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale;
- S è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- $\theta$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- $f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd}=0.5f_{cd}$ );
- $\alpha$  è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 10 MODELLAZIONE STRUTTURALE

### 10.1 CODICE DI CALCOLO

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti (STRAUS7) facendo riferimento agli assi baricentrici degli elementi schematizzati con elementi "beam".

### 10.2 MODELLO DI CALCOLO

Le analisi sono state condotte per una striscia di struttura di lunghezza unitaria, implementando un modello di calcolo bidimensionale in condizioni di deformazione piana. La struttura è definita sulla base degli assi baricentrici degli elementi. La fondazione è schematizzata come una trave su suolo elastico alla Winkler non reagente a trazione, il calcolo della costante di sottofondo è riportata nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.



Figura 6.1: Modello F.E.M struttura - numerazione nodi



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A



Figura 7: Modello F.E.M. struttura – numerazione aste

### 10.3 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

L'interazione struttura-terreno è simulata mediante l'applicazione sugli elementi interessati di un sistema di molle alla Winkler, definite assumendo cautelativamente un modulo di reazione verticale  $K_v$  pari a  $11000 \text{ kN/m}^3$ : il calcolo della costante di Winkler è stato condotto applicando il procedimento proposto da Vesic e riportato da Bowles nel testo "Fondazioni", secondo la seguente formulazione:

$$k_s = \frac{E}{B(1-\mu^2)I_S I_F}$$

dove:

$E$  = modulo elastico medio dello spessore di terreno sottostante la fondazione;

$B$  = larghezza della fondazione;

$\mu$  = coefficiente di Poisson del terreno di fondazione, assunto pari a 0.3.

Il valore del coefficiente di influenza  $I_s$  è stato calcolato attraverso la seguente equazione:



$$I_s = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2$$

dove:

$I_1$  e  $I_2$  = coefficienti dipendenti dai rapporti  $H/B'$  e  $L/B$ ;

$H$  = spessore dello strato compressibile, pari a  $5B$ ;

$B'$  = larghezza corrispondente al punto di calcolo assunto coincidente con il centro della fondazione, pari a  $B/2$ .

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2CLSL14A0001</p>	<p>A</p>

Il valore del coefficiente di influenza IF è stato estrapolato in funzione dei valori dei rapporti L/B e D/B.

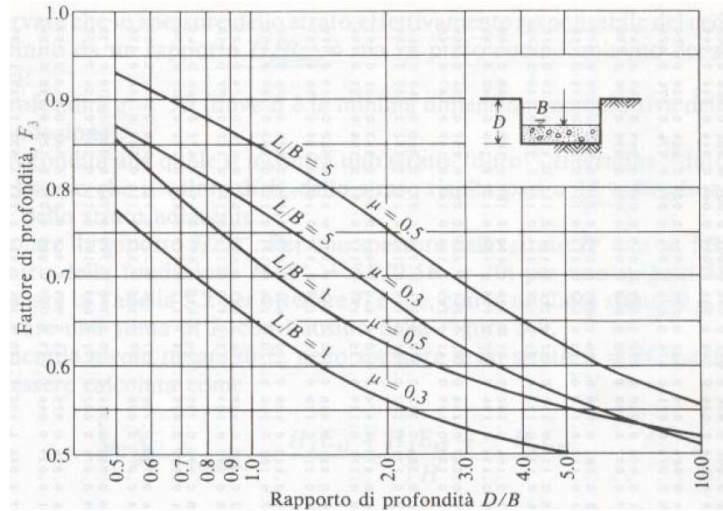


Figura 10.4: Grafico per la determinazione del fattore di profondità  $F_s$ .

Le tabelle seguenti riportano le grandezze caratteristiche dell'opera.

Larghezza fondazione - B (m)	Profondità fondazione - D (m)	Lunghezza fondazione - L (m)	Modulo elastico - $E_s$ (kPa)
15.20	8.90	11.25	25000

D/B	L/B	H/B'
0.59	0.74	2.50



H	$\mu$
76.0	0.3

La tabella seguente riporta i parametri  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_s$  e  $l_f$ .

$l_1$	$l_2$	$l_s$	$l_f$
0.195	0.042	0.219	0.72

La tabella seguente riassume il valore calcolato della costante di sottofondo ( $k_s$ ) e il valore assunto nei calcoli strutturali successivi.

$k_s$ (daN/cm <sup>3</sup> )	$k_{s\text{-assunto}}$ (daN/cm <sup>3</sup> )
1.1461	1.1000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2CLSL14A0001</p>	<p>A</p>

## 11 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

Nelle seguenti tabelle sono riportati i valori massimi delle caratteristiche delle sollecitazioni ricavati per le sezioni oggetto di verifica, indicate in figura.

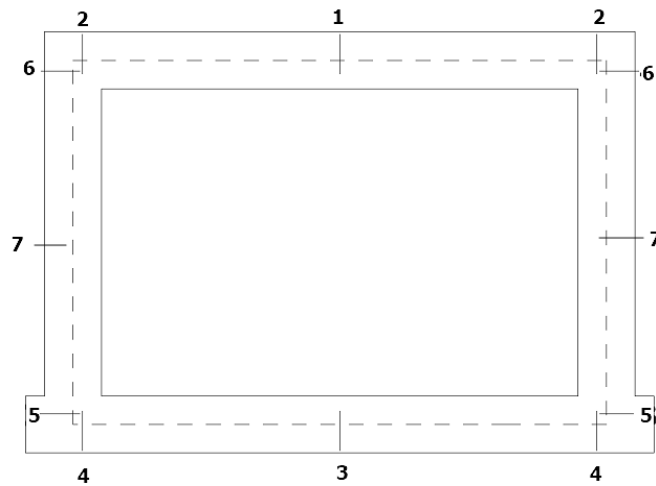


Figura 8: Sezioni di verifica

Di seguito è riportato l'involuppo delle sollecitazioni flettenti e taglianti dello stato limite ultimo. Le unità di misura adottate nei diagrammi seguenti sono kN-m.

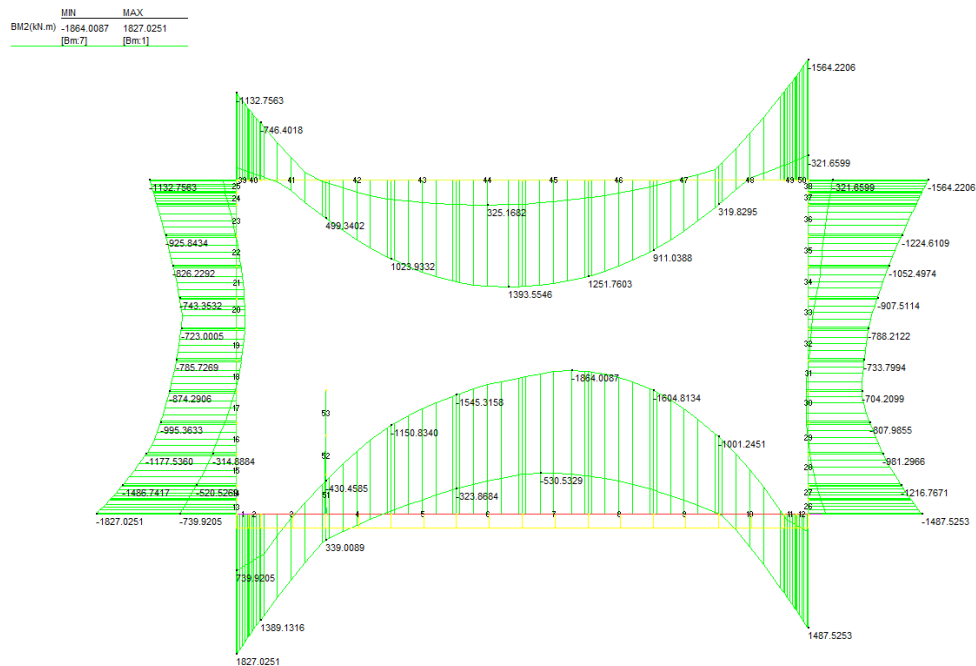


Figura 9: Involuppo SLU/Sisma: momenti flettenti

	MIN	MAX
SF2(kN)	-998.8049	1060.6500
	[Bm.1]	[Bm.12]

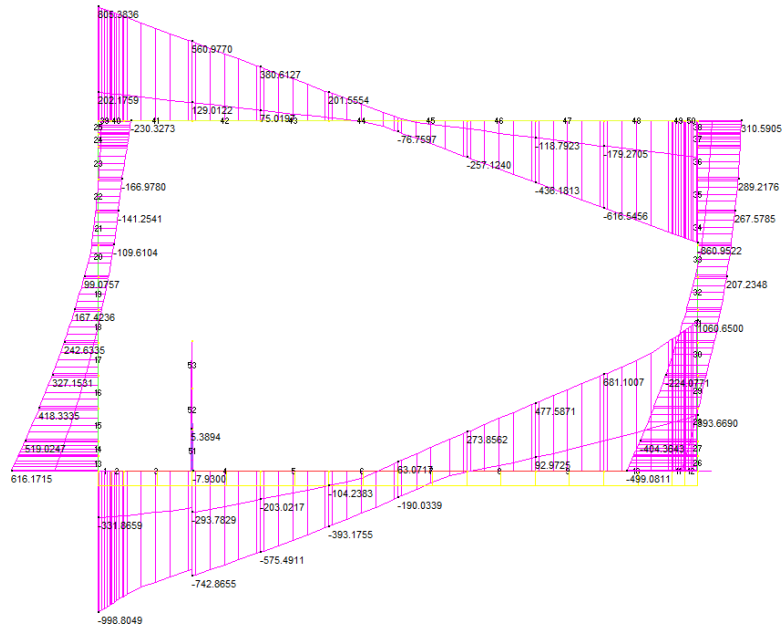


Figura 10 Involuppo SLU/Sisma: sollecitazioni taglianti

	MIN	MAX
Force(kN)	-1103.6485	6.6942
	[Bm.26]	[Bm.1]



Figura 11 Involuppo SLU/Sisma: sforzo normale



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1211.6462	1211.6462
	[Bm.13]	[Bm.1]

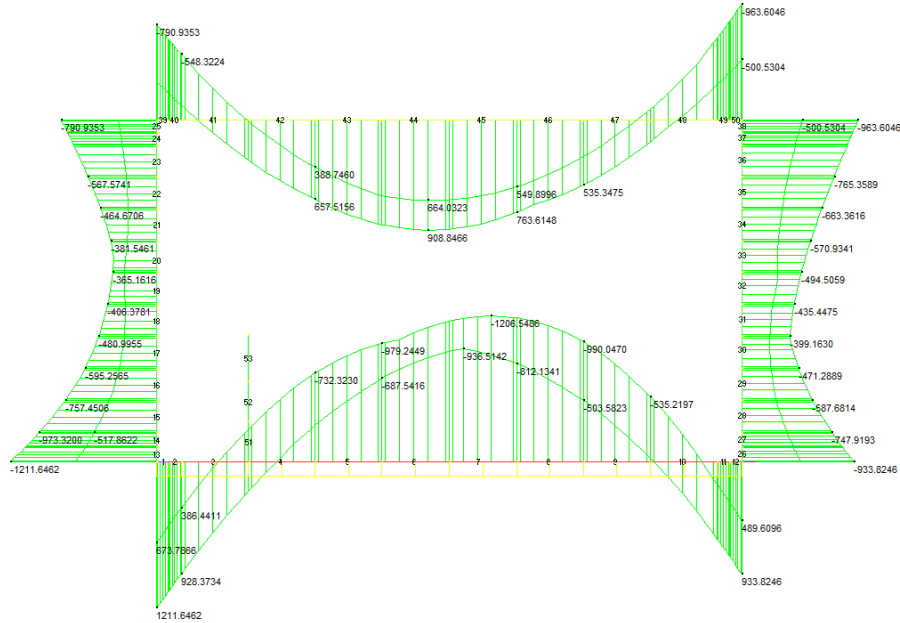


Figura 12 Involuppo SLE Momenti flettenti

	MIN	MAX
SF2(kN)	-653.5472	727.2828
	[Bm.1]	[Bm.12]

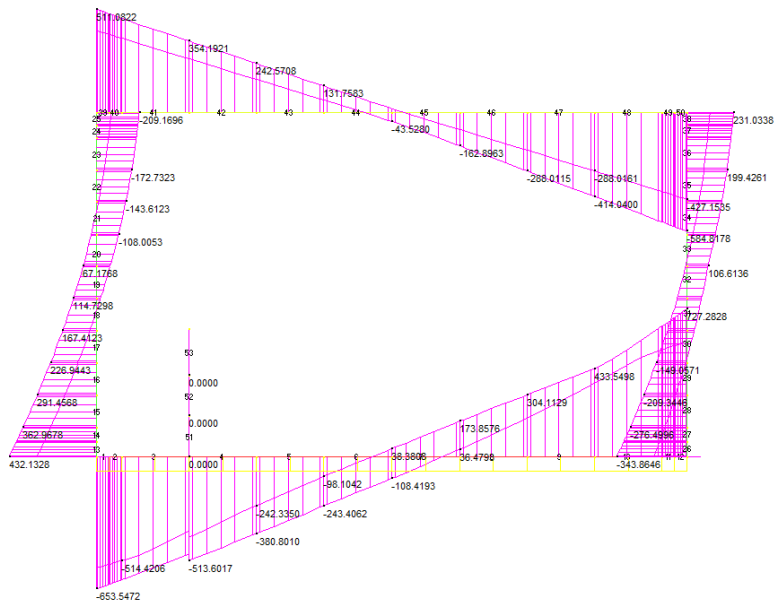




Figura 13 Involuppo SLE: sollecitazioni taglianti

Di seguito si riportano i valori delle sollecitazioni per tutte le combinazioni di carico relative a tutte le sezioni di verifica.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

COP_MEZZ	N	Mx	Vy
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU	240	1395	80
SLV	175	580	35
SLE RARA	200	910	-
SLE FREQUENTE	145	800	-
SLE QUASI PERM.	120	350	-



COP_INC	N	Mx	Vy
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU	310	-1550	845
SLV	235	-600	335
SLE RARA	220	-945	-
SLE FREQUENTE	150	-835	-
SLE QUASI PERM.	120	-360	-

FOND_MEZZ	N	Mx	Vy
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU	0	-1865	195
SLV	0	-700	60
SLE RARA	0	-1210	-
SLE FREQUENTE	0	-1085	-
SLE QUASI PERM.	0	-600	-

FOND_INC	N	Mx	Vy
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU+	0	1820	1045
SLV	0	880	485
SLE RARA	0	1200	-
SLE FREQUENTE	0	1050	-
SLE QUASI PERM.	0	550	-

PIEDR_PIEDE	N	Mx	Vy
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU	385	-1820	605
SLV	505	-880	430
SLE RARA	690	-1200	-
SLE FREQUENTE	635	-1050	-
SLE QUASI PERM.	410	-550	-

PIEDR_TESTA	N	Mx	Vy
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU	210	-1550	300
SLV	335	-600	245
SLE RARA	520	-945	-

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

SLE FREQUENTE	465	-835	-
SLE QUASI PERM.	240	-360	-



PIEDR. MEZZ	N	M <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU	295	-770	210
SLV	420	-210	80
SLE RARA	605	-460	-
SLE FREQUENTE	550	-385	-
SLE QUASI PERM.	325	-110	-

SETTO CENTRALE	N	M <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU	10	20	40
SLV	5	-10	10
SLE RARA	5	-15	-
SLE FREQUENTE	5	-10	-
SLE QUASI PERM.	5	-5	-

## 12 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE E VIBRAZIONE

### 12.1 INFLESSIONE NEL PIANO VERTICALE DELL'IMPALCATO

In base a quanto indicato nel paragrafo 1.7.4.3.4. del MpD 2017 FS, nonché nel D.M. 14.01.08 (paragrafo 5.2.3.2.2), considerando la presenza del treno di carico LM71, incrementato con il corrispondente coefficiente e con il coefficiente  $\alpha$  e gli effetti della variazione di temperatura lineare,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre all'estremità dell'impalcato una variazione angolare maggiore di  $\theta_{amm} = 0.001500$  rad.

Per quanto riguarda le rotazioni attribuibili alla presenza del treno di carico LM71, esse sono valutate sui nodi estremi della soletta superiore e in corrispondenza del piedritto interno, se presente, depurate della rototraslazione rigida della struttura.

Nel caso in esame risulta:

$$\theta_{tot} = 0.00109 \text{ rad} \ll \theta_{amm} = 0.001500 \text{ rad}$$

## 12.2 STATO LIMITE DI COMFORT DEI PASSEGGERI



L'inflessione verticale deve calcolarsi in asse al binario, considerando il modello di carico LM71 con il relativo incremento dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ .

Freccia limite ammissibile (velocità del treno  $V > 350$ km/h):

$$\delta_{lim} = 1/1500 \times L = 7.86 \text{ mm}$$

Freccia massima dell'impalcato prodotta dal treno LM71:

$$\delta_{max} = 5.97 \text{ mm} < \delta_{lim}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

### 13 VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO SCATOLARE

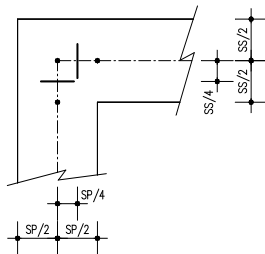
Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche allo stato limite ultimo per le sollecitazioni di taglio e flessione, relative all'involuppo delle combinazioni di carico. In particolare si riportano le sollecitazioni massime per tutte le sezioni di verifica e le combinazioni di carico più gravose (minimo coefficiente di sicurezza), sia per la verifica a flessione sia per la verifica a taglio.

Nelle verifiche della soletta di fondazione, cautelativamente, non si è tenuto in conto del contributo dello sforzo normale.

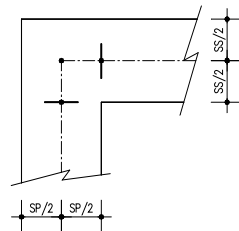
Le verifiche a flessione in corrispondenza dei nodi tra setti adiacenti sono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta;
- nella sezione ubicata a metà fra asse soletta e sezione d'attacco del piedritto nel caso delle verifiche del piedritto.

Le verifiche a fessurazione e a taglio sono eseguite nelle sezioni di attacco soletta-piedritto.



VERIFICHE A FLESSIONE





VERIFICHE A FESSURAZIONE E TAGLIO

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite.

Si riporta di seguito l'armatura degli elementi strutturali nelle sezioni di mezzera e di incastro.

Elemento	Sezione	Dimensioni [cm]		Flessione		Armatura a taglio	Ripartitori (esterni)
		B	H	Lato terra	Lato interno		
SOLETTA SUP.	INCASTRO	100	100	10 $\phi$ 24 [su tutti i piedritti]	5 $\phi$ 24	$\phi$ 12/20x40	$\phi$ 16/20
	MEZZERIA			5 $\phi$ 24	10 $\phi$ 24	$\phi$ 12/40x40	$\phi$ 16/20
PIEDRITTI	TESTA	100	100	(10+5) $\phi$ 24	5 $\phi$ 24	9 $\phi$ 12/m <sup>2</sup>	$\phi$ 16/20
	MEZZERIA			5 $\phi$ 24	5 $\phi$ 24	9 $\phi$ 12/m <sup>2</sup>	$\phi$ 16/20
	PIEDE			(10+5) $\phi$ 24	5 $\phi$ 24	9 $\phi$ 12/m <sup>2</sup>	$\phi$ 16/20
SOLETTA INF.	INCASTRO	100	120	10 $\phi$ 24	5 $\phi$ 24	$\phi$ 12/20x40	$\phi$ 16/20
	MEZZERIA			5 $\phi$ 24	10 $\phi$ 24	$\phi$ 12/40x40	$\phi$ 16/20
SETTO CENTRALE	INCASTRO	100	50	5 $\phi$ 16	5 $\phi$ 16	$\phi$ 10/40x40	$\phi$ 12/20
	MEZZERIA			5 $\phi$ 16	5 $\phi$ 16	$\phi$ 10/40x40	$\phi$ 12/20

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 13.1 SOLETTA SUPERIORE – SEZIONE DI MEZZERIA

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. 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	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	100.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	100.0



#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	91.0	91.0	24
2	91.0	9.0	24
3	9.0	9.0	24
4	9.0	91.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

2                      3                      2                      8                      24

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	240.00	1395.00	0.00	0.00	0.00
2	175.00	580.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	200.00	910.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	145.00	800.00 (658.34)	0.00 (0.00)

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



N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	120.00	350.00 (678.03)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

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

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	240.00	1395.00	0.00	239.71	1623.89	0.00	1.16	
45.2(17.9)									
2	S	175.00	580.00	0.00	174.77	1597.32	0.00	2.75	
45.2(17.9)									

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 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)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 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 compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.123	100.0	100.0	0.00068	91.0	91.0	-0.02500	9.0	9.0
2	0.00350	0.120	100.0	100.0	0.00062	91.0	91.0	-0.02564	9.0	9.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 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 per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000313184	-0.027818385	0.123	0.700
2	0.000000000	0.000320188	-0.028518848	0.120	0.700



#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.16	0.0	100.0	-225.4	91.0	9.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00129	0.00000	0.500	24.0	78	0.00068 (0.00068)	468	0.317 (990.00)	662.93	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.27	0.0	100.0	-201.3	91.0	9.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]



Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	N	-0.00115	0.00000	0.500	24.0	78	0.00060 (0.00060)	468	0.283 (0.20)	658.34	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.79	100.0	100.0	-82.5	27.2	9.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0.00000	0.500	24.0	78	0.00025 (0.00025)	468	0.116 (0.20)	678.03	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

<b>SEZIONE</b>					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	100	cm		
$c$	=	5	cm		
$d$	=	$h-c$	=	95	cm
<b>MATERIALI</b>					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.2	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>					
$\varnothing_{st}$	=	12			
braccia	=	2.5			
$\varnothing_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	40	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	7.069	$cm^2 / m$		
$\alpha$	=	90	$^\circ$	(90° staffe verticali)	
<b>TAGLIO AGENTE</b>		$V_{Ed} =$	80	(KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		
<b>ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO</b>					
<b>Calcolo di cot <math>\theta</math></b>					
$\cot(\theta) =$		5.75			
$\theta =$		9.87 $^\circ$			
<b>IPOTESI 1</b> $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ Rottura bilanciata $V_{Rsd} = V_{Rcd}$					
$V_{Rsd} =$		1358.71 (KN)			
$V_{Rcd} =$		2773.34 (KN)			
$V_{Rd} =$		591 (KN)		$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 13.2 SOLETTA SUPERIORE – SEZIONE DI INCASTRO

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. 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	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	100.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	100.0



#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	91.0	91.0	24
2	91.0	9.0	24
3	9.0	9.0	24
4	9.0	91.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

2                    3                    2                    3                    24

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	310.00	-1550.00	0.00	0.00	0.00
2	235.00	-600.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	220.00	-945.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	150.00	-835.00 (-658.15)	0.00 (0.00)

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



N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	120.00	-360.00 (-676.84)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 15%;">Lotto</td> <td style="width: 35%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLSL14A0001</td> <td>A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLSL14A0001	A						

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	310.00	-1550.00	0.00	309.74	-1652.42	0.00	1.07	
45.2(17.9)									
2	S	235.00	-600.00	0.00	234.72	-1621.85	0.00	2.69	
45.2(17.9)									

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.126	0.0	0.0	0.00075	9.0	9.0	-0.02435	91.0	91.0
2	0.00350	0.123	0.0	0.0	0.00068	9.0	9.0	-0.02505	91.0	91.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.  
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 per sola flessione in travi continue



N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000305997	0.003500000	0.126	0.700
2	0.000000000	-0.000313730	0.003500000	0.123	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.45	0.0	0.0	-232.9	27.2	91.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$  [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00133	0.00000	0.500	24.0	78	0.00070 (0.00070)	468	0.327 (990.00)	-664.49	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.54	0.0	0.0	-210.2	45.4	91.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]



Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	N	-0.00120	0.00000	0.500	24.0	78	0.00063 (0.00063)	468	0.295 (0.20)	-658.15	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.86	100.0	0.0	-85.2	9.0	91.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00049	0.00000	0.500	24.0	78	0.00026 (0.00026)	468	0.120 (0.20)	-676.84	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001
				A

<b>SEZIONE</b>					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	100	cm		
$c$	=	5	cm		
$d$	=	$h-c$	=	95	cm
<b>MATERIALI</b>					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.2	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>					
$\varnothing_{st}$	=	12			
braccia	=	5			
$\varnothing_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	40	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	14.137	$cm^2 / m$		
$\alpha$	=	90	°	(90° staffe verticali)	
<b>TAGLIO AGENTE</b>		$V_{Ed} =$	845	(KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		
<b>ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO</b>					
<b>Calcolo di <math>\cot \theta</math></b>					
$\cot(\theta) =$	4.00				
$\theta =$	14.03 °				
<b>IPOTESI 2</b> $\cot \vartheta > 2,5$ Si assume $\vartheta = 21,8^\circ$					
<b>Armatura trasversale</b>					
$V_{Rsd} =$	1182.45 (KN)				
$V_{Rcd} =$	2773.34 (KN)				
$V_{Rd} =$	1182 (KN)				$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 13.3 SOLETTA INFERIORE – SEZIONE DI MEZZERIA

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. 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	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	120.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	120.0

#### DATI BARRE ISOLATE



N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	91.0	111.0	24
2	91.0	9.0	24
3	9.0	9.0	24
4	9.0	111.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

2                    3                    2                    3                    24

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-1865.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-700.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1210.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1085.00 (-899.24)	0.00 (0.00)

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



N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-600.00 (-899.24)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

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

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-1865.00	0.00	0.00	-1879.59	0.00	1.01	
45.2(19.9)									
2	S	0.00	-700.00	0.00	0.00	-1879.59	0.00	2.69	
45.2(19.9)									

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 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)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 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 compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.093	0.0	0.0	0.00044	9.0	9.0	-0.03419	91.0	111.0
2	0.00350	0.093	0.0	0.0	0.00044	9.0	9.0	-0.03419	91.0	111.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 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 per sola flessione in travi continue



N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000339545	0.003500000	0.093	0.700
2	0.000000000	-0.000339545	0.003500000	0.093	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.75	100.0	0.0	-265.0	18.1	111.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$  [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00147	0.00000	0.500	24.0	78	0.00081 (0.00079)	468	0.378 (990.00)	-899.24	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.06	100.0	0.0	-237.6	18.1	111.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]



Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	N	-0.00132	0.00000	0.500	24.0	78	0.00071 (0.00071)	468	0.334 (0.20)	-899.24	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.35	100.0	0.0	-131.4	18.1	111.0	2250	45.2



#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00073	0.00000	0.500	24.0	78	0.00039 (0.00039)	468	0.185 (0.20)	-899.24	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

<b>SEZIONE</b>					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	120	cm		
$c$	=	5	cm		
$d$	=	$h-c$	=	115	cm
<b>MATERIALI</b>					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.2	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>					
$\varnothing_{st}$	=	12			
braccia	=	2.5			
$\varnothing_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	40	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	7.069	$cm^2 / m$		
$\alpha$	=	90	°	(90° staffe verticali)	
<b>TAGLIO AGENTE</b>		$V_{Ed} =$	195	(KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		
<b>ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO</b>					
<b>Calcolo di <math>\cot \theta</math></b>					
$\cot(\theta) = 5.75$					
$\theta = 9.87^\circ$					
<b>IPOTESI 1</b> $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ Rottura bilanciata $V_{Rsd} = V_{Rcd}$					
$V_{Rsd} = 1644.75$ (KN)					
$V_{Rcd} = 3357.21$ (KN)					
$V_{Rd} = 716$ (KN) <b>min(<math>V_{Rsd}, V_{Rcd}</math>)</b>					

### 13.4 SOLETTA INFERIORE – SEZIONE DI INCASTRO

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. 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	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	120.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	120.0



### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	91.0	111.0	24
2	91.0	9.0	24
3	9.0	9.0	24
4	9.0	111.0	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	3	2	8	24

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2CLSL14A0001</p>	<p>A</p>

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1820.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	880.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1200.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1050.00 (899.24)	0.00 (0.00)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		



N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	550.00 (899.24)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLSL14A0001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLSL14A0001	A						

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1820.00	0.00	0.00	1879.59	0.00	1.03	
45.2(19.9)									
2	S	0.00	880.00	0.00	0.00	1879.59	0.00	2.14	
45.2(19.9)									

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.093	100.0	120.0	0.00044	91.0	111.0	-0.03419	9.0	9.0
2	0.00350	0.093	100.0	120.0	0.00044	91.0	111.0	-0.03419	9.0	9.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.  
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 per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000339545	-0.037245409	0.093	0.700
2	0.000000000	0.000339545	-0.037245409	0.093	0.700



#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.70	100.0	120.0	-262.8	9.0	9.0	2250	45.2

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00146	0.00000	0.500	24.0	78	0.00080 (0.00079)	468	0.373 (990.00)	899.24	0.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.86	0.0	120.0	-230.0	91.0	9.0	2250	45.2

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	N	-0.00128	0.00000	0.500	24.0	78	0.00069 (0.00069)	468	0.323 (0.20)	899.24	0.00



**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.07	100.0	120.0	-120.5	9.0	9.0	2250	45.2



**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00067	0.00000	0.500	24.0	78	0.00036 (0.00036)	468	0.169 (0.20)	899.24	0.00



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001
				A

<b>SEZIONE</b>					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	120	cm		
$c$	=	5	cm		
$d$	=	$h-c$	=	115	cm
<b>MATERIALI</b>					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.2	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>					
$\varnothing_{st}$	=	12			
braccia	=	5			
$\varnothing_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	40	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	14.137	$cm^2 / m$		
$\alpha$	=	90	°	(90° staffe verticali)	
<b>TAGLIO AGENTE</b>		$V_{Ed} =$	1045	(KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		
<b>ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO</b>					
<b>Calcolo di <math>\cot \theta</math></b>					
$\cot(\theta) =$		4.00			
$\theta =$		14.03 °			
$\cot \vartheta > 2,5$ Si assume $\vartheta = 21,8^\circ$					
<b>Armatura trasversale</b>					
$V_{Rsd} =$		1431.39	(KN)		
$V_{Rcd} =$		3357.21	(KN)		
$V_{Rd} =$		<b>1431</b>	(KN)	$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 13.5 PIEDRITTI – SEZIONE DI INCASTRO INFERIORE

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. 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	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	100.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	100.0



#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	91.0	91.0	24
2	91.0	9.0	24
3	9.0	9.0	24
4	9.0	91.0	24
5	9.0	85.0	24
6	91.0	85.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen. N°Barra Ini. N°Barra Fin. N°Barre Ø

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

1	1	4	8	24
2	3	2	3	24
3	5	6	3	24

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	385.00	-1820.00	0.00	0.00	0.00
2	505.00	-880.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	690.00	-1200.00	0.00

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



N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	625.00	-850.00 (-771.30)	0.00 (0.00)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	475.00	-465.00 (-816.45)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLSL14A0001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLSL14A0001	A						

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	385.00	-1820.00	0.00	384.83	-2341.80	0.00	1.28	
67.9(17.9)									
2	N	505.00	-880.00	0.00	505.00	-2387.41	0.00	2.68	
67.9(17.9)									

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.171	0.0	0.0	0.00148	9.0	9.0	-0.01695	91.0	91.0
2	0.00350	0.177	0.0	0.0	0.00155	9.0	9.0	-0.01622	91.0	91.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA



a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
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 per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000224762	0.003500000	0.171	0.700
2	0.000000000	-0.000216734	0.003500000	0.177	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.88	0.0	0.0	-186.8	72.8	91.0	2050	67.9

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max*(e\_sm - e\_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00109	0.00000	0.500	24.0	78	0.00060 (0.00056)	388	0.232 (990.00)	-748.13	0.00

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.38	0.0	0.0	-123.8	45.4	91.0	2000	67.9

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]



Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00073	0.00000	0.500	24.0	78	0.00037 (0.00037)	385	0.143 (0.20)	-771.30	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.57	0.0	0.0	-59.7	63.7	91.0	1900	67.9

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00035	0.00000	0.500	24.0	78	0.00018 (0.00018)	379	0.068 (0.20)	-816.45	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

<b>SEZIONE</b>					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	100	cm		
$c$	=	5	cm		
$d$	=	$h-c$	=	95	cm
<b>MATERIALI</b>					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.2	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>					
$\varnothing_{st}$	=	12			
braccia	=	3			
$\varnothing_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	33	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	10.282	$cm^2 / m$		
$\alpha$	=	90	$^\circ$	(90° staffe verticali)	
<b>TAGLIO AGENTE</b>		$V_{Ed} =$	605	(KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		
<b>ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO</b>					
<b>Calcolo di <math>\cot \theta</math></b>					
$\cot(\theta) =$	4.73				
$\theta =$	11.94 $^\circ$				
$\cot \vartheta > 2,5$ Si assume $\vartheta = 21,8^\circ$					
<b>Armatura trasversale</b>					
$V_{Rsd} =$	859.96	(KN)			
$V_{Rcd} =$	2773.34	(KN)			
$V_{Rd} =$	<b>860</b>	(KN)	<b><math>\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})</math></b>		

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 13.6 PIEDRITTI – SEZIONE DI INCASTRO SUPERIORE

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. 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	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	100.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	100.0



#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	91.0	91.0	24
2	91.0	9.0	24
3	9.0	9.0	24
4	9.0	91.0	24
5	9.0	85.0	24
6	91.0	85.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
--------	--------------	--------------	---------	---

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

1	1	4	8	24
2	3	2	3	24
3	5	6	3	24

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	210.00	-1550.00	0.00	0.00	0.00
2	335.00	-600.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	520.00	-945.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	465.00	-835.00 (-745.60)	0.00 (0.00)



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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	240.00	-360.00 (-761.20)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLSL14A0001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLSL14A0001	A						

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	210.00	-1550.00	0.00	210.22	-2274.74	0.00	1.47	
67.9(17.9)									
2	N	335.00	-600.00	0.00	335.06	-2322.79	0.00	3.82	
67.9(17.9)									

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.162	0.0	0.0	0.00137	9.0	9.0	-0.01808	91.0	91.0
2	0.00350	0.169	0.0	0.0	0.00145	9.0	9.0	-0.01726	91.0	91.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA



a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
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 per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.00000000	-0.000237088	0.003500000	0.162	0.700
2	0.00000000	-0.000228173	0.003500000	0.169	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.97	100.0	0.0	-148.6	18.1	91.0	2100	67.9

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e\_sm - e\_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00087	0.00000	0.500	24.0	78	0.00045 (0.00045)	391	0.175 (990.00)	-744.67	0.00

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.17	0.0	0.0	-131.0	91.0	91.0	2100	67.9

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]



Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00077	0.00000	0.500	24.0	78	0.00039 (0.00039)	391	0.154 (0.20)	-745.60	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.69	100.0	0.0	-54.0	9.0	91.0	2050	67.9

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00032	0.00000	0.500	24.0	78	0.00016 (0.00016)	388	0.063 (0.20)	-761.20	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

<b>SEZIONE</b>					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	100	cm		
$c$	=	5	cm		
$d$	=	$h-c$	=	95	cm
<b>MATERIALI</b>					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.2	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>					
$\varnothing_{st}$	=	12			
braccia	=	3			
$\varnothing_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	33	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	10.282	$cm^2 / m$		
$\alpha$	=	90	$^\circ$	(90° staffe verticali)	
<b>TAGLIO AGENTE</b>		$V_{Ed} =$	300	(KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		
<b>ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO</b>					
Calcolo di $\cot \theta$					
$\cot(\theta) =$		4.73			
$\theta =$		11.94 $^\circ$			
<b>IPOTESI 1</b> $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ Rottura bilanciata $V_{Rsd} = V_{Rcd}$					
$V_{Rsd} =$		1627.34 (KN)			
$V_{Rcd} =$		2773.34 (KN)			
$V_{Rd} =$		860 (KN)		$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 13.7 PIEDRITTI – SEZIONE DI MEZZERIA

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. 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	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	100.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	100.0



#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	91.0	91.0	24
2	91.0	9.0	24
3	9.0	9.0	24
4	9.0	91.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

2                      3                      2                      3                      24

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	295.00	-770.00	0.00	0.00	0.00
2	420.00	-210.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	605.00	-460.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	550.00	-385.00 (-786.59)	0.00 (0.00)

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



N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	325.00	-110.00 (-1234.27)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLSL14A0001</td> <td>A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLSL14A0001	A						

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	295.00	-770.00	0.00	295.16	-917.33	0.00	1.19	
22.6(17.9)									
2	N	420.00	-210.00	0.00	420.08	-969.56	0.00	4.62	
22.6(17.9)									

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
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 compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.093	0.0	0.0	-0.00023	9.0	9.0	-0.03425	91.0	91.0
2	0.00350	0.097	0.0	0.0	-0.00008	9.0	9.0	-0.03267	91.0	91.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
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 per sola flessione in travi continue



N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000414796	0.003500000	0.093	0.700
2	0.000000000	-0.000397512	0.003500000	0.097	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.65	100.0	0.0	-122.6	29.5	91.0	2250	22.6

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0.00000	0.500	24.0	78	0.00037 (0.00037)	671	0.247 (990.00)	-765.95	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.87	100.0	0.0	-95.0	9.0	91.0	2200	22.6

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]



Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00055	0.00000	0.500	24.0	78	0.00029 (0.00029)	662	0.189 (0.20)	-786.59	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.01	0.0	0.0	-7.1	91.0	91.0	1250	22.6



#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00005	0.00000	0.500	24.0	78	0.00002 (0.00002)	491	0.010 (0.20)	-1234.27	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

<b>SEZIONE</b>					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	100	cm		
$c$	=	5	cm		
$d$	=	$h-c$	=	95	cm
<b>MATERIALI</b>					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.2	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>					
$\varnothing_{st}$	=	12			
braccia	=	3			
$\varnothing_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	33	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	10.282	$cm^2 / m$		
$\alpha$	=	90	$^\circ$	(90° staffe verticali)	
<b>TAGLIO AGENTE</b>		$V_{Ed} =$	210	(KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		
<b>ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO</b>					
<b>Calcolo di <math>\cot \theta</math></b>					
$\cot(\theta) =$		4.73			
$\theta =$		11.94 $^\circ$			
$\cot \vartheta > 2,5$ Si assume $\vartheta = 21,8^\circ$					
<b>Armatura trasversale</b>					
$V_{Rsd} =$		859.96	(KN)		
$V_{Rcd} =$		2773.34	(KN)		
$V_{Rd} =$		860	(KN)	$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 13.8 SETTO CENTRALE – SEZIONE MAGGIORMENTE SOLLECITATA

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. 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	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	100.0	50.0
2	100.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	50.0



#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	92.2	42.2	16
2	92.2	7.8	16
3	7.8	7.8	16
4	7.8	42.2	16

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	16

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

2                      3                      2                      3                      16

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	10.00	20.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	-10.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	5.00	10.00	0.00
2	5.00	-15.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	5.00	5.00 (153.26)	0.00 (0.00)
2	5.00	-10.00 (-146.43)	0.00 (0.00)

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



N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	5.00	5.00 (153.26)	0.00 (0.00)
2	5.00	-5.00 (-153.26)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLSL14A0001</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLSL14A0001	A						

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	10.00	20.00	0.00	9.90	181.11	0.00	9.06	
20.1(9.0)									
2	N	5.00	-10.00	0.00	4.77	-180.15	0.00	18.02	
20.1(9.0)									

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
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)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
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 compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.121	100.0	50.0	-0.00186	92.2	42.2	-0.02549	7.8	7.8
2	0.00350	0.120	0.0	0.0	-0.00187	7.8	7.8	-0.02557	92.2	42.2

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA



a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
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 per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000686878	-0.030843894	0.121	0.700
2	0.000000000	-0.000688846	0.003500000	0.120	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.51	100.0	50.0	-23.1	7.8	7.8	1263	10.1

GENERAL CONTRACTOR 			ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
			Progetto	Lotto	Codifica	
			IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

2 S 0.76 100.0 0.0 -36.0 28.9 42.2 1310 10.1

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00014	0.00000	0.500	16.0	70	0.00007 (0.00007)	580	0.040 (990.00)	146.43	0.00
2	S	-0.00022	0.00000	0.500	16.0	70	0.00011 (0.00011)	592	0.064 (990.00)	-144.29	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.25	0.0	50.0	-10.3	92.2	7.8	1263	10.1
2	S	0.51	0.0	0.0	-23.1	92.2	42.2	1263	10.1

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]



Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00006	0.00000	0.500	16.0	70	0.00003 (0.00003)	580	0.018 (0.20)	153.26	0.00
2	S	-0.00014	0.00000	0.500	16.0	70	0.00007 (0.00007)	580	0.040 (0.20)	-146.43	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.25	0.0	50.0	-10.3	92.2	7.8	1263	10.1
2	S	0.25	100.0	0.0	-10.3	28.9	42.2	1263	10.1

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00006	0.00000	0.500	16.0	70	0.00003 (0.00003)	580	0.018 (0.20)	153.26	0.00
2	S	-0.00006	0.00000	0.500	16.0	70	0.00003 (0.00003)	580	0.018 (0.20)	-153.26	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001
				A

<b>SEZIONE</b>					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	50	cm		
$c$	=	5	cm		
$d$	=	$h-c$	=	45	cm
<b>MATERIALI</b>					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.2	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
<b>ARMATURE A TAGLIO</b>					
$\varnothing_{st}$	=	10			
braccia	=	2.5			
$\varnothing_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	40	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	4.909	$cm^2 / m$		
$\alpha$	=	90	°	(90° staffe verticali)	
<b>TAGLIO AGENTE</b>		$V_{Ed} =$	40	(KN)	
<b>SFORZO NORMALE</b>		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
		$\alpha_c =$	1.0000		
<b>ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO</b>					
<b>Calcolo di <math>\cot \theta</math></b>					
$\cot(\theta) =$	6.93				
$\theta =$	8.22 °				
$\cot \vartheta > 2,5$ Si assume $\vartheta = 21,8^\circ$					
<b>Armatura trasversale</b>					
$V_{Rsd} =$	194.48	(KN)			
$V_{Rcd} =$	1313.69	(KN)			
$V_{Rd} =$	194	(KN)	$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$		

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 14 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 14.1 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE

La verifica a capacità portante del complesso fondazione – terreno è stata effettuata applicando la combinazione (A1+M1+R3) dell'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC2008. I coefficienti  $\gamma_R$  sono riportati nella seguente tabella 6.4.I delle NTC08):

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

La pressione limite puo' essere calcolata in base alla formula generale di Brinch Hansen (1970):

$$q_{lim} = 0.5 \cdot \gamma \cdot B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + q \cdot N_{q} s_q d_q i_q b_q g_q + c N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

(valida in condizioni drenate)

$$q_{lim} = c_U N_c^* d_c^* i_c^* s_c^* b_c^* g_c^* + q$$

(valida in condizioni non drenate)

essendo

$N_q, N_c, N_{\gamma}$  i fattori di capacità portante in condizioni drenate;

$N_c^*$  il fattore di capacità portante in condizioni non drenate;

$s_{\gamma} s_q s_c$  i fattori di forma della fondazione;

$i_{\gamma} i_q i_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione del carico;

$b_{\gamma} b_q b_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione;

$g_{\gamma} g_q g_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione del piano campagna;

$d_{\gamma} d_q d_c$  i fattori correttivi per la profondità del piano di posa;



$d_c^* i_c^* s_c^* b_c^* g_c^*$  i fattori correttivi corrispondenti rispettivamente a quanto sopra esposto ma validi in condizioni non drenate.

In condizioni drenate valgono le seguenti espressioni:

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi' / 2) * e^{(\pi * \text{tg} \phi')}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg} \phi'$$

$$N_{\gamma} = 1.5(N_q - 1) * \text{tg} \phi'$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

$$i_{\gamma} = \left[ 1 - \frac{H}{N + B' \cdot c \cdot \cotg \phi'} \right]^{m+1}$$

$$i_{\alpha} = i_c = \left[ 1 - \frac{H}{N + B' \cdot c \cdot \cotg \phi'} \right]^m$$

$$d_{\alpha} = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \frac{D}{B'} \quad \text{per } D/B' \leq 1$$

$$d_{\alpha} = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \operatorname{arctg} \left( \frac{D}{B'} \right) \quad \text{per } D/B' > 1$$

$$d_c = d_{\alpha} - \frac{1 - d_{\alpha}}{N_c \operatorname{tg} \phi'}$$

$$s_{\alpha} = 1 + (B/2) \operatorname{tg} \phi'$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0.4B/4$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$$

$$g_{\gamma} = g_{\alpha} = (1 - 0.5 \operatorname{tg} \beta)^5$$

$$g_c = 1 - \beta^{\circ} / 147^{\circ}$$

$$b_{\alpha} = e^{(-2.7 \operatorname{tg} \phi')}$$

$$b_{\gamma} = e^{(-2.7 \operatorname{tg} \phi')}$$

$$\text{ove } \beta + \eta \leq 90^{\circ} \text{ e } \beta \leq \phi$$

In condizioni non drenate i fattori hanno le seguenti espressioni:

$$N_c^* = (2 + \pi)$$

$$s_c^* = 0.2 + \frac{B}{L}$$



$$i_c^* = \left[ 1 - \frac{mH}{B' c u N_c} \right]^m$$

$$d_c^* = 0.4 + \frac{D}{B} \quad \text{per } D/B \leq 1$$

$$d_c^* = 0.4 + \frac{\operatorname{tg}^{-1} D}{B} \quad \text{per } D/B > 1$$

$$g_c^* = \beta^{\circ} / 147^{\circ}$$

$$b_c^* = \eta^{\circ} / 147^{\circ}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

Si sono indicate con:

- $q$  =  $\gamma^*D$  = pressione verticale totale agente alla quota di imposta della fondazione;  
 $B'$  = larghezza efficace equivalente della fondazione;  
 $\gamma$  = peso di volume naturale del terreno;  
 $c_u$  = coesione non drenata;  
 $D$  = affondamento della fondazione;  
 $H$  = carico orizzontale agente.

Per valutare gli effetti dell'eccentricità è necessario inserire nell'equazione della capacità due dimensioni  $L'$  e  $B'$  ridotte secondo le:

$$L' = L - 2e_x$$



$$B' = B - 2e_y$$

dove  $B$  e  $L$  sono le reali dimensioni della fondazione e  $e_x$  e  $e_y$  sono le eccentricità.

Si riporta di seguito la verifica per la condizione più gravosa.

L'azione complessiva trasmessa al terreno dalla fondazione nella condizione più gravosa è pari a circa 2320.0 kN per una striscia di larghezza unitaria e  $2320.0 \times 11.25 = 26100.0$  kN globalmente per la struttura in esame.



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

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

D = Profondità del piano di appoggio

e<sub>B</sub> = Eccentricità in direzione B (e<sub>B</sub> = Mb/N)

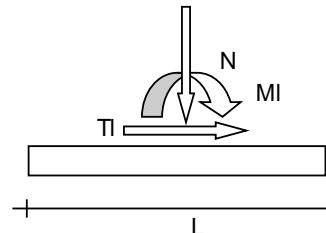
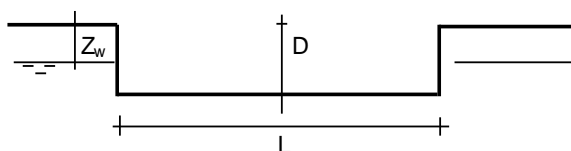
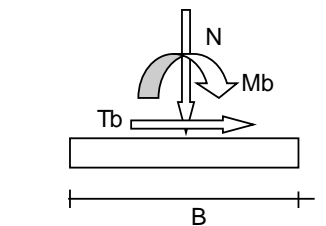
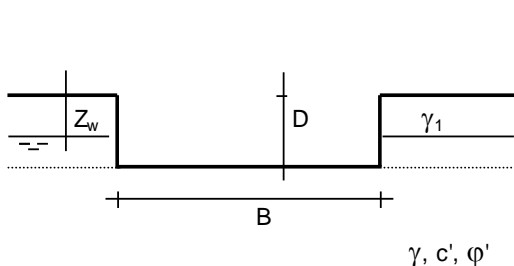
e<sub>L</sub> = Eccentricità in direzione L (e<sub>L</sub> = MI/N) (per fondazione nastriforme e<sub>L</sub> = 0; L\* = L)

B\* = Larghezza fittizia della fondazione (B\* = B - 2\*e<sub>B</sub>)

L\* = Lunghezza fittizia della fondazione (L\* = L - 2\*e<sub>L</sub>)

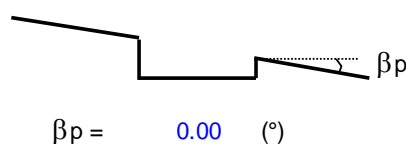
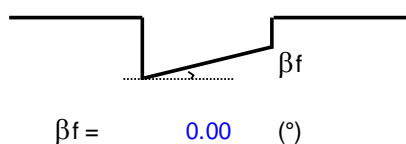
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)



Metodo di calcolo	coefficienti parziali						
	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	q <sub>lim</sub>	scorr	
Stato Limite Ultimo A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10	
SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	
Definiti dal Progettista	<b>X</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>2.30</b>	<b>1.10</b>



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

- B = 15.20 (m)
- L = 11.25 (m)
- D = 8.90 (m)



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLSL14A0001
				A

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	26100		26100.00
Mb [kNm]	12003		12002.63
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	2234		2234.25
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	2234.25	0.00	2234.25

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 19.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 19.00$  (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 0.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 39.00$  (°)

*Valori di progetto*

$c' = 0.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 39.00$  (°)

*Profondità della falda*

$Z_w = 1.00$  (m)

$e_B = 0.46$  (m)  
 $e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 14.28$  (m)  
 $L^* = 11.25$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 90.10$  (kN/mq)

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

$\gamma = 9.00$  (kN/mc)

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

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



$N_q = 55.96$

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

$N_c = 67.87$

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

$N_\gamma = 92.25$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

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

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

$$s_c = 1.65$$

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

$$s_q = 1.64$$

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

$$s_\gamma = 0.68$$

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

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.56 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.44 \quad m = 1.56 \quad (-)$$

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

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

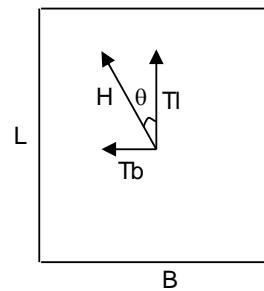
$$i_q = 0.87$$

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

$$i_c = 0.87$$

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

$$i_\gamma = 0.80$$



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

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

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



$$d_q = 1.18$$

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

$$d_c = 1.18$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 10990.69 \quad (\text{kN/m}^2)$$



**Pressione massima agente**

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

$$q = 162.46 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacit  portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 4778.56 \geq q = 162.46 \quad (\text{kN/m}^2)$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$Hd = 2234.25 \quad (\text{kN})$$



**Azione Resistente**

$$Sd = N \tan(\varphi) + c' B^* L^*$$

$$Sd = 21135.36 \quad (\text{kN})$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$Sd / \gamma_R = 19213.96 \quad \geq \quad Hd = 2234.25 \quad (\text{kN})$$

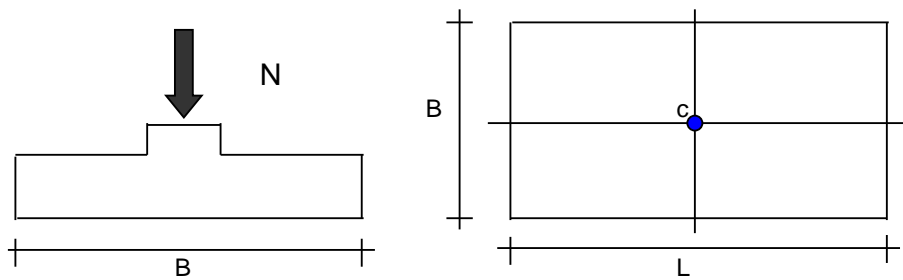
GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 14.2 VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

Si esibisce di seguito il calcolo dei cedimenti in fondazione dell'opera in esame; stante il notevole spessore della unità geologica a grana grossa (ai fini della valutazione del volume significativo geotecnico dell'opera), i cedimenti si assumono nelle condizioni di lungo termine.

### CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

#### LAVORO:



#### Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_1^2))$$



$$\Delta\sigma_{yi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_2^2))$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{ot} = \Sigma \delta_i = \Sigma (((\Delta\sigma_{zi} - v_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi})) \Delta z_i / E_i)$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLSL14A0001	A

**DATI DI INPUT:**

B = 15.20 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 11.25 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 15344 (kN) (Carico Verticale Agente)



q = 89.73 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B\*L)))

ns = 2 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z <sub>i</sub>	a z <sub>i+1</sub>	Δz <sub>i</sub>	E	v	δ <sub>ci</sub>
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	6	1.60	0.0	1.6	1.0	15000	0.30	0.26
2	6	22.00	1.6	23.6	1.0	25000	0.30	2.87
-			0.0	0.0	1.0			-
-			0.0	0.0	1.0			-
-			0.0	0.0	1.0			-
-			0.0	0.0	1.0			-

$$\delta_{ctot} = 3.13 \text{ (cm)}$$

Il cedimento totale risulta essere pari a 3.13 cm.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

### 14.3 VERIFICA A SOLLEVAMENTO

In accordo con quanto prescritto nella normativa di riferimento NTC2008-§6.2.3.2, si riporta di seguito la verifica di sollevamento dell'opera, in quanto interessata dalla presenza della sottospinta idraulica (Verifica nei confronti degli stati limite ultimi idraulici).

I coefficienti parziali sulle azioni, per le verifiche di stabilità al sollevamento, sono indicati nella Tabella 6.2.III della normativa NTC2008.

**Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.**



CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0
	Sfavorevole		1,5

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Risulta quanto segue:



SOLLEVAMENTO (Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici)				
<b>Carico permanente strutturale G1</b>				
Peso soletta superiore			380.00	kN
Peso soletta fondazione			522.00	kN
Peso piedritti (x2)			25.00	kN
Peso piedritto centrale			295.00	kN
Coefficiente sicurezza			35.00	-
<b>Carico permanente non strutturale G2</b>				
Carico permanente TOT. Portato dalla soletta superiore			0.00	kN
Permanenti portati soletta inferiore			0.00	kN
Coefficiente sicurezza			0.80	-
Azione stabilizzante	PP	=	1131.30	kN
<b>Azione dell'acqua</b>				
Quota Falda dalla quota di intradosso della fondazione			5.13	m
Larghezza totale del sottopasso			15.20	m
Sottospinta idraulica	SPW	=	779.76	kN



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

Coefficiente sicurezza			1.1		
Fattore di sicurezza al sollevamento	<b>FS</b>	=	<b>1.32</b>	>	<b>1</b>
				<b>Verificato</b>	

La verifica al sollevamento dell'opera risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLSL14A0001	A

## 15 DICHIARAZIONE SECONDO NTC2008 (§ 10.2)

Nel presente paragrafo si procede al controllo dei risultati derivanti dal modello di calcolo verificando che il momento agente sulla soletta superiore in condizione SLE corrisponda al valore che si ottiene dal calcolo di una trave su 2 appoggi, considerando un vincolo di semi-incastro alle due estremità (in modo tale da meglio rappresentare il vincolo fra soletta superiore ed i piedritti della struttura).

Sollecitazioni soletta superiore		
Peso proprio	25.00	kN/m
Permanenti	14.58	kN/m
Accidentale	78.10	kN/m

L soletta	12.00	m
-----------	-------	---

MEd-	-941.4	kNm
MEd+	930.7	kNm

Sollecitazioni soletta superiore modello di calcolo		
MEd-	-945	kNm
MEd+	910	kNm

MIN      MAX  
BM2(kN.m) -1211.6462    1211.6462  
                 [Em.13]    [Em.1]

