

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**  
**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA**

**FA07B - Fabbricato E2 – Stazione di Ferrandina**

Relazione di calcolo strutturale

SCALA:

-
---

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

IA5F    01    D    78    CL    FA07B0    001    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	L. Sbrenna	LUGLIO 2019	R. Oscurato	LUGLIO 2019	F.GERNONE <i>F. Gernone</i>	LUGLIO 2019	D.TIBERTI LUGLIO 2019 ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Generale UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Danilo Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 18078


File: IA5F-01-D-78-CL-FA07B0-001-A

n. Elab.:


	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 2 DI 94

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI .....	5
3.2	DOCUMENTI CORRELATI .....	5
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
4.1	CEMENTO ARMATO.....	6
4.1.1	CALCESTRUZZO.....	6
4.1.2	ACCIAIO D'ARMATURA IN BARRE TONDE AD ADERENZA MIGLIORATA.....	7
4.1.3	COPRIFERRO.....	8
<b>5</b>	<b>TERRENO DI FONDAZIONE.....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>9</b>
6.1	PESO PROPRIO STRUTTURE.....	9
6.1.1	SOLAIO DI COPERTURA.....	9
6.1.2	STRUTTURA PRINCIPALE IN C.A. ....	10
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	10
6.3	SOVRACCARICO ACCIDENTALE .....	10
6.4	AZIONE DELLA NEVE .....	11
6.5	AZIONE DEL VENTO.....	11
6.6	VARIAZIONI TERMICHE .....	13
6.7	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI.....	14
6.8	AZIONE SISMICA .....	15
<b>7</b>	<b>MODELLO STRUTTURALE E COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>19</b>
7.1	CONSIDERAZIONI GENERALI SUL MODELLO DI CALCOLO.....	19
7.2	COMBINAZIONI DELLE AZIONI.....	24
<b>8</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>27</b>
8.1	SOLAIO DI COPERTURA.....	27

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
<b>FA07B</b> - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO	REV. A	FOGLIO 3 DI 94

<b>8.2</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E DEGLI IMPIANTI.....</b>	<b>32</b>
<b>8.3</b>	<b>TRAVE DI BORDO 30X40 .....</b>	<b>33</b>
8.3.1	VERIFICA A FLESSIONE .....	35
8.3.2	VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE .....	40
8.3.3	VERIFICA LIMITAZIONI ARMATURA .....	42
<b>8.4</b>	<b>TRAVE 40X40.....</b>	<b>45</b>
8.4.1	VERIFICA A FLESSIONE .....	47
8.4.2	VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE .....	51
8.4.3	VERIFICA LIMITAZIONI ARMATURA .....	53
<b>8.5</b>	<b>TRAVE 20X50.....</b>	<b>55</b>
8.5.1	VERIFICA A FLESSIONE .....	55
8.5.2	VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE .....	57
8.5.3	VERIFICA LIMITAZIONI ARMATURA .....	60
<b>8.6</b>	<b>PILASTRI (30X70) .....</b>	<b>62</b>
8.6.1	VERIFICA A FLESSIONE .....	63
8.6.2	VERIFICA LIMITAZIONI ARMATURA .....	69
<b>8.7</b>	<b>PILASTRI (30X40) .....</b>	<b>72</b>
8.7.1	VERIFICA A FLESSIONE .....	73
8.7.2	VERIFICA LIMITAZIONI ARMATURA .....	79
<b>8.8</b>	<b>VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI (SLO).....</b>	<b>81</b>
<b>9</b>	<b>FONDAZIONI .....</b>	<b>82</b>
<b>9.1</b>	<b>PLATEA DI FONDAZIONE .....</b>	<b>82</b>
9.1.1	VERIFICA A FLESSIONE .....	85
9.1.2	VERIFICA A TAGLIO .....	88
<b>9.2</b>	<b>VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE.....</b>	<b>89</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>94</b>

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>				
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>				
<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IASF	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO 	REV. <b>A</b> FOGLIO <b>4 DI 94</b>

## 1 PREMESSA

Il presente documento è emesso nell'ambito dello sviluppo della Progettazione Definitiva della nuova linea Ferrandina-Matera La Martella, la cui attivazione consente il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto.

Allo scopo di ospitare le tecnologie di linea verranno realizzati i fabbricati riportati nella seguente tabella.

WBS	km	Ubicazione	Tipologia Fabbricati/Locali	B (m)	L (m)
FA02 A	2+380	PIAZZALE EMERGENZA LATO FERRANDINA	FABBRICATO PGEP	35,95	6,40
FA02 B			FABBRICATO E1	8,40	6,40
FA02 C			LOCALE POMPE E VASCA	10,60	7,00
FA03 A	-	PIAZZALE FINESTRA INTERMEDIA	FABBRICATO PGEP	22,55	6,40
FA03 B			FABBRICATO E1	8,40	6,40
FA04 A	9+069,33	PIAZZALE EMERGENZA LATO LA MARTELLA	FABBRICATO PGEP	27,40	6,40
FA04 B			FABBRICATO E1	8,40	6,40
FA04 C			LOCALE POMPE E VASCA	10,60	7,00
FA05 A	10+621,50	POSTO DI MOVIMENTO SAN GIULIANO	FABBRICATO IS1	34,60	7,60
FA05 B			FABBRICATO E1	8,40	6,40
FA07 A	-	FABBRICATI TECNOLOGICI STAZIONE FERRANDINA	FABBRICATO IS2	30,40	7,60
FA07 B			FABBRICATO E2	19,60	8,00
FA07 C			LOCALE POMPE E VASCA	10,60	7,00

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è quello di calcolare e verificare la strutture in elevazione e in fondazione del "Fabbricato E2 – FA07B" da prevedere nell'ambito delle opere del piazzale di emergenza da allocare nei pressi della Stazione di Ferrandina.


Si attribuisce una vita nominale  $V_N = 50$  anni e la classe d'uso II con coefficiente d'uso  $C_u=1.00$ , in conformità ai seguenti riferimenti normativi:

- DM 17/01/2018 par. 2.4;
- Circ. 21/01/2019, n.7
- Decreto 21/10/2003 P.C.M. Dipartimento della Prot. Civile (all.1);
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili – RFIDTCSIPSMAIFS001C

Il periodo di riferimento da considerare per il calcolo dell'azione sismica sarà quindi  $V_R = C_u \times V_N = 50,0$  anni.

La struttura in pianta del fabbricato ha forma rettangolare avente le seguenti dimensioni 8.00 m x 19.6 m, comprensiva del rivestimento realizzata in muratura con blocchi architettonici facciavista. Il sistema strutturale è caratterizzato da un telaio spaziale monolivello avente copertura piana costituito da una campata in direzione trasversale di luce 7.00 m circa mentre, parallelamente al lato lungo, è suddiviso in 4 campate di luce massima pari a 5.20 m.

La struttura relativa alla parte in elevazione è costituita da travi e pilastri in cemento armato. Il solaio di copertura è del tipo semiprefabbricato a prédalles, con getto in opera dei travetti e della caldana superiore. Lo spessore totale del solaio di copertura è di 30 cm e comprende 4 cm di prédalles, 22 cm di nervature e 4 cm di caldana superiore. Le lastre in c.a. sono larghe 120 cm e presentano tre tralicci metallici di irrigidimento ed elementi di alleggerimento delimitanti le nervature intermedie. Il solaio è ordito secondo la direzione trasversale del fabbricato in modo da essere poggiate direttamente sui telai longitudinali disposti ad interasse di 7,30 m. I pilastri hanno dimensione in pianta di 30x40 cm, e 30x70 cm i pilastri d'angolo, le travi perimetrali (longitudinali e trasversali) hanno dimensioni 30x40 cm,

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO	REV. A	FOGLIO 5 DI 94

le travi trasversali interne sono 40x40 e quelle di bordo 30x40 cm. Il sistema di fondazione è realizzato in opera mediante una platea di fondazione di spessore di 40 cm. Il rivestimento esterno è ottenuto mediante muratura in blocchi architettonici in muratura facciavista.

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché ai manuali di progettazione societari.


La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Rif. [1] - Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17/01/2018
- Rif. [2] - Circolare n. 7 del 21 febbraio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Rif. [3] - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 . Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Rif. [4] - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21/10/2003;
- Rif. [5] - Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- Rif. [6] - UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici;
- Rif. [7] - UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità;
- Rif. [8] - UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno.
- Rif. [9] REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Rif. [10] Manuale di progettazione OO.CC. – RFIDTCSIPSMMAIFS001C

#### 3.2 DOCUMENTI CORRELATI

I documenti correlati sono:

- Rif. [11] FA07B-Carpenteria fondazione, solaio di copertura e pilastri IA5F 00 D 78 BB FA 0 7 B0 001A

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA				
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 6 DI 94

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CEMENTO ARMATO

#### 4.1.1 Calcestruzzo

Si riportano di seguito due tabelle riepilogative del tipo e delle caratteristiche del calcestruzzo adottato per i diversi elementi strutturali:

	Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
Classe di resistenza	C32/40	C32/40	C25/30
Classe di esposizione	XC3	XC3	XC2
Condizioni ambientali	ordinarie	ordinarie	ordinarie
Rapporto acqua/cemento		0,55	0,60

		Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
R <sub>ck</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	40	40	30
f <sub>ck</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	33	33	25
f <sub>cm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	41	41	33
α <sub>cc</sub>	(-)	0,85	0,85	0,85
γ <sub>c</sub>	(-)	1,5	1,5	1,5
f <sub>cd</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	18,81	18,81	14.17
f <sub>ctm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	3,10	3,10	2,56
f <sub>ctk</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	4,03	4,03	1,79
f <sub>ctd</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	1,40	1,40	1.19
f <sub>cfm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	3,72	3,72	3,07
f <sub>cfk</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	2,17	2,17	2,15
E <sub>c</sub>	(N/mm <sup>2</sup> )	33642	33642	31476

Dove:

R<sub>ck</sub> = Resistenza cubica caratteristica a compressione


f<sub>ck</sub> = 0.83 · R<sub>ck</sub> = Resistenza cilindrica caratteristica

f<sub>cm</sub> = f<sub>ck</sub> + 8 (N/mm<sup>2</sup>) = Resistenza cilindrica media a compressione

α<sub>cc</sub> = Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli: α<sub>cc</sub> (t > 28gg) = 0.85

γ<sub>c</sub> = 1.5; viene ridotto a 1.4 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della

resistenza) non superiore al 10%. f<sub>cd</sub> =  $\frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$  = Resistenza di calcolo a compressione

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>				
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A

$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3}$  [per classi  $\leq C50/60$ ] = Resistenza cilindrica media a trazione

$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$  = Resistenza cilindrica caratteristica a trazione

$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$  = Resistenza di calcolo a trazione

$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$  = Resistenza media a trazione per flessione

$f_{cfk} = 0.7 \cdot f_{cfm}$  = Resistenza cilindrica caratteristica a trazione

$E_{cm} = 22000 \cdot \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$  = Modulo Elastico

Coefficiente di Poisson:

Secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC2018, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).

Coefficiente di dilatazione termica:

In sede di progettazione, o in mancanza di una determinazione sperimentale diretta, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può assumersi un valore medio pari a  $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  (NTC2018 – 11.2.10.5).

#### 4.1.2 Acciaio d'armatura in barre tonde ad aderenza migliorata

Si adotta acciaio tipo B450C come previsto al punto 11.3.2.1 delle NTC2018, per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche:

Resistenza a trazione – compressione:

$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$  = Resistenza caratteristica di rottura

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$  = Resistenza caratteristica a snervamento

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391.3 \text{ N/mm}^2$  = Resistenza di calcolo

dove:

$\gamma_s = 1.15$  = Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio.

Modulo Elastico:

$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo:

		Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
$f_{bk}$	(N/mm <sup>2</sup> )	4.36	4,36	4,36
$f_{bd}$	(N/mm <sup>2</sup> )	2.90	2,90	2,90

dove:

$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}$  = Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza

$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c}$  = Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo

$\eta = 1.0$  – per barre di diametro  $\Phi \leq 32 \text{ mm}$ ;

$\gamma_c = 1.5$  – Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo.

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>				
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO 

### 4.1.3 Copriferro

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 21.01.2019, n. 7 C.S.LL.PP, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.


C <sub>min</sub>	C <sub>o</sub>	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
			C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori riportati nella tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm. Si riportano di seguito i copriferri adottati, determinati in funzione della classe del cls e delle condizioni ambientali.

	Ambiente	Copriferro minimo	Tolleranza di posa	Copriferro nominale
Struttura in elevazione	Ordinario	25	10	35
Lastre predalles	Ordinario	20	0	20
Fondazioni	Ordinario	25	10	35

In definitiva si prescrive che in fondazione e in elevazione tranne che per le lastre predalles il copriferro netto non deve essere inferiore a 40mm.



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 9 DI 94

## 5 TERRENO DI FONDAZIONE

Il terreno costituente il piano di posa degli edifici presenti nel piazzale è U1b, le cui caratteristiche fisiche e meccaniche, in accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica, sono riepilogate in tabella.

Unità	da [m]	a [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	c' [kPa]
U1b	p.c.	-	19.0	25	7.5

Per ogni riferimento si rimanda all'elaborato specialistico : Relazione Geotecnica Generale – IA5F01D78RHGE0005001A.

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC2018, sono state considerate agenti sulla struttura le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali:

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali;
- sovraccarico variabile;
- azione sismica;
- azione del vento;
- azione della neve;
- variazioni termiche;
- effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli.

Nel progetto strutturale in esame, le azioni esterne, quali vento e neve, sono state valutate considerando la località di Matera. Anche l'azione sismica è stata calcolata facendo riferimento alla stessa zona.

### 6.1 PESO PROPRIO STRUTTURE

#### 6.1.1 Solaio di copertura


E' realizzato con lastre predalles in cemento armato di altezza 30 cm alleggerite con polistirene espanso.

##### Solaio in lastre Predalles

(H = 4+22+4=24cm) lastra larga 1,20 m.

Predalles (s = 4cm) 25x0,04x1,20=1,2 kN;

Nervatura centrale (h=22 cm, s=14 cm) 25x0,22x0,14= 0,77 kN;

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	01	D 78 CL	FA07B0 001	A	10 DI 94

Nervature laterali (h=22 cm, s=12 cm)  $2 \times 25 \times 0,22 \times 0,12 = 1,32$  kN;

Soletta superiore (s=4 cm)  $25 \times 0,04 \times 1,20 = 1,2$  kN;

Alleggerimento in polistirene espanso (h=22 cm, s=40 cm)  $2 \times 0,15 \times 0,4 \times 0,22 = 0,0264$  kN.

Peso totale di una lastra larga 1,20 m:  $G = 1,2 + 0,77 + 1,32 + 1,2 + 0,026 = 4,52$  kN

Peso totale a metro quadrato =  $4,52 / 1,20 = 3,77$  kN/m<sup>2</sup>

### 6.1.2 Struttura principale in c.a.

Il peso proprio delle travi e dei pilastri, viene calcolato automaticamente dal programma considerando il peso specifico del cemento armato pari a :

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

## 6.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

- Tamponamenti esterni

Il rivestimento esterno è ottenuto mediante muratura armata in blocchi architettonici facciavista, costituiti da blocchi semipieni in cls vibrocompresso e alleggerito (sp.30cm) + isolante esterno in polistirene (sp. 6 cm) + camera di ventilazione (sp 5 cm) + mattoni blocchi architettonici facciavista sp 7,5 cm, il cui peso è pari a **3,60 kN/m<sup>2</sup>**.

Il peso per unità di superficie moltiplicato per l'altezza totale del singolo pannello h=3,60 m, trascurando le eventuali aperture, è pari a **13 kN/m**, che è il peso a metro lineare della tamponatura da applicare alla platea di fondazione.

- Carichi permanenti non strutturali agenti in copertura

Incidenza zone piene solaio	0,20	kN/m <sup>2</sup>
Massetto delle pendenze	0,60	kN/m <sup>2</sup>
Strato coibente	0,10	kN/m <sup>2</sup>
Guaina di impermeabilizzazione	0,10	kN/m <sup>2</sup>
Malta di allettamento (2 cm)	0,40	kN/m <sup>2</sup>
Pavimento	0,50	kN/m <sup>2</sup>
Intonaco intradosso	0,30	kN/m <sup>2</sup>
Incidenza impianti	0,30	kN/m <sup>2</sup>
Controsoffitto	0,10	kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale carico:</b>	<b>2.60</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>


Incidenza muretti perimetrali e scala su travi di bordo 2,00 kN/m

- Carichi permanenti non strutturali agenti in fondazione

Generatore Elettrico su area 1,90 x 3,60	43,00	kN
<b>Totale carico:</b>	<b>43.00</b>	<b>kN</b>

## 6.3 SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Il sovraccarico assunto per la copertura è pari a 0,50 kN/m<sup>2</sup>.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	01	D 78 CL	FA07B0 001	A	11 DI 94

## 6.4 AZIONE DELLA NEVE

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2018. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk}$$

dove:

$\mu_i$  - Coefficiente di forma della copertura;

$C_e$  - Coefficiente di esposizione;

$C_t$  - Coefficiente termico;

$q_{sk}$  - Valore di riferimento del carico neve al suolo.

Per la valutazione di  $q_{sk}$  si è fatto riferimento ad un sito posto in zona I - Mediterranea, con altezza sul livello del mare pari a 550 m:

$$q_{sk} = 1.17 \text{ kN/m}^2$$

Il coefficiente di esposizione  $C_e$  può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC2018. Per il caso in esame, si assume  $C_e = 1.0$ .

Il coefficiente termico  $C_t$  può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1.0$  (3.4.4 - NTC2018).

Il coefficiente di forma della copertura dipende dall'angolo di inclinazione della falda, i valori proposti dalla normativa vigente vengono riportati nella Tab.3.4.II (DM 14 Gennaio 2008):

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso in esame si ha  $\alpha = 0^\circ$  pertanto:

$$\mu_1 (0^\circ) = 0,8$$

Si assume una distribuzione uniforme del carico da neve per la copertura piana, quindi si ha:

$$q_s = 0.8 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.17 = \mathbf{0.95 \text{ kN/m}^2}.$$

## 6.5 AZIONE DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al punto 3.3.3 – NTC2018. Per il calcolo dell'azione statica equivalente dovuta al vento, si è fatto riferimento ad un sito posto in zona 4, con altezza sul livello del mare pari a 550 m.


Pressione del vento:

La pressione del vento, considerata come azione statica agente normalmente alle superfici, è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

dove

- $q_b$  - Pressione cinetica di riferimento
- $C_e$  - Coefficiente di esposizione
- $C_p$  - Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO	REV. A	FOGLIO 12 DI 94

- $c_d$  - Coefficiente dinamico che si assume unitario.

Pressione cinetica di riferimento:

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

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

dove:

- $v_b$  - Velocità di riferimento del vento;
- $\rho$  – Densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m<sup>3</sup>.

In mancanza di indagini statistiche adeguate, la velocità di riferimento del vento  $v_b(T_R)$  riferita ad un generico periodo di ritorno  $T_R$  può essere valutata, nel campo compreso tra 10 e 500 anni, con l'espressione:

$$V_b(T_R) = \alpha \cdot v_b$$

dove:

$v_b$  – Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;

$\alpha_R$  – Coefficiente posto in un diagramma in funzione di  $T_R$  espresso in anni;

Il periodo di ritorno  $T_R$  al quale si è fatto affidamento per la valutazione della velocità di riferimento del vento risulta pari a 100 anni.

Coefficiente di esposizione:

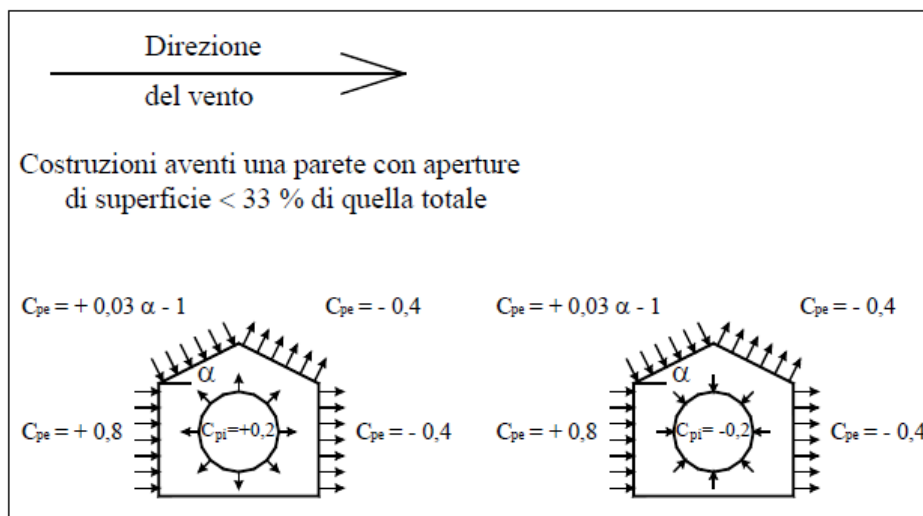
Il coefficiente d'esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per il caso in esame considerando zona 4, classe di rugosità del terreno D e categoria d'esposizione del sito II, il coefficiente di esposizione, per un'altezza massima del fabbricato di 4.70 m, risulta pari ad 1.90.

Coefficiente dinamico:

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso è assunto cautelativamente pari ad 1.


Coefficiente di forma (o aerodinamico):

Per la determinazione del coefficiente di forma si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo 3.3.10.1 della Circolare del 2/02/2009 in relazione a quanto riassunto nella figura seguente:



Per il carico sopravvento si assume  $c_p = + 0,8$ ;

per il carico sottovento si assume  $c_p = - 0,4$ ;

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 13 DI 94

in copertura si assume  $c_p = -0,4$ ;

per costruzioni che hanno una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale, la pressione interna si assumerà  $c_{pi} = \pm 0,2$ .

Si riporta di seguito il prospetto delle caratteristiche assunte per la determinazione della pressione normale del vento secondo normativa:

<u>Azione Normale Vento</u>		
Zona	4	
$a_s$	550	m
$a_0$	500	m
$v_{b,0}$	28	m/s
$K_a$	0.02	1/s
$v_b(T_R)$	34.29	m/s
$q_b$	0.49	kN/m <sup>2</sup>
Categoria di esposizione sito	II	
$k_r$	0.19	
$Z_0$	0.05	m
$Z_{min}$	4	m
$c_e(Z_{min})$	1.80	
$z$ (altezza costruzione sul suolo)	4.00	m
$C_d$	1	
$c_e(z)$	1.80	
$\alpha$ (Inclinazione copertura)	0	°
$c_{p1}$ (Copertura)	- 0.20	
$c_{p2}$ (Elementi Verticali - Sopravento)	+ 0.80	
$c_{p3}$ (Elementi Verticali – Sottovento)	- 0.40	
$p_1$ (Pressione vento in copertura)	<b>-0,35</b>	kN/m <sup>2</sup>
$p_2$ (Pressione vento elementi verticali - Sopravento)	<b>+ 1,05</b>	kN/m <sup>2</sup>
$p_3$ (Pressione vento elementi verticali - Sottovento)	<b>- 0,35</b>	kN/m <sup>2</sup>

## 6.6 VARIAZIONI TERMICHE

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente  $\Delta T_u$ , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.11 delle NTC 2018 che viene riportata nel seguito.

Nel caso in cui la temperatura costituisca, invece, azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, l'andamento della temperatura  $T$  nelle sezioni degli elementi strutturali deve essere valutato più approfonditamente studiando il problema della trasmissione del calore.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 14 DI 94

Tabella 3.5.II – Valori di  $\Delta T_u$  per gli edifici

Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15$ °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10$ °C
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25$ °C
Strutture in acciaio protette	$\pm 15$ °C

Nel caso in esame, si tiene conto della sola componente  $\Delta T_u$  e in particolare si assume  $\Delta T_u = \pm 15$  °C per tutta la struttura.

## 6.7 EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI

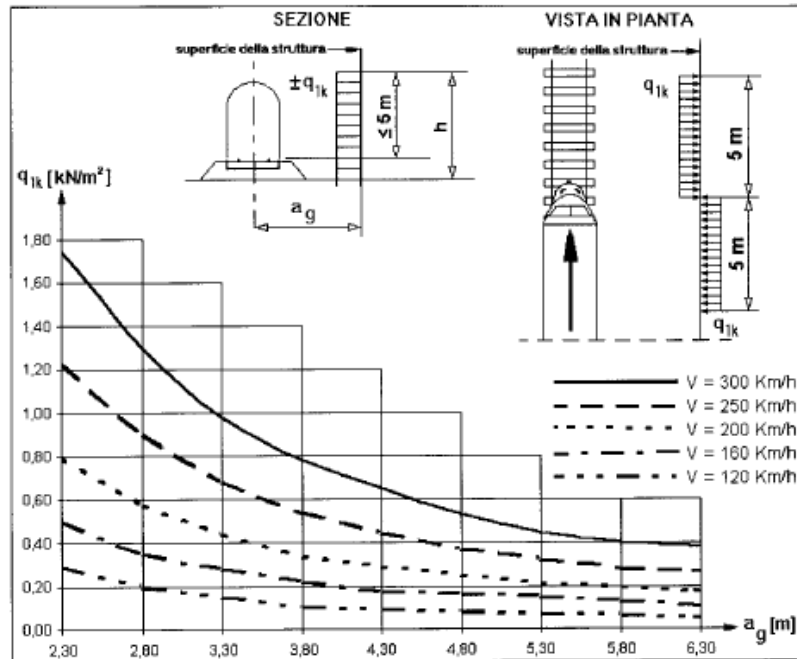
Il passaggio dei convogli ferroviari induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione si considera l'effetto aerodinamico associato al passaggio dei treni. Tali prescrizioni si riscontrano al punto 5.2 della NTC2018 relativo ai ponti ferroviari. Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno, il cui valore viene determinato con riferimento alla seguente situazione:

- Superfici verticali parallele al binario (5.2.2.7.1 – NTC2018):  
il valore caratteristico dell'azione  $\pm q_{1k}$  agente ortogonalmente alla superficie verticale di facciata del fabbricato viene valutato in funzione della distanza  $a_g$  dall'asse del binario più vicino. Supponendo che la distanza minima da garantire da ostacolo fisso, quale può essere un fabbricato, in assenza di organi respingenti è:

$$a_g = 5.00 \text{ m};$$

a tale valore di  $a_g$  corrisponde il seguente valore dell'azione  $q_{1k}$  prodotta dal passaggio del convoglio, calcolata secondo quanto riportato nella figura successiva in base alla velocità  $V = 300$  km/h e con riferimento a treni con forme aerodinamiche sfavorevoli (a vantaggio di sicurezza):

$$q_{1k} = 0.70 \text{ kN/m}^2$$



Si considerano pertanto le condizioni di carico elementari:

**AerodA)** pressione dovuta al passaggio dei treni in arrivo (per una fascia di 5 m);

**AerodB)** pressione (fascia di 5 m) e depressione (fascia di 5 m) dovuti al passaggio dei treni in avanzamento.

## 6.8 AZIONE SISMICA

Per la definizione dell'azione sismica sono necessarie delle valutazioni preliminari relative alle seguenti caratteristiche proprie della costruzione (2.4 – NTC2018):

- Vita Nominale ( $V_N$ );
- Classe d'uso ( $C_u$ );
- Periodo di Riferimento ( $V_R$ ).

Si attribuisce una vita nominale  $V_N = 50$  anni e la classe d'uso II con coefficiente d'uso  $C_u=1,0$ , in conformità ai seguenti riferimenti normativi:

- DM 17/01/2018 par. 2.4;
- Circ. 21/01/2019, n. 617 par. C2.4.1 e C2.4.2;
- Decreto 21/10/2003 P.C.M. Dipartimento della Prot. Civile (all.1);

Il periodo di riferimento da considerare per il calcolo dell'azione sismica sarà quindi  $V_R = C_u \times V_N = 50,0$  anni.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissata probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  (3.2 – NTC2018).

La normativa NTC2018 definisce le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  – Accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. <b>A</b> FOGLIO <b>16 DI 94</b>

- $T_C^*$  - Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche si definiscono due stati limite di esercizio e due ultimi, che sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso (3.2.1 – NTC2018), ai quali corrispondono i seguenti valori dei parametri precedentemente definiti:

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III – NTC2018).

Il terreno su cui insiste la costruzione è stato assimilato ad un sottosuolo di *categoria C*.

Nel caso in esame si può assumere una categoria topografica  $T_1$  (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ).

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ .

Lo spettro di risposta elastico orizzontale è descritto dalle seguenti espressioni, riportate al punto 3.2.3.2.1 – NTC2018:

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

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

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

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

Poiché il fabbricato è dotato di solai che presentano luce inferiore a 8 m, non è stata considerata la componente verticale dell'azione sismica, come stabilito al punto 7.2.1 delle NTC2018:

Agli stati limite ultimi le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, tenendo conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarigidità, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4 - NTC2018  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di comportamento.

Il valore del fattore di comportamento  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione dell'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato mediante la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$


dove:

$q_0$  è il valore massimo del fattore di comportamento

$K_R$  è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione.

Un problema importante è la scelta del valore base del coefficiente di comportamento  $q_0$ , che risulta legato alla tipologia strutturale ed al livello di duttilità attesa. Osservando le tipologie strutturali riportate al punto 7.4.3.1 – NTC2018 si evince che l'edificio in esame può essere riconducibile ad un sistema a telaio.



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>				
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A

Per quanto riguarda il livello di duttilità attesa, si stabilisce di progettare il fabbricato in accordo con un comportamento strutturale dissipativo caratterizzato da Classe di Duttilità bassa (CD" B").

Pertanto, in base alla tabella 7.4.I delle NTC 2018, il coefficiente di comportamento  $q_0$  può essere valutato come segue:

$$q_0 = 3.0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

Trattandosi di una struttura a telaio ad un solo piano ed una sola campata in direzione trasversale, in accordo con il paragrafo 7.4.3.2 delle NTC 2018, si assume:

$$\alpha_u / \alpha_1 = 1.1$$

Tuttavia la costruzione risulta NON REGOLARE IN PIANTA in quanto NON soddisfa il requisito b) riportato nel paragrafo 7.2.2 delle NTC 2018.

Essendo, poi, la struttura anche REGOLARE IN ALTEZZA si può assumere  $K_R=1$ .

Pertanto il fattore di comportamento al quale si farà riferimento per la definizione dello spettro di progetto è  $q = 3,15$ .

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ .

Per una costruzione di Classe III, devono essere effettuate le verifiche riportate nella seguente tabella, estrapolata dalla tabella C7.1.I contenuta nella Circolare 2019:

Stato limite	Descrizione della prestazione	Riferimento norme D.M.17/01/2018	$\eta$
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali (spostamenti di interpiano)	§7.3.7.2	1
SLD	Resistenza degli elementi strutturali	§7.3.7.1	2/3
SLV	Resistenza delle strutture	§7.3.6.1	1/q
	Duttilità delle strutture	§7.3.6.2	
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	§7.3.6.3	

Gli spettri di risposta di progetto agli stati limite SLD, SLV e SLO sono stati determinati facendo riferimento alle condizioni più gravose della tratta in progetto. Pertanto sono stati assunti i seguenti parametri sismici:

ag/g	cat	F0	Tc*	Ss
0,158	C	2,48	0,332	1,47

Gli effetti dell'azione sismica vengono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali dovuti al peso proprio ( $G_1$ ), ai sovraccarichi permanenti ( $G_2$ ) e a un'aliquota ( $\psi_{2j}$ ) dei sovraccarichi accidentali ( $Q_{kj}$ ):

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

I valori dei coefficienti  $\psi_{2j}$  sono riportati nella Tabella 2.5.I – NTC2018. Nel caso in esame i sovraccarichi accidentali che possono essere sottoposti ad eccitazione sismica sono:

- per il solaio di copertura, la neve ed il vento per copertura presentano  $\psi_{2j} = 0$ ;
- per il solaio di copertura, il sovraccarico variabile agente presenta  $\psi_{2j} = 0$ .

Per tener conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa deve essere attribuita un'eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo. Per gli edifici, gli effetti dell'eccentricità accidentale del centro di massa possono essere determinati mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo. In assenza di più accurate determinazioni l'eccentricità accidentale in ogni direzione non può essere

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO	REV. A	FOGLIO 18 DI 94

considerata inferiore a 0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica.

Gli effetti delle forze equivalenti dovute all'eccentricità accidentale, vengono portati in conto nella combinazione sismica, sommandoli al contributo delle sollecitazioni che si ottengono a valle dell'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Come metodo di analisi per determinare gli effetti dell'azione sismica si è scelto di utilizzare l'analisi dinamica lineare o analisi modale con spettro di risposta, nella quale l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto.

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Come prescritto dalle NTC 2018 al paragrafo 7.3.3.1, devono essere considerati tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa. E' opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi, deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa (CQC) degli effetti relativi a ciascun modo, secondo quanto definito al punto 7.3.3.1 delle NTC2018.

La risposta della struttura viene calcolata separatamente per ciascuna delle due componenti dell'azione sismica orizzontale; gli effetti sulla struttura, in termini di sollecitazioni e spostamenti, sono poi combinati applicando le seguenti espressioni:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y$$

$$1.00 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_x$$

Si è infine provveduto a combinare gli effetti dell'analisi spettrale ai differenti stati limite con quelli provocati dalle forze equivalenti all'eccentricità accidentale.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	01	D 78 CL	FA07B0 001	A	19 DI 94

## 7 MODELLO STRUTTURALE E COMBINAZIONI DI CARICO

### 7.1 CONSIDERAZIONI GENERALI SUL MODELLO DI CALCOLO

Il sistema costruttivo che caratterizza il fabbricato tecnologico in c.a. è costituito, in elevazione, da un telaio spaziale realizzato mediante la rigida connessione di travi e pilastri, e in fondazione, da una platea.

Lo step del lavoro relativo al calcolo computazionale e alla definizione dell'output, in termini di caratteristiche di sollecitazione e deformazioni per i vari elementi strutturali, prevede un approccio preliminare basato sulla modellazione della struttura attraverso un processo di discretizzazione agli elementi finiti facendo riferimento ad un modello elastico.

Il modello è stato realizzato ed analizzato con l'ausilio del programma di calcolo SAP2000 della CSI.

Gli elementi strutturali, travi e pilastri in elevazione e graticcio di travi rovesce in fondazione, sono stati schematizzati mediante elementi monodimensionali tipo *frame*.

Essi presentano caratteristiche geometriche e meccaniche in accordo con le proprietà reali dei materiali e delle sezioni che li rappresentano.

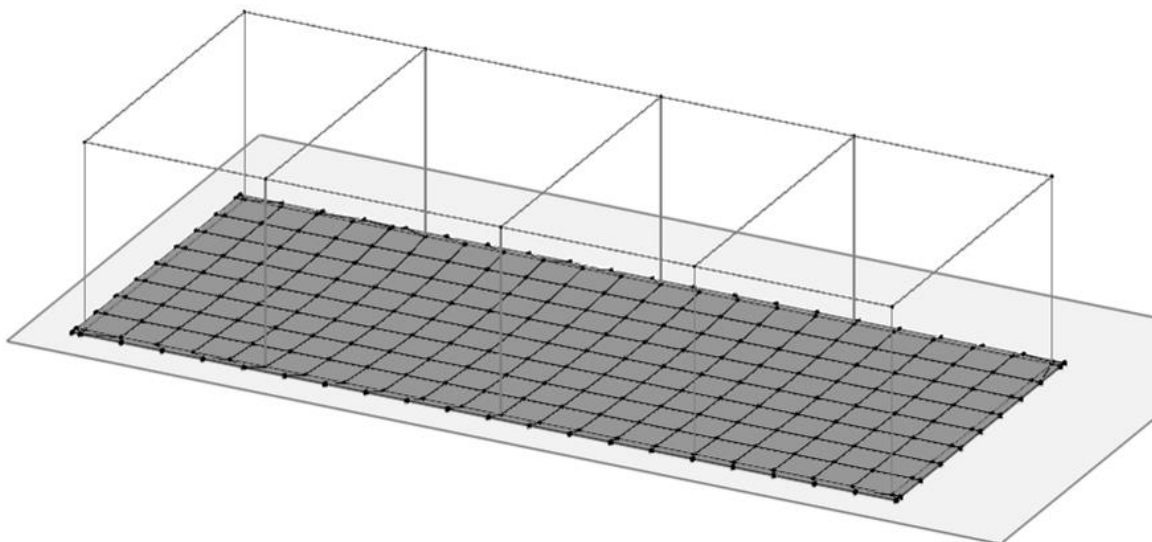
Ciascuna asta è stata posizionata in corrispondenza dell'asse baricentrico degli elementi strutturali. L'interazione tra terreno e struttura è stata studiata ipotizzando un comportamento elastico del terreno.

L'intera struttura è poggiata a terra su un letto di molle alla Winkler la cui rigidezza viene assegnata per unità di lunghezza di elemento. Il coefficiente di fondazione (Winkler) adottato nel modello è pari a  $K = 15000 \text{ kN/m}^3$ .

L'analisi degli effetti dovuti all'azione sismica prevede la definizione delle masse strutturali partecipanti all'eccitazione dinamica dovuta al terremoto. Pertanto nel modello le masse strutturali coincidono con i carichi caratteristici permanenti strutturali e non strutturali e con il 30% dei carichi di esercizio.

La presenza del solaio di copertura è stata modellata mediante un vincolo di diaframma al livello di copertura, oltre che con l'assegnazione dei carichi alle travi. L'assegnazione dei carichi alle travi è stata effettuata sulla base della tessitura dei solai secondo il criterio della larghezza d'influenza. Agli elementi in elevazione è stato assegnato un carico termico, pari a quello riportato nell'analisi dei carichi.

Seguono alcune immagini rappresentative del modello di calcolo.



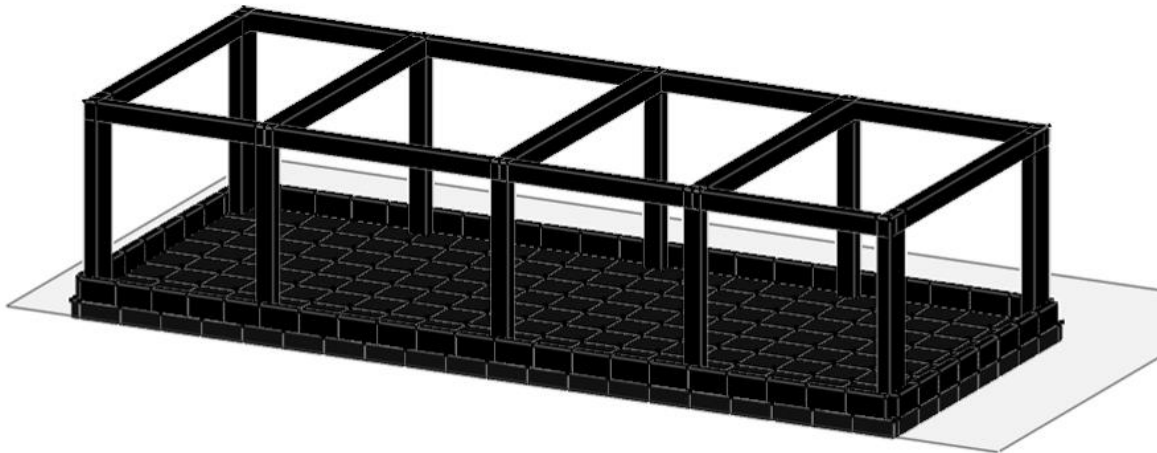


Figura 7-1 - Vista estrusa del modello.

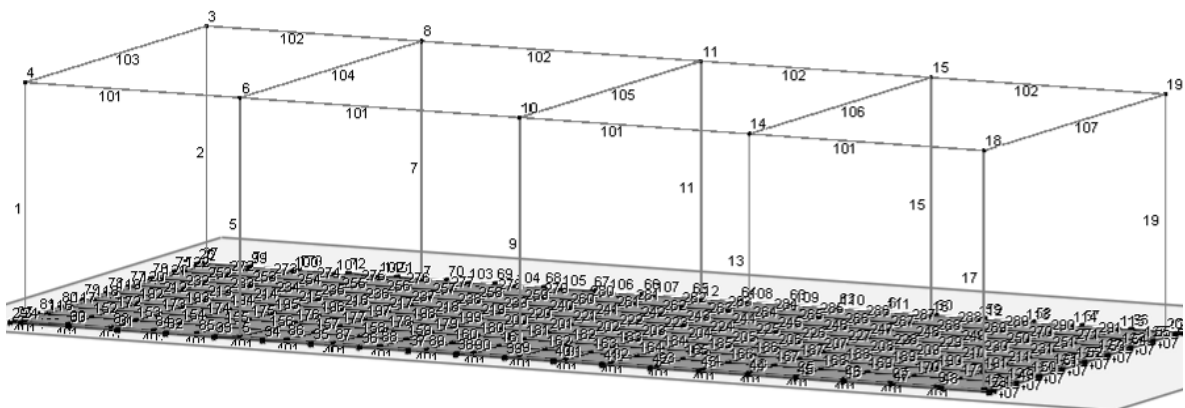


Figura 7-2 Numerazione frames e nodi piano copertura.

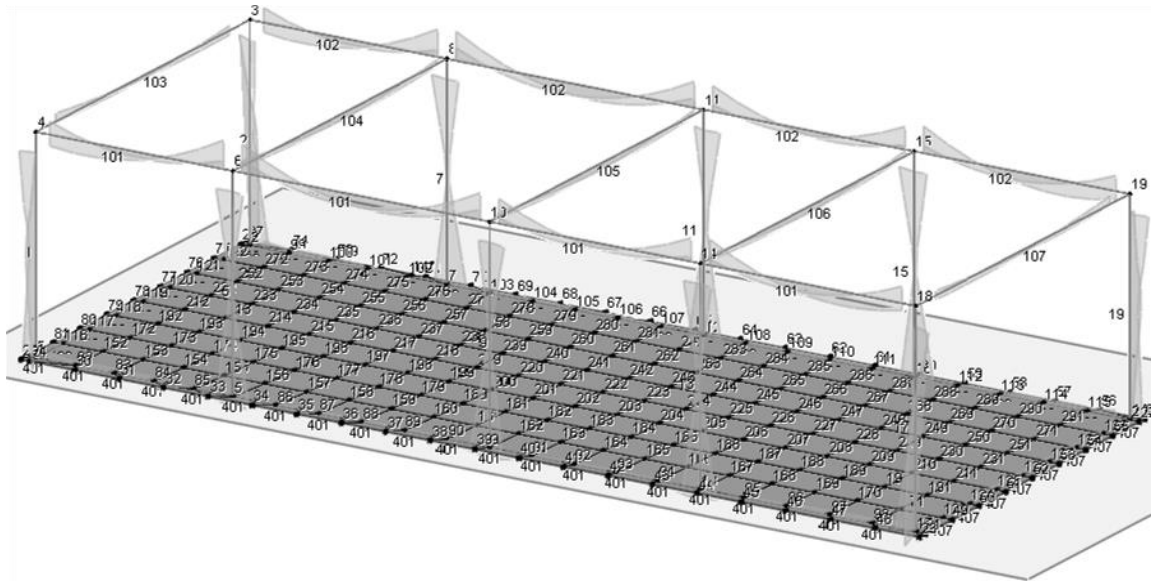


Figura 7-3 Diagramma dei momenti M3 – COMB\_INV\_SLV

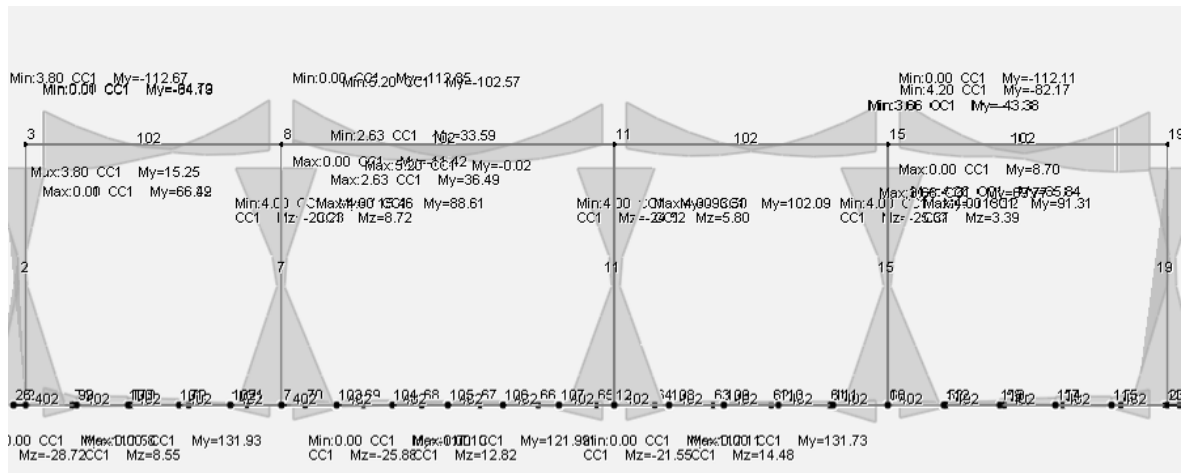


Figura 7-4 Diagramma dei momenti M3 - COMB\_INV\_SLV – Telaio di bordo

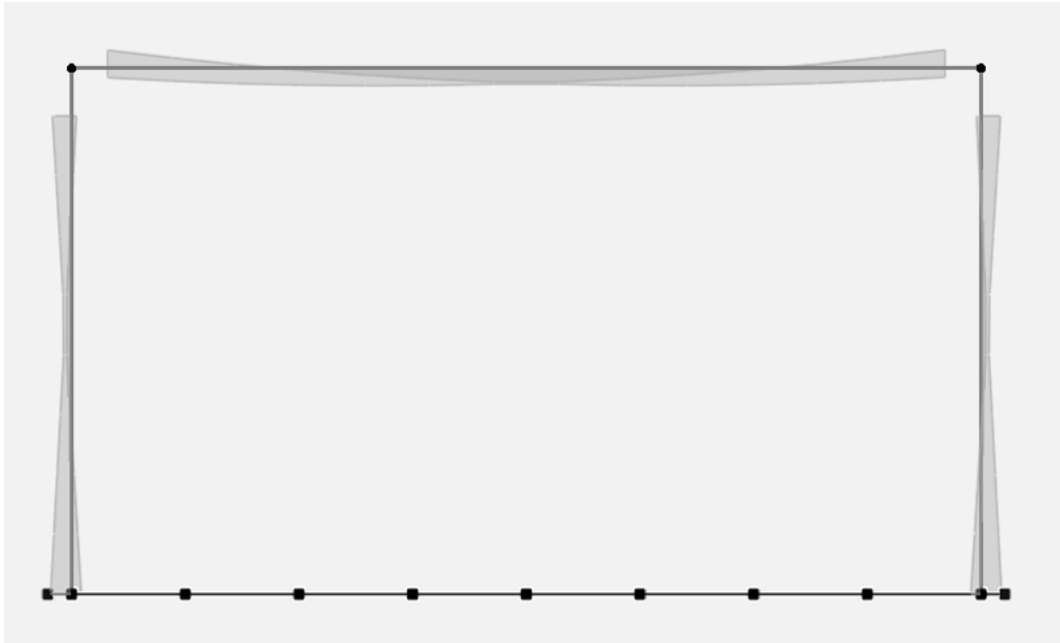


Figura 7-5 Diagramma dei momenti M3 - COMB\_INV\_SLV – Telaio interno

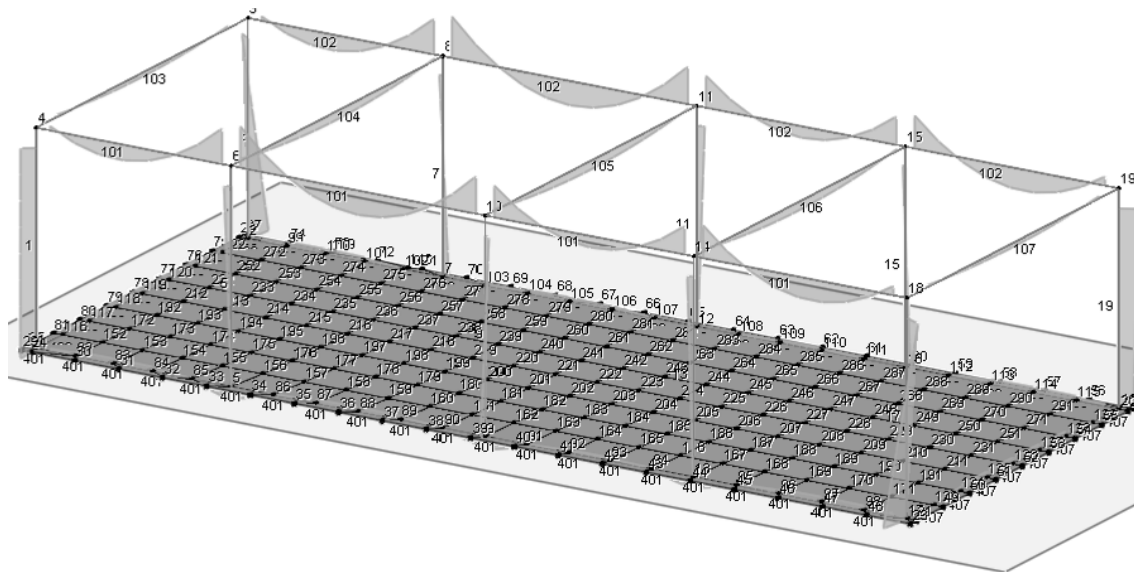


Figura 7-6 Diagramma dei momenti M3 - COMB\_INV\_SLU

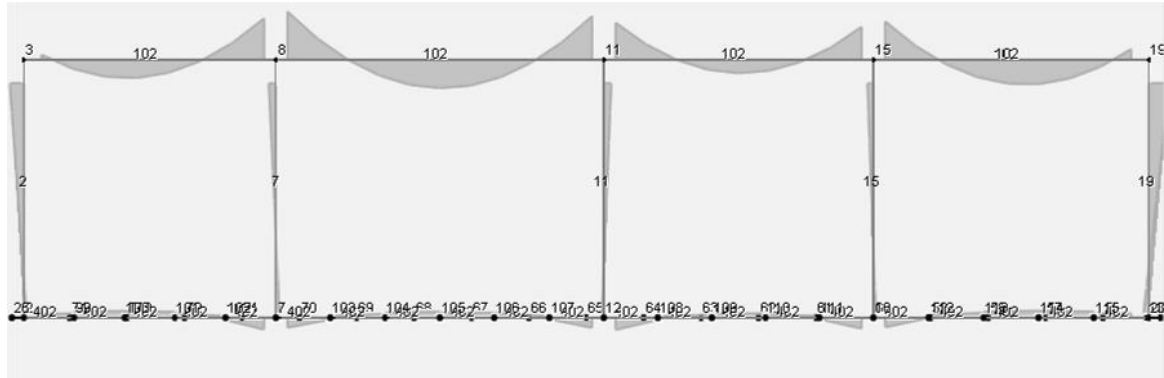


Figura 7-7 Diagramma dei momenti M3 – COMB\_INV\_SLU – Telaio di bordo

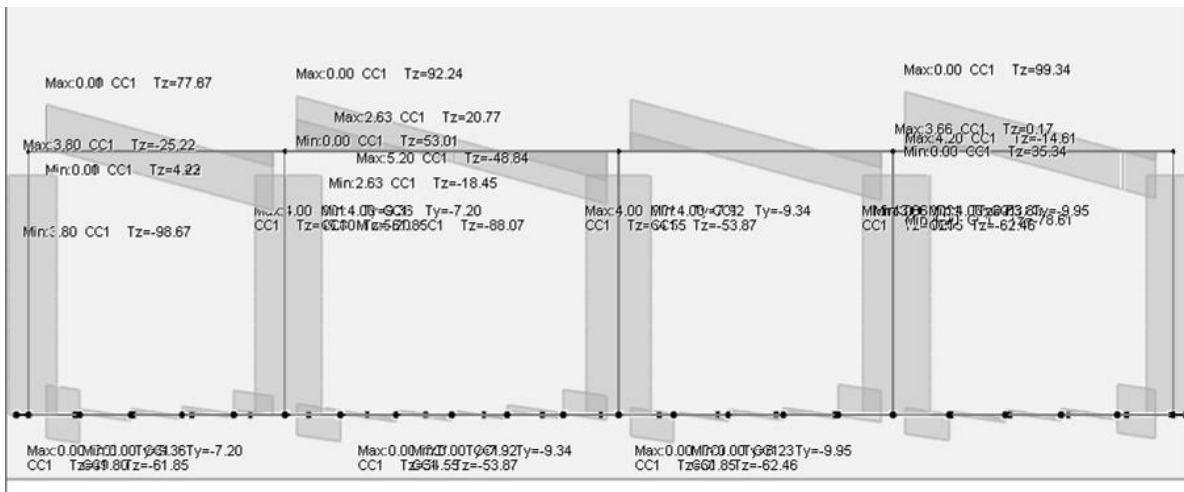


Figura 7-8 Diagramma del taglio V2 – COMB\_INV\_SLU.

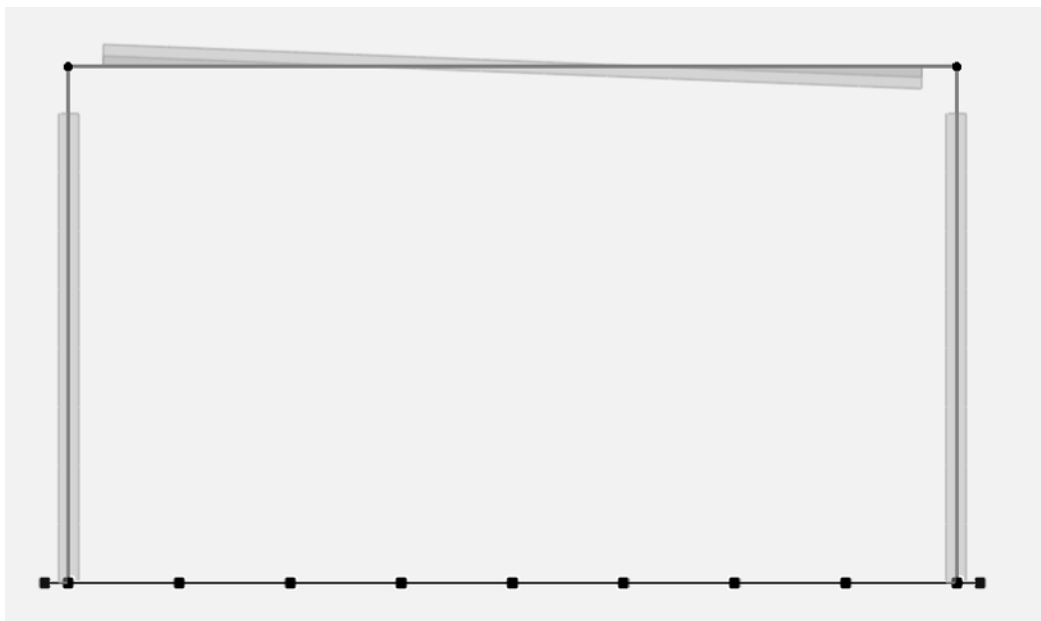


Figura 7-9 Diagramma del taglio V2 – COMB\_INV\_SLV - Telaio interno

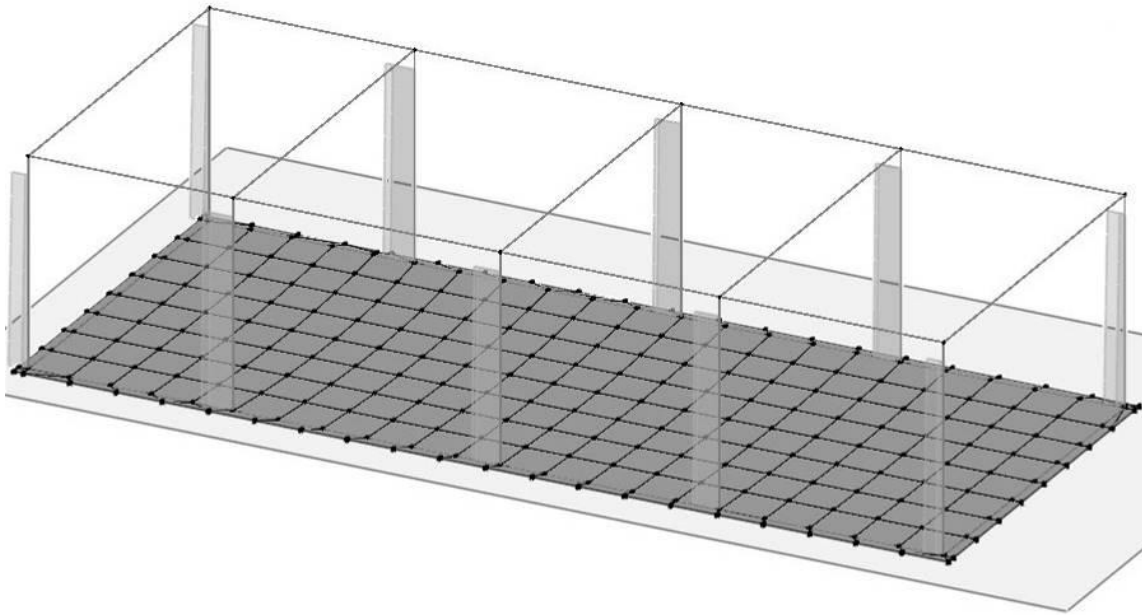


Figura 7-10 Diagramma dello sforzo assiale P – COMB\_INV\_SLV.

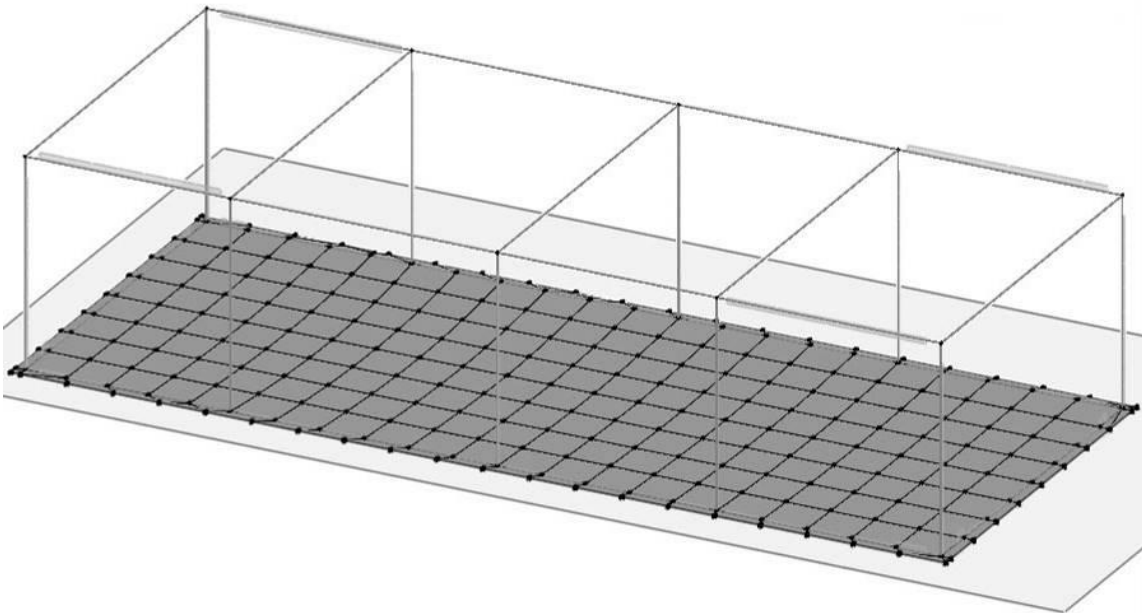



Figura 7-11 Diagramma della torsione T– COMB\_INV\_SLU.

## 7.2 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (2.5.3 – NTC2018).

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



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO 	REV. A

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

- 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 caratteristica (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 caratteristica (quasi permanente), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (SLE):

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

- 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:

- Azioni Permanenti (G);
- Azioni Variabili (Q);
- Azioni di Precompressione (P);
- Azioni Eccezionali (A);
- Azioni Sismiche (E);

Le combinazioni delle azioni che sono state adottate per lo SLU sono riportate nelle tabelle seguenti, indicando nella casella, corrispondente all'azione coinvolta, il moltiplicatore dei carichi in funzione della combinazione considerata. Per quanto riguarda le azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli, sono stati utilizzati coefficienti di combinazione  $\Psi$  riportati nella tabella 5.2.VI delle NTC2018.

Si precisa che, data la simmetria della struttura, si sono individuate le combinazioni delle azioni tali da risultare maggiormente gravose e sbilanciati per la costruzione in esame.

Per quanto concerne la combinazione delle altre azioni con l'azione sismica è necessario garantire il rispetto degli stati limite, quali definiti al punto 3.2.1 – NTC2018, effettuando opportune verifiche di sicurezza. Ciascuna di esse garantisce, per ogni stato limite, quindi per il corrispettivo livello di azione sismica, il raggiungimento di una data prestazione da parte della costruzione nel suo complesso. Le verifiche di sicurezza da effettuare sono riepilogate in funzione della classe d'uso nella tabella C7.1.1 – Circolare2019. A riguardo, si evidenzia che le verifiche allo stato limite di collasso (SLC) devono essere eseguite necessariamente sulle sole costruzioni provviste di isolamento sismico.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

**NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA**

**FA07B - Relazione di calcolo strutturale**

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IA5F 01 D 78 CL FA07B0 001 A 26 DI 94

- Combinazioni di carico allo SLV – SND – SLO:

CC	Commento	TCC	An.	Bk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mt	±S X	±S Y
1	Amb. 1 (SLU S) S M	SLV+SND	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.30
2	Amb. 1 (SLE S) Mt+	SLD	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.30
3	Amb. 1 (SLU S) S M	SLV+SND	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-0.30
4	Amb. 1 (SLE S) Mt+	SLD	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-0.30
5	Amb. 1 (SLU S) S M	SLV+SND	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.30	1.00
6	Amb. 1 (SLE S) Mt+	SLD	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.30	1.00
7	Amb. 1 (SLU S) S M	SLV+SND	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-0.30	1.00
8	Amb. 1 (SLE S) Mt-	SLD	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-0.30	1.00
9	Amb. 1 (SLU S) S -	SLV+SND	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	1.00	0.30
10	Amb. 1 (SLE S) -Mt	SLD	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	1.00	0.30
11	Amb. 1 (SLU S) S -	SLV+SND	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	1.00	-0.30
12	Amb. 1 (SLE S) -Mt	SLD	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	1.00	-0.30
13	Amb. 1 (SLU S) S -	SLV+SND	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.30	1.00
14	Amb. 1 (SLE S) -Mt	SLD	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.30	1.00
15	Amb. 1 (SLU S) S -	SLV+SND	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	-0.30	1.00
16	Amb. 1 (SLE S) -Mt-	SLD	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	-0.30	1.00

- Combinazioni di carico allo SLU:

17	Amb. 2 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
18	Amb. 2 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
19	Amb. 2 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
20	Amb. 2 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
21	Amb. 2 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
22	Amb. 2 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
23	Amb. 2 (SLE Q)	SLE Q	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
24	Amb. 3 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00
25	Amb. 3 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	0.00	1.50	1.50	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00
26	Amb. 3 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	0.90	0.00	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00
27	Amb. 3 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	0.00	1.50	0.90	0.00	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00
28	Amb. 3 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
29	Amb. 3 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
30	Amb. 3 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00
31	Amb. 3 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.60	0.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00
32	Amb. 3 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.00
33	Amb. 3 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.20	1.00	0.00	0.00	0.00
34	Amb. 3 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
35	Amb. 3 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
36	Amb. 3 (SLE Q)	SLE Q	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
37	Amb. 4 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
38	Amb. 4 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
39	Amb. 4 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
40	Amb. 4 (SLU)	SLU	L		1.30	1.30	1.50	0.00	1.50	0.00	0.90	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
41	Amb. 4 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
42	Amb. 4 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
43	Amb. 4 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
44	Amb. 4 (SLE R)	SLE R	L		1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
45	Amb. 4 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
46	Amb. 4 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
47	Amb. 4 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
48	Amb. 4 (SLE F)	SLE F	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
49	Amb. 4 (SLE Q)	SLE Q	L		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

## 8 VERIFICHE STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche relative agli elementi strutturali principali della struttura.

### 8.1 SOLAIO DI COPERTURA

Il solaio si considera, a vantaggio di sicurezza, come una trave semplicemente appoggiata, con campata di luce pari a  $L = 5.20$  m.

Con riferimento all'analisi dei carichi, di seguito si riportano le caratteristiche di sollecitazioni significative. La verifica viene condotta in riferimento al singolo travetto (interasse  $i = 0.54$  m).

Si considera agente il peso proprio dell'intero solaio, il carico della neve, il carico del vento ed il sovraccarico variabile. Lo schema è quello di trave semplicemente appoggiata per il dimensionamento della sezione in campata e di trave doppiamente incastrata per le sezioni di appoggio.

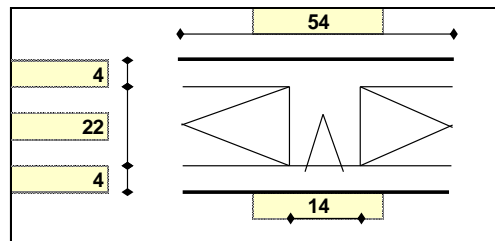
#### Verifica di SLU a flessione

##### Geometria

Misure in centimetri

##### Tipo di solaio

Con blocchi in POLISTIROLO



##### Controllo limiti geometrici

Luce massima consigliata (snellezza 25) (m)  
Larghezza dei blocchi calcolata (cm)  
Larghezza max dei blocchi in laterizio (cm)  
Larghezza min. nervature per blocchi in laterizio (cm)  
Interasse max nervature per blocchi in laterizio (cm)

L max	7,00
Largh.	40
Largh.	
b min	
i max	

##### Luci e carichi

Luci (m)  
Peso proprio solaio calcolato (daN/mq.)  
Peso proprio solaio adottato (daN/mq.)  
Sovr. perm. compiutamente definiti (daN/mq.)  
Sovr. perm. non-compiutamente definiti (daN/mq.)  
Sovr. variabili (daN/mq.)  
Carichi totali (daN/m)

L	7
p.p. calc	370
p.p.	370
g1	40
g2	260
q	284
tot	954

##### Momento d'incastro negativo alle due estremità

x sx	36	36	x dx
Mg1 sx	-301	-301	Mg1 dx
Mg2 sx	-191	-191	Mg2 dx
Mq sx	-209	-209	Mq dx
Mtot sx	-701	-701	Mtot dx

##### Categoria del carico variabile

Cat. H Coperture	$\psi_0$	0,0
	$\psi_1$	0,0
	$\psi_2$	0,0

<b>1: COMBINAZIONE ULTIMA</b>		
Momenti Max -	-992	-992
Momenti Max +	3470	
Tagli dx Max	2550	
Tagli sx Max		2550
Reazioni Max	2550	2550
Reazioni Max per fascia di un metro	4722	4722
<b>2: COMBINAZIONE RARA</b>		
Momenti Max -	-701	-701
Momenti Max +	2454	
Tagli dx Max	1803	
Tagli sx Max		1803
Reazioni Max	1803	1803
Reazioni Max per fascia di un metro	3339	3339
<b>3: COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE</b>		
Momenti Max -	-492	-492
Momenti Max +	1724	
Tagli dx Max	1266	
Tagli sx Max		1266
Reazioni Max	1266	1266
Reazioni Max per fascia di un metro	2345	2345
<b>4: COMBINAZIONE FREQUENTE</b>		
Momenti Max -	-492	-492
Momenti Max +	1724	
Tagli dx Max	1266	
Tagli sx Max		1266
Reazioni Max	1266	1266
Reazioni Max per fascia di un metro	2345	2345

**Materiali**

Calcestruzzo

Classe C32/40

Acciaio

Tipo B450C

**Dati geometrici**

Diametro delle barre longitudinali superiori (mm)

φ 12 12

Diametro delle barre longitudinali inferiori (mm)

φ 14 14

**Armatura appoggi**

	φ	n.	n.	c
	-	-	-	2,0
sup.	ø12	1	1	2,0
inf.	ø14	1	1	2,0
	-	-	-	2,0

**1: VERIFICHE IN COMBINAZIONE ULTIMA**

Momento sollecitante (daN*m)	Med	992	992
Momento resistente (daN*m)	Mrd	1156	1156
fattore di sicurezza	f	1,17	1,17
Asse neutro (cm)	xc	3	3
Sforzo acciaio (daN/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>s</sub>	3913	3913
Sforzo calcestruzzo (daN/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>c</sub>	-160,4	-160,4
Deformazione acciaio	ε <sub>s</sub>	1,000%	1,000%
Deformazione calcestruzzo	ε <sub>c</sub>	-0,123%	-0,123%
Campo di rottura	n.	2	2
Ridistribuzione massima consentita	1-δ	0%	0%
Controllo	1-δ	sì	sì

**2: VERIFICHE IN COMBINAZIONE RARA**

	σ <sub>s</sub> limite	3600	3600
	σ <sub>s</sub>	2465	2465
fattore di sicurezza lato acciaio	f	1,46	1,46
	σ <sub>c</sub> limite	199,2	199,2
	σ <sub>c</sub>	48,8	48,8
fattore di sicurezza lato cls	f	4,08	4,08

**3: VERIFICHE IN COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE**

	σ <sub>c</sub> limite	149,4	149,4
	σ <sub>c</sub>	34,3	34,3
fattore di sicurezza lato cls	f	4,36	4,36

Armatura campate		$\phi$	$n.$	$c$
		-	-	2,0
sup.		$\phi 12$	-	2,0
inf.		$\phi 14$	3	2,0
		-	-	2,0
controllo armatura minima scelta:		$+1/12 pl^2$	sì	
<b>1: VERIFICHE IN COMBINAZIONE ULTIMA</b>				
	Momento sollecitante (daN*m)	Med	3470	
	Momento resistente (daN*m)	Mrd	4681	
	fattore di sicurezza	f	1,35	
	Asse neutro (cm)	xc	4	
	Sforzo acciaio (daN/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_s$	3913	
	Sforzo calcestruzzo (daN/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$	-144,7	
	Deformazione acciaio	$\epsilon_s$	1,000%	
	Deformazione calcestruzzo	$\epsilon_c$	-0,161%	
	Campo di rottura	n.	2	
<b>2: VERIFICHE IN COMBINAZIONE RARA</b>				
		y	7,18	
		Jci	34691	
		$\sigma_s$ limite	3600	
		$\sigma_s$	2135	
	fattore di sicurezza lato acciaio	f	1,69	
		$\sigma_c$ limite	159,4	
		$\sigma_c$	50,8	
	fattore di sicurezza lato cls	f	3,14	
<b>3: VERIFICHE IN COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE</b>				
		y	7,18	
		Jci	34691	
		$\sigma_c$ limite	119,5	
		$\sigma_c$	35,7	
	fattore di sicurezza lato cls	f	3,35	
		$\sigma_s$	1499	
<b>4: VERIFICHE IN COMBINAZIONE FREQUENTE</b>				
		$\sigma_s$	1499	

### Verifica di SLU a taglio

La verifica a taglio si effettua considerando la larghezza effettiva del travetto centrale  $b_w=13\text{cm}$ .

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

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

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

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{tk})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

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

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

e dove


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

$\rho_1 = A_{s0} / (b_w \cdot d)$  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).

2: con fasce piene e barre longitudinali tese		$\phi$	$n.$	$n.$
		-	-	-
sup.		$\phi 12$	1	1
inf.		$\phi 14$	1	1
		-	-	-
	Tagli resistenti sx (daN)	VRd	2020	
	fascia piena (dall'asse dell'appoggio)	d1	73 cm	
	Tagli resistenti dx (daN)	VRd	2020	
	fascia piena (dall'asse dell'appoggio)	d2	73 cm	

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO 	REV. A

### Verifica delle tensioni in esercizio

Si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

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

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} = 16,80 \text{ N/mm}^2 \text{ per combinazione caratteristica (rara);}$$

Verifiche di fessurazione			
CONDIZ. AMBIENTALI ORDINARIE			
<b>Appoggi</b>			
	diametro armature superiori	$\phi$	12
	combinazione frequente	$\sigma_s$	1731
	<b>comb. frequente CONDIZ. AMBIENTALI ORDINARIE</b>	<b>f</b>	<b>3,12</b>
	combinazione quasi permanente	$\sigma_s$	1731
	<b>comb. quasi perm. CONDIZ. AMBIENTALI ORDINARIE</b>	<b>f</b>	<b>2,48</b>
<b>Campate</b>			
	diametro armature inferiori	$\phi$	14
	combinazione frequente	$\sigma_s$	1499
	<b>comb. frequente CONDIZ. AMBIENTALI ORDINARIE</b>	<b>f</b>	<b>2,86</b>
	combinazione quasi permanente	$\sigma_s$	1499
	<b>comb. quasi perm. CONDIZ. AMBIENTALI ORDINARIE</b>	<b>f</b>	<b>2,29</b>

### Verifica di deformabilità

Il calcolo della deformazione flessionale di solai e travi si effettua in genere mediante integrazione delle curvature tenendo conto della viscosità del calcestruzzo e, se del caso, degli effetti del ritiro.

Per il calcolo delle deformazioni flessionali si considera lo stato non fessurato (sezione interamente reagente) per tutte le parti della struttura per le quali, nelle condizioni di carico considerate, le tensioni di trazione nel calcestruzzo non superano la sua resistenza media  $f_{ctm}$  a trazione. Per le altre parti si fa riferimento allo stato fessurato, potendosi considerare l'effetto irrigidente del calcestruzzo teso fra le fessure.

Al riguardo detto  $p_f$  il valore assunto dal parametro di deformazione nella membratura interamente fessurata e  $p$  il valore assunto da detto parametro nella membratura interamente reagente, il valore di calcolo  $p^*$  del parametro è dato da

$$p^* = \zeta * p_f + (1 - \zeta) * p$$

in cui:

$$\zeta = 1 - c\beta^2.$$

Nell'equazione precedente il fattore  $\beta$  è il rapporto tra il momento di fessurazione  $M_f$  e il momento flettente effettivo,  $\beta = M_f / M$ , o il rapporto tra la forza normale di fessurazione  $N_f$  e la forza normale effettiva,  $\beta = N_f / N$ , a seconda che la membratura sia soggetta a flessione o a trazione, e il coefficiente  $c$  assume il valore 1, nel caso di applicazione di un singolo carico di breve durata, o il valore 0,50 nel caso di carichi permanenti o per cicli di carico ripetuti.

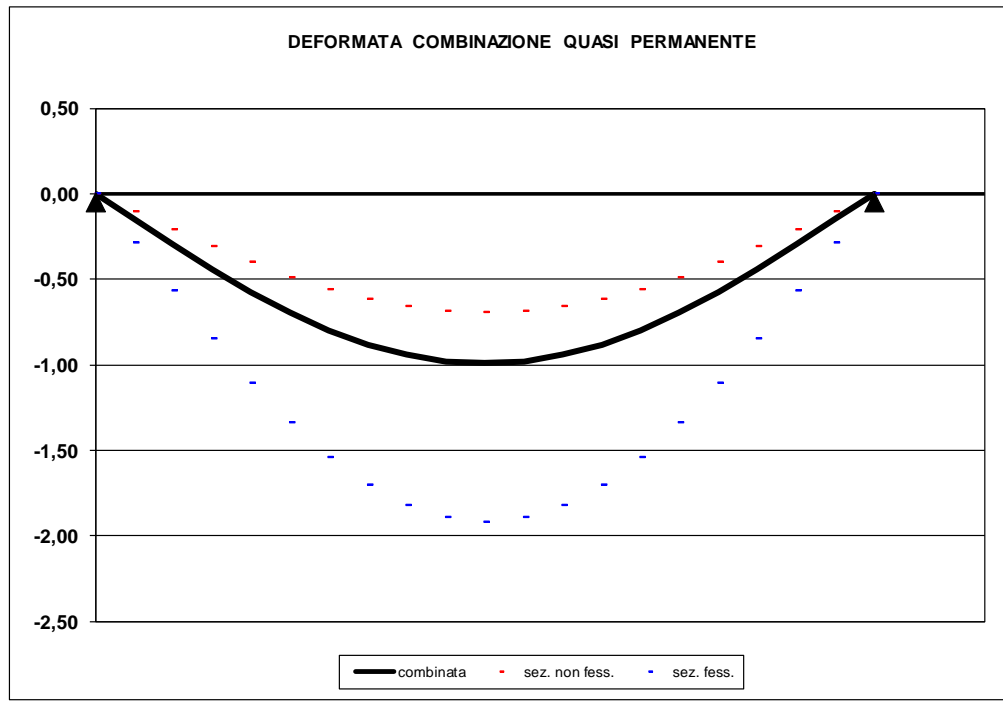
Per quanto riguarda la salvaguardia dell'aspetto e della funzionalità dell'opera, le frecce a lungo termine di travi e solai, calcolate sotto la condizione quasi permanente dei carichi, non dovrebbero superare il limite di 1/250 della luce.


Si procede al calcolo considerando in favore di sicurezza il travetto centrale della predalle tipo, la cui rappresentazione grafica è riportata qui di seguito:

**Verifiche di deformabilità**

PER L'INTEGRITA' DEI DIVISORI

Coefficiente di viscosità (11.2.10.7)	$\phi(\text{inf})$	1,7
Freccia massima sez. non-fessurata (cm)	f max	0,70
Freccia massima sez. fessurata (cm)	f max	1,92
Freccia massima combinata (cm)	f max	0,99
Freccia limite (cm)	f lim	1,40
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>f</b>	<b>1,41</b>



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA				
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 32 DI 94

## 8.2 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E DEGLI IMPIANTI

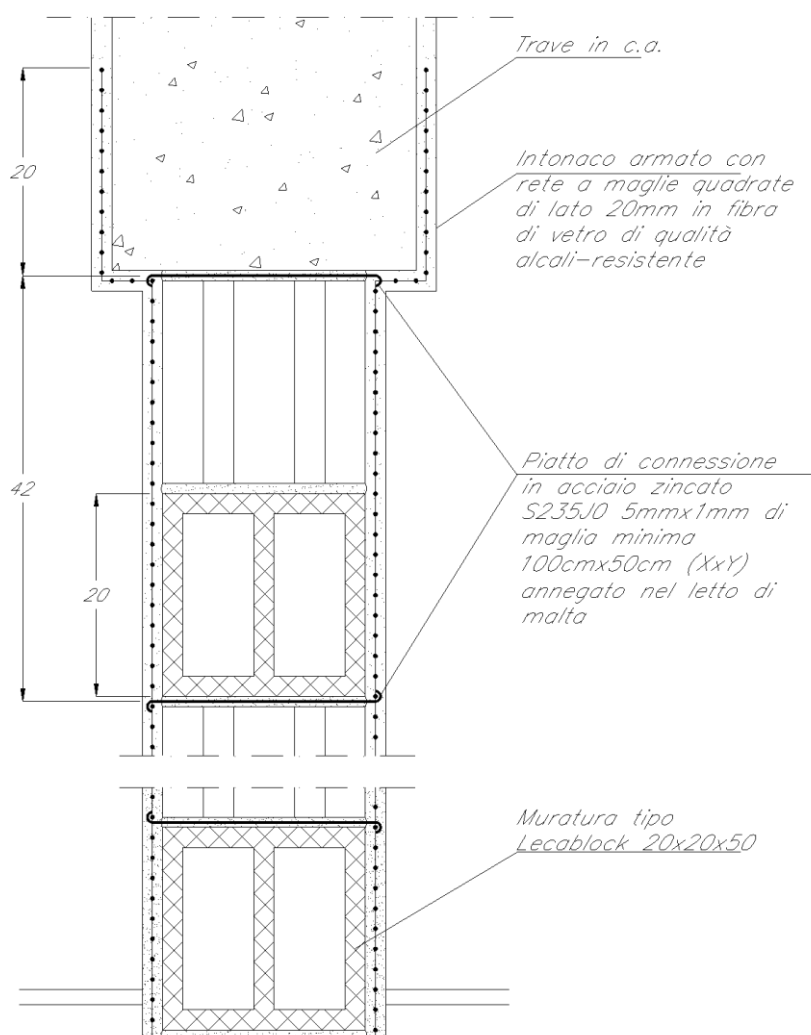
Per gli elementi costruttivi senza funzione strutturale debbono essere adottati magisteri atti ad evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione sotto l'azione della  $F_a$  corrispondente allo  $SLV$ .

Per ciascuno degli impianti principali, gli elementi strutturali che sostengono e collegano i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto tra loro ed alla struttura principale devono avere resistenza sufficiente a sostenere l'azione della  $F_a$  corrispondente allo  $SLV$ .

La prestazione consistente nell'evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione sotto l'azione della  $F_a$  delle tamponature si può ritenere conseguita con l'inserimento di leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale, ovvero con l'inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm.

Per maggiore chiarezza e pratica applicazione è stato predisposto un dettaglio di collegamento della tamponatura alla struttura come intervento di riferimento.

Di seguito si riporta lo schema dell'intervento previsto, da riadattarsi caso per caso alla geometria delle tamponature interessate.





### 8.3 TRAVE DI BORDO 30X40

Si riportano di seguito le verifiche strutturali della trave avente sezione rettangolare di dimensioni 30x40 cm. Le verifiche saranno condotte per i differenti stati limite ed in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate dell'elemento per effetto della combinazioni di carico più gravose.

Di seguito si riportano le tabelle delle sollecitazioni più gravose ottenute allo SLU (statico e sismico) e agli SLE (Rara, Frequente e Quasi Permanente).

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
25	SLU	0.20	0.000	0.000	-0.000	148.555	-123.398	0.282
25	SLU	2.84	0.000	0.000	0.000	-0.000	72.653	0.282
25	SLU	5.40	0.000	0.000	0.000	-144.116	-111.857	0.282
26	SLU	0.20	0.000	0.000	-0.000	141.082	-117.308	0.279
26	SLU	2.84	0.000	0.000	0.000	0.000	68.946	0.279
26	SLU	5.40	0.000	0.000	0.000	-136.770	-106.095	0.279
32	SLU	0.20	0.000	0.000	-0.000	153.294	-136.046	-0.341
32	SLU	2.92	0.000	0.000	-0.000	-0.000	72.712	-0.341
32	SLU	5.40	0.000	0.000	-0.000	-139.378	-99.864	-0.341
33	SLU	0.20	0.000	0.000	-0.000	145.821	-129.956	-0.345
33	SLU	2.93	0.000	0.000	-0.000	-0.000	69.019	-0.345
33	SLU	5.40	0.000	0.000	-0.000	-132.031	-94.102	-0.345
34	SLU	0.20	0.000	0.000	-0.000	151.398	-130.987	-0.092
34	SLU	2.89	0.000	0.000	-0.000	-0.000	72.640	-0.092
34	SLU	5.40	0.000	0.000	-0.000	-141.273	-104.661	-0.092
35	SLU	0.20	0.000	0.000	-0.000	143.925	-124.897	-0.095
35	SLU	2.89	0.000	0.000	-0.000	0.000	68.939	-0.095
35	SLU	5.40	0.000	0.000	-0.000	-133.926	-98.899	-0.095
45	SLU	0.20	0.000	0.000	0.000	148.255	-122.340	0.221
45	SLU	2.83	0.000	0.000	0.000	-0.000	72.919	0.221
45	SLU	5.40	0.000	0.000	0.000	-144.416	-112.359	0.221
46	SLU	0.20	0.000	0.000	0.000	140.782	-116.250	0.218
46	SLU	2.83	0.000	0.000	0.000	0.000	69.212	0.218
46	SLU	5.40	0.000	0.000	0.000	-137.070	-106.598	0.218
47	SLU	0.20	0.000	0.000	0.000	148.375	-122.763	0.246
47	SLU	2.84	0.000	0.000	0.000	-0.000	72.813	0.246
47	SLU	5.40	0.000	0.000	0.000	-144.296	-112.158	0.246
48	SLU	0.20	0.000	0.000	0.000	140.902	-116.673	0.242
48	SLU	2.84	0.000	0.000	0.000	0.000	69.105	0.242
48	SLU	5.40	0.000	0.000	0.000	-136.950	-106.397	0.242

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
27	SLE R	0.20	0.000	0.000	-0.000	105.104	-87.301	0.210
27	SLE R	2.84	0.000	0.000	0.000	0.000	51.401	0.210
27	SLE R	5.40	0.000	0.000	0.000	-101.971	-79.155	0.210

28	SLE R	0.20	0.000	0.000	-0.000	100.122	-83.241	0.208
28	SLE R	2.84	0.000	0.000	0.000	-0.000	48.929	0.208
28	SLE R	5.40	0.000	0.000	0.000	-97.073	-75.314	0.208
36	SLE R	0.20	0.000	0.000	-0.000	108.263	-95.734	-0.205
36	SLE R	2.92	0.000	0.000	-0.000	0.000	51.432	-0.205
36	SLE R	5.40	0.000	0.000	-0.000	-98.811	-71.160	-0.205
37	SLE R	0.20	0.000	0.000	-0.000	103.281	-91.674	-0.208
37	SLE R	2.92	0.000	0.000	-0.000	-0.000	48.969	-0.208
37	SLE R	5.40	0.000	0.000	-0.000	-93.914	-67.319	-0.208
38	SLE R	0.20	0.000	0.000	-0.000	106.999	-92.361	-0.039
38	SLE R	2.89	0.000	0.000	-0.000	0.000	51.389	-0.039
38	SLE R	5.40	0.000	0.000	-0.000	-100.075	-74.358	-0.039
39	SLE R	0.20	0.000	0.000	-0.000	102.017	-88.301	-0.042
39	SLE R	2.89	0.000	0.000	-0.000	0.000	48.922	-0.042
39	SLE R	5.40	0.000	0.000	-0.000	-95.177	-70.517	-0.042
49	SLE R	0.20	0.000	0.000	0.000	104.904	-86.596	0.170
49	SLE R	2.83	0.000	0.000	0.000	0.000	51.578	0.170
49	SLE R	5.40	0.000	0.000	0.000	-102.171	-79.490	0.170
50	SLE R	0.20	0.000	0.000	0.000	99.922	-82.536	0.167
50	SLE R	2.83	0.000	0.000	0.000	-0.000	49.107	0.167
50	SLE R	5.40	0.000	0.000	0.000	-97.273	-75.649	0.167
51	SLE R	0.20	0.000	0.000	0.000	104.984	-86.878	0.186
51	SLE R	2.84	0.000	0.000	0.000	0.000	51.507	0.186
51	SLE R	5.40	0.000	0.000	0.000	-102.091	-79.356	0.186
52	SLE R	0.20	0.000	0.000	0.000	100.002	-82.818	0.183
52	SLE R	2.84	0.000	0.000	0.000	0.000	49.036	0.183
52	SLE R	5.40	0.000	0.000	0.000	-97.193	-75.515	0.183

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
29	SLE F	0.20	0.000	0.000	-0.000	77.483	-64.792	0.197
29	SLE F	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	37.699	0.197
29	SLE F	5.40	0.000	0.000	0.000	-74.817	-57.861	0.197
30	SLE F	0.20	0.000	0.000	-0.000	77.483	-64.792	0.197
30	SLE F	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	37.699	0.197
30	SLE F	5.40	0.000	0.000	0.000	-74.817	-57.861	0.197
40	SLE F	0.20	0.000	0.000	-0.000	78.115	-66.479	0.114
40	SLE F	2.87	0.000	0.000	-0.000	-0.000	37.691	0.114
40	SLE F	5.40	0.000	0.000	-0.000	-74.185	-56.261	0.114
41	SLE F	0.20	0.000	0.000	-0.000	78.115	-66.479	0.114
41	SLE F	2.87	0.000	0.000	-0.000	-0.000	37.691	0.114
41	SLE F	5.40	0.000	0.000	-0.000	-74.185	-56.261	0.114
42	SLE F	0.20	0.000	0.000	-0.000	77.483	-64.792	0.197
42	SLE F	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	37.699	0.197

42	SLE F	5.40	0.000	0.000	0.000	-74.817	-57.861	0.197
43	SLE F	0.20	0.000	0.000	-0.000	77.483	-64.792	0.197
43	SLE F	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	37.699	0.197
43	SLE F	5.40	0.000	0.000	0.000	-74.817	-57.861	0.197
53	SLE F	0.20	0.000	0.000	0.000	77.443	-64.651	0.189
53	SLE F	2.84	0.000	0.000	0.000	-0.000	37.734	0.189
53	SLE F	5.40	0.000	0.000	0.000	-74.857	-57.928	0.189
54	SLE F	0.20	0.000	0.000	0.000	77.443	-64.651	0.189
54	SLE F	2.84	0.000	0.000	0.000	-0.000	37.734	0.189
54	SLE F	5.40	0.000	0.000	0.000	-74.857	-57.928	0.189
55	SLE F	0.20	0.000	0.000	-0.000	77.483	-64.792	0.197
55	SLE F	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	37.699	0.197
55	SLE F	5.40	0.000	0.000	0.000	-74.817	-57.861	0.197
56	SLE F	0.20	0.000	0.000	-0.000	77.483	-64.792	0.197
56	SLE F	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	37.699	0.197
56	SLE F	5.40	0.000	0.000	0.000	-74.817	-57.861	0.197

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
31	SLE Q	0.20	0.000	0.000	-0.000	71.823	-60.180	0.194
31	SLE Q	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	34.891	0.194
31	SLE Q	5.40	0.000	0.000	0.000	-69.253	-53.497	0.194
44	SLE Q	0.20	0.000	0.000	-0.000	71.823	-60.180	0.194
44	SLE Q	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	34.891	0.194
44	SLE Q	5.40	0.000	0.000	0.000	-69.253	-53.497	0.194
57	SLE Q	0.20	0.000	0.000	-0.000	71.823	-60.180	0.194
57	SLE Q	2.85	0.000	0.000	0.000	-0.000	34.891	0.194
57	SLE Q	5.40	0.000	0.000	0.000	-69.253	-53.497	0.194

### 8.3.1 Verifica a flessione

Si riportano di seguito le verifiche a flessione, in corrispondenza della sezione d'appoggio e della sezione di campata (convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-)).

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale delle travi:

#### 1) Zone d'appoggio:

- Armatura superiore 3  $\Phi$  16 + 2  $\Phi$  20
- Armatura inferiore 2  $\Phi$  16

#### 2) Campata:

- Armatura superiore 3  $\Phi$  16
- Armatura inferiore 2  $\Phi$  16+ 2  $\Phi$  16

In aggiunta, fuori calcolo, andranno disposti 2  $\Phi$  12 come ferri di parete.

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 36 DI 94

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU ed agli SLE ( NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto di un post processore considerando le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente.

Essendo la sezione armata in maniera simmetrica in campata ed in appoggio si esegue la verifica di una sola sezione in cui le sollecitazioni calcolate in appoggio sono invertite di segno.

## Travata n. 101

Nodi: 4 6 10 14 18

### Simbologia

Caso	=Caso di verifica
Xg	=Coordinata progressiva (dal primo nodo) in cui viene effettuato il progetto/verifica
CC	=Combinazione delle condizioni di carico elementari
c	= momento fittizio in campata
a	= momento fittizio agli appoggi
TG	= taglio da gerarchia delle resistenze
TGND	= taglio non dissipativo limitante la gerarchia
T	= momento traslato per taglio
e	= eccentricità aggiuntiva in caso di compressione o pressoflessione
TCC	=Tipo di combinazione di carico
SLU	= Stato limite ultimo
SLU S	= Stato limite ultimo (azione sismica)
SLE R	= Stato limite d'esercizio, combinazione rara
SLE F	= Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
SLE Q	= Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
SLD	= Stato limite di danno
SLV	= Stato limite di salvaguardia della vita
SLC	= Stato limite di prevenzione del collasso
SLO	= Stato limite di operatività
SLU I	= Stato limite di resistenza al fuoco
SND	= Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
El	=Elemento (asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica (progressivo sul numero di aste)
Sez.	=Numero della sezione
Crit.	=Numero del criterio di progetto
X	=Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale
AfE S	=Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, superiore
AfE I	=Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, inferiore
AfEP S	=Area di ferro effettiva parziale presente nella CC considerata, per la sollecitazione indicata, superiore
AfEP I	=Area di ferro effettiva parziale presente nella CC considerata, per la sollecitazione indicata, inferiore
My	=Momento flettente intorno all'asse Y
MRdy	=Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y
Sic.	=Sicurezza a rottura
$\sigma_{fda}$	=Tensione di distacco della fibra di estremità (modo 1)
$\Delta\%$	=Incremento percentuale sicurezza
$\sigma_f$ sup	=Tensione nel ferro - superiore
$\sigma_f$ inf	=Tensione nel ferro - inferiore
$\sigma_c$	=Tensione nel calcestruzzo
X0	=Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) dell'inizio del tratto
X1	=Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) della fine del tratto
Lung.	=Lunghezza del tratto di progettazione
Staff.	=Staffatura adottata
AfE St.	=Area di ferro effettiva della staffatura (d'anima per travi a T o L)
bw	=Larghezza membratura resistente al taglio
Vsdu	=Taglio agente nella direzione del momento ultimo
ctg $\theta$	=Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
VRsd	=Taglio ultimo lato armatura
VRcd	=Taglio ultimo lato calcestruzzo



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

**FA07B - Relazione di calcolo strutturale**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL FA07B0 001	A	37 DI 94

Vrdu = Taglio ultimo assorbibile dal solo calcestruzzo  
Sic.T = Sicurezza a rottura per taglio  
c = Ricoprimento dell'armatura  
s = Distanza minima tra le barre  
K3 = Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione  
s<sub>rm</sub> = Distanza media tra le fessure  
Φ = Diametro della barra  
A<sub>s</sub> = Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace  
A<sub>c eff</sub> = Area di calcestruzzo efficace  
σ<sub>s</sub> = Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata  
σ<sub>sr</sub> = Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo  
ε<sub>sm</sub> = Deformazione unitaria media dell'armatura (\*1000)  
Wk = Apertura delle fessure  
Tipo = Tipologia  
2C = Doppia C lato labbri  
2Cdx = Doppia C lato costola  
2I = Doppia I  
2L = Doppia L lato labbri  
2Ldx = Doppia L lato costole  
C = Sezione a C  
Cdx = C destra  
Cir. = Circolare  
Cir.c = Circolare cava  
I = Sezione a I  
L = Sezione a L  
Ldx = L destra  
Om. = Omega  
Pg = Pi greco  
Pr = Poligono regolare  
Prc = Poligono regolare cavo  
Pc = Per coordinate  
Ia = Inerzie assegnate  
R = Rettangolare  
Rc = Rettangolare cava  
T = Sezione a T  
U = Sezione a U  
Ur = U rovescia  
V = Sezione a V  
Vr = V rovescia  
Z = Sezione a Z  
Zdx = Z destra  
Ts = T stondata  
Ls = L stondata  
Cs = C stondata  
Is = I stondata  
Dis. = Disegnata  
B = Base  
H = Altezza  
Cf sup = Copriferro superiore  
Cf inf = Copriferro inferiore  
Cls = Tipo di calcestruzzo  
Fck = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo  
Fctk = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo  
Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  
Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo  
Tp = Tipo di acciaio  
Fyk = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  
Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio

**Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati**

Sez.	Tipo	B <cm>	H <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Cls	Fck <daN/cm²>	Fctk <daN/cm²>	Fcd <daN/cm²>	Fctd <daN/cm²>	Tp	Fyk <daN/cm²>	Fyd <daN/cm²>
1R		30.00	40.00	4.10	4.10	C32/40	332.00	21.69	188.13	14.46	B450C	4500.00	3913.04

Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione

Xg <m>	CC	TCC	El	X <cm>	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	AfEP S <cmq>	AfEP I <cmq>	My <daNm>	MRdy <daNm>	Sic.
0.30	1	SLV	1	30.00	6.03	6.03	6.03	6.03	4714.83	7961.89	1.689
1.32	45	SLU	1	132.12	6.03	6.03	6.03	6.03	5615.60	7961.89	1.418
4.10	45	SLU	1	410.00	12.31	10.05	12.31	10.05	-11615.10	-15769.70	1.358
4.50	32	SLU	2	20.00	12.31	10.05	12.31	10.05	-14018.00	-15769.70	1.125
6.95	25	SLU	2	264.71	6.03	7.16	6.03	7.16	8408.52	9374.01	1.115
9.70	25	SLU	2	540.00	12.06	8.04	12.06	8.04	-11775.60	-15445.10	1.312
10.10	32	SLU	3	20.00	12.06	8.04	12.06	8.04	-11019.00	-15445.10	1.402
11.99	32	SLU	3	209.20	6.03	4.02	6.03	4.02	4063.07	5445.03	1.340
14.30	45	SLU	3	440.00	12.31	4.02	12.31	4.02	-9010.38	-15647.70	1.737
14.70	32	SLU	4	20.00	12.31	4.02	12.31	4.02	-11088.60	-15647.70	1.411
16.80	45	SLU	4	230.00	6.03	10.05	6.03	10.05	7522.01	12956.10	1.722
18.90	1	SLV	4	440.00	6.03	6.03	6.03	6.03	-5291.14	-7961.89	1.505

Stato limite d'esercizio - Verifiche tensionali

Xg <m>	CC	TCC	El	X <cm>	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	My <daNm>	$\sigma_f$ sup <daN/cm²>	$\sigma_f$ inf <daN/cm²>	$\sigma_c$ <daN/cm²>
0.30	49	SLE R	1	30.00	6.03	6.03	1559.25	-207.42	802.49	22.51
0.30	31	SLE Q	1	30.00	6.03	6.03	1067.54	-142.01	549.42	15.41
1.32	49	SLE R	1	132.12	6.03	6.03	3960.71	-526.87	2038.44	57.17
1.32	31	SLE Q	1	132.12	6.03	6.03	2754.28	-366.39	1417.53	39.76
4.10	49	SLE R	1	410.00	12.31	10.05	-8188.05	2108.02	-882.20	84.52
4.10	31	SLE Q	1	410.00	12.31	10.05	-5677.46	1461.67	-611.70	58.60
4.50	36	SLE R	2	20.00	12.31	10.05	-9849.02	2535.64	-1061.16	101.66
4.50	31	SLE Q	2	20.00	12.31	10.05	-6472.13	1666.25	-697.32	66.80
6.95	27	SLE R	2	264.71	6.03	7.16	5931.89	-776.48	2586.85	80.67
6.95	31	SLE Q	2	264.71	6.03	7.16	4115.82	-538.75	1794.87	55.98
9.70	27	SLE R	2	540.00	12.06	8.04	-8308.74	2189.63	-955.55	90.74
9.70	31	SLE Q	2	540.00	12.06	8.04	-5743.19	1513.52	-660.50	62.72
10.10	36	SLE R	3	20.00	12.06	8.04	-7727.91	2036.56	-888.75	84.39
10.10	31	SLE Q	3	20.00	12.06	8.04	-4899.16	1291.09	-563.43	53.50
11.99	36	SLE R	3	209.20	6.03	4.02	2858.61	-388.75	2178.84	47.99
11.99	31	SLE Q	3	209.20	6.03	4.02	1940.40	-263.88	1478.98	32.57
14.30	49	SLE R	3	440.00	12.31	4.02	-6364.72	1660.90	-836.53	77.24
14.30	31	SLE Q	3	440.00	12.31	4.02	-4423.57	1154.35	-581.40	53.68
14.70	36	SLE R	4	20.00	12.31	4.02	-7813.01	2038.84	-1026.88	94.81
14.70	31	SLE Q	4	20.00	12.31	4.02	-5241.18	1367.71	-688.86	63.60
16.80	49	SLE R	4	230.00	6.03	10.05	5306.38	-667.85	1671.56	64.63
16.80	31	SLE Q	4	230.00	6.03	10.05	3663.37	-461.07	1154.00	44.62
18.90	27	SLE R	4	440.00	6.03	6.03	-1946.30	1001.69	-258.91	28.10
18.90	31	SLE Q	4	440.00	6.03	6.03	-1253.75	645.26	-166.78	18.10

Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione

Caso	Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	Crit.	X <cm>	My <daNm>	c <mm>	s <mm>	K3	S <sub>m</sub> <mm>	Φ	A <sub>s</sub> <cmq>	A <sub>c eff</sub> <cmq>	σ <sub>s</sub> <daN/cmq>	σ <sub>sr</sub> <daN/cmq>	ε <sub>sm</sub>	Wk <mm>
60	0.30	31	SLE Q	1	1	1	30.00	1067.54	33.00	109.00	0.15	160.59	16.00	6.03	443.70	549.42	1968.90	0.11	0.03
78	0.30	53	SLE F	1	1	1	30.00	1157.69	33.00	109.00	0.15	160.59	16.00	6.03	443.70	595.82	1968.90	0.12	0.03
126	1.32	31	SLE Q	1	1	1	132.12	2754.28	33.00	109.00	0.15	160.59	16.00	6.03	443.70	1417.53	1968.90	0.28	0.08
135	1.32	53	SLE F	1	1	1	132.12	2961.71	33.00	109.00	0.15	160.59	16.00	6.03	443.70	1524.29	1968.90	0.30	0.08
175	4.10	31	SLE Q	1	1	1	410.00	-5677.46	31.00	54.50	0.14	116.80	20.00	12.31	500.02	1461.67	1180.88	0.48	0.09
184	4.10	53	SLE F	1	1	1	410.00	-6111.38	31.00	54.50	0.14	116.80	20.00	12.31	500.02	1573.38	1180.88	0.55	0.11
224	4.50	31	SLE Q	2	1	1	20.00	-6472.13	31.00	54.50	0.14	116.80	20.00	12.31	500.02	1666.25	1180.88	0.61	0.12
229	4.50	40	SLE F	2	1	1	20.00	-7066.30	31.00	54.50	0.14	116.80	20.00	12.31	500.02	1819.22	1180.88	0.70	0.14
273	6.95	31	SLE Q	2	1	1	264.71	4115.82	31.00	109.00	0.14	157.49	20.00	7.16	484.84	1794.87	1719.25	0.47	0.13
276	6.95	29	SLE F	2	1	1	264.71	4424.64	31.00	109.00	0.14	157.49	20.00	7.16	484.84	1929.55	1719.25	0.56	0.15
322	9.70	31	SLE Q	2	1	1	540.00	-5743.19	33.00	43.60	0.15	111.06	16.00	12.06	452.24	1513.52	1192.70	0.51	0.10
325	9.70	29	SLE F	2	1	1	540.00	-6179.49	33.00	43.60	0.15	111.06	16.00	12.06	452.24	1628.50	1192.70	0.58	0.11
371	10.10	31	SLE Q	3	1	1	20.00	-4899.16	33.00	43.60	0.15	111.06	16.00	12.06	452.24	1291.09	1192.70	0.36	0.07
376	10.10	40	SLE F	3	1	1	20.00	-5401.18	33.00	43.60	0.15	111.06	16.00	12.06	452.24	1423.39	1192.70	0.45	0.08
420	11.99	31	SLE Q	3	1	1	209.20	1940.40	33.00	218.00	0.16	210.02	16.00	4.02	403.75	1478.98	2756.48	0.29	0.10
425	11.99	40	SLE F	3	1	1	209.20	2096.03	33.00	218.00	0.16	210.02	16.00	4.02	403.75	1597.60	2756.48	0.31	0.11
472	14.30	31	SLE Q	3	1	1	440.00	-4423.57	31.00	54.50	0.13	114.76	20.00	12.31	500.02	1154.35	1131.52	0.29	0.06
481	14.30	53	SLE F	3	1	1	440.00	-4754.51	31.00	54.50	0.13	114.76	20.00	12.31	500.02	1240.71	1131.52	0.35	0.07
521	14.70	31	SLE Q	4	1	1	20.00	-5241.18	31.00	54.50	0.13	114.76	20.00	12.31	500.02	1367.71	1131.52	0.44	0.09
526	14.70	40	SLE F	4	1	1	20.00	-5690.81	31.00	54.50	0.13	114.76	20.00	12.31	500.02	1485.04	1131.52	0.51	0.10
570	16.80	31	SLE Q	4	1	1	230.00	3663.37	33.00	54.50	0.15	120.39	16.00	10.05	451.43	1154.00	1335.10	0.22	0.05
579	16.80	53	SLE F	4	1	1	230.00	3945.15	33.00	54.50	0.15	120.39	16.00	10.05	451.43	1242.76	1335.10	0.26	0.05
642	18.90	31	SLE Q	4	1	1	440.00	-1253.75	33.00	109.00	0.15	160.59	16.00	6.03	443.70	645.26	1968.90	0.13	0.03
648	18.90	29	SLE F	4	1	1	440.00	-1371.52	33.00	109.00	0.15	160.59	16.00	6.03	443.70	705.88	1968.90	0.14	0.04

Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione con combinazione rara

Le verifiche sono condotte in ottemperanza a quanto prescritto dal Manuale di Progettazione delle Opere Civili - RFIDTCSIPSMAIFS001C al §2.5.1.8.3.2.4

**VERIFICA A SLE FESSURAZIONE, TENSIONI DI ESERCIZIO - RARA**

B	30 cm	Mmax	83,08 KNm
H	40 cm	Rck	40
c	4 cm	fck	33,2
d	36 cm	1,2x <sub>factm</sub>	3,79 N/mm <sup>2</sup>
nbarre	4	fsd	374 N/mm <sup>2</sup>
dmedio	1,60 cm	fyk	430 N/mm <sup>2</sup>
c'	3,20 cm		
deff1	15,2 cm		
deff2	13,99 cm		
deff	14,0 cm		

determinazione $\varepsilon_{sm}$			
$\beta_1$	1	c	3,2 cm
$\beta_2$	0,5	s	7,33 cm
$E_s$	206000 N/mm <sup>2</sup>	k2	0,4
		k3	0,125
$\varepsilon_{sm} =$	0,137%	$\phi$	1,6 cm
		n	4
$s_{rm} =$	12,041489	As	8,042477 cm <sup>2</sup>
		b	30 cm
		Ac,eff	419,70 cm <sup>2</sup>
		$\rho_r$	0,019162
determinazione $w_k$			
$w_k =$	0,281 mm	$w_{lim} =$	0,3 mm <b>OK</b>

### 8.3.2 Verifica a taglio e torsione

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo  $V_{Ed}$  si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovra resistenza  $\gamma_{Rd}$  assunto pari a 1.0 per CDB.

Deve risultare (NTC2018 – 4.1.2.1.3.2):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

$V_d$  = Valore di calcolo del taglio agente;

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

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola 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" si calcola con:

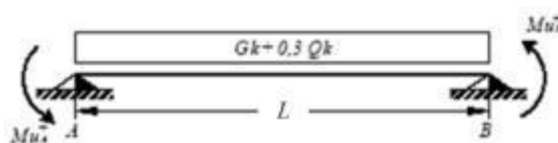
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

dove:

$\alpha$  : Angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

$\theta$  : Angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

#### • 1° Schema:



Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

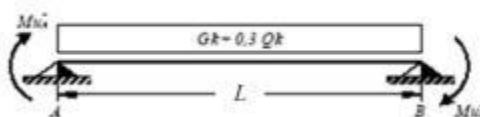
$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^+ + Mu_B^+}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 41 DI 94

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

• **2° Schema:**



Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

La verifica di resistenza nei confronti della torsione (SLU) (NTC2018 – 4.1.2.1.4) consiste nel controllare che:

$$T_{Rd} \geq T_{Ed}$$

dove  $T_{Ed}$  è il valore di calcolo del momento torcente.

Per elementi prismatici sottoposti a torsione semplice o combinata con altre sollecitazioni, che abbiano sezione piena o cava, lo schema resistente è costituito da un traliccio periferico in cui gli sforzi di trazione sono affidati alle armature longitudinali e trasversali ivi contenute e gli sforzi di compressione sono affidati alle bielle di calcestruzzo.

Con riferimento al calcestruzzo la resistenza si calcola con:

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}\theta)$$

dove  $t$  è lo spessore della sezione cava; per sezioni piene  $t = A_c/u$  dove  $A_c$  è l'area della sezione ed  $u$  è il suo perimetro;  $t$  deve essere assunta comunque  $\geq 2$  volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale.

Le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore  $t$  del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (A_s/s) \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (\Sigma A_l / u_m) \cdot f_{yd} / \text{ctg}\theta$$

dove si è posto:

$A$  area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

$A_s$  area delle staffe;

$u_m$  perimetro medio del nucleo resistente;

$s$  passo delle staffe;


$\Sigma A_l$  area complessiva delle barre longitudinali.

L'inclinazione  $\theta$  delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$0,4 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$$

Entro questi limiti, nel caso di torsione pura, può porsi  $\text{ctg}\theta = (a_l/a_s)^{1/2}$

con:  $a_l = \Sigma A_l / u_m$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA5F	01	D 78 CL	FA07B0 001	A	42 DI 94

$$a_s = A_s / s$$

La resistenza alla torsione della trave è la minore delle tre sopra definite.

Si riporta di seguito un prospetto riepilogativo con i valori delle sollecitazioni taglianti e torcenti ottenute seguendo la metodologia descritta e riportata negli schemi precedenti:

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata non è maggiore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000 ( $V_2=160.18$  kN) si procede alla verifica di resistenza considerando il seguente valore del taglio massimo:

$$V_{Ed-max} = 160.18 \text{ kN}$$

Staffe - Verifiche armatura TAGLIO E TORSIONE

CC	X0 <m>	X1 <m>	Lung. <m>	Staff.	AfE St. <cmq/m>	bw <m>	Vsdu <daN>	ctgθ	VRsd <daN>	VRcd <daN>	Vrdu <daN>	Sic.T
32 SLU	0.30	0.70	0.40	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.30	8934.42	2.18	34586.20	34586.20	34586.20	3.87
45 SLU	0.70	3.70	3.00	ø8/20 2 br.	5.03	0.30	11708.60	2.50	15887.70	31441.00	15887.70	1.36
45 SLU	3.70	4.10	0.40	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.30	14079.90	2.18	34586.20	34586.20	34586.20	2.46
32 SLU	4.50	4.90	0.40	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.30	16018.90	2.18	34586.20	34586.20	34586.20	2.16
32 SLU	4.90	9.30	4.40	ø8/20 2 br.	5.03	0.30	13647.60	2.50	15887.70	31441.00	15887.70	1.16
25 SLU	9.30	9.70	0.40	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.30	15174.00	2.18	34586.20	34586.20	34586.20	2.28
32 SLU	10.10	10.50	0.40	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.30	13207.70	2.18	34586.20	34586.20	34586.20	2.62
32 SLU	10.50	13.90	3.40	ø8/20 2 br.	5.03	0.30	10836.40	2.50	15887.70	31441.00	15887.70	1.47

Si adatteranno nelle zone d'appoggio, per un tratto pari ad 80 cm dal filo esterno del pilastro, staffe  $\Phi 8 / 6$  cm, per il rispetto dei limiti normativi, mentre nelle zone centrali di campata staffe  $\Phi 8 / 20$  cm.

### 8.3.3 Verifica limitazioni armatura

In ogni sezione della trave, il rapporto geometrico  $\rho$  relativo all'armatura tesa, indipendentemente dal fatto che l'armatura tesa sia quella al lembo superiore della sezione  $A_s$  o quella al lembo inferiore della sezione  $A_i$ , deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$$

dove:

$$\rho = A_s / (bh)$$

Rapporto geometrico relativo all'armatura tesa

$$\rho_{comp} = A_s' / (bh)$$

Rapporto geometrico relativo all'armatura compressa

**Dati Geometrici**
**Trave:**

Base	b=	30cm
altezza	h=	40cm
allargamento	dsx =	0cm
allargamento	ddx =	0cm
copriferro	c=	4cm

ok  
ok  
ok  
ok

Valori max	Limit. geometriche 7.4.6.1.1	
30cm	$b \geq 20\text{cm}$	$b \leq 2l_p$
120cm	$b/h \geq 0,25$	
20cm	$dsx \leq h/2$	
20cm	$ddx \leq h/2$	

**Pilastro:**

Base	lp=	30cm
------	-----	------

**Estensione zone critiche**

(misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione)

CD"B"	$l=1 \cdot h$	<b>40cm</b>
CD"A"	$l=1.5 \cdot h$	<b>60cm</b>

**Est. zone critiche con pilastri in falso**

(misurata da entrambi le facce del pilastro)

CD"B"	$l=2 \cdot h$	<b>80cm</b>
CD"A"	$l=2 \cdot h$	<b>80cm</b>

**Dati di armatura**

Tipo CLS	C32/40	(min C20/25)	D.M.(7.4.2.1)
Tipo Acciaio	B450C	(B450C)	D.M.(7.4.2.2)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

fck=	33,2	fcd=	18,81	D.M.(4.1.2.1.1.1)	fctm=	3,10	D.M.(11.2.10.2)
fyk=	450	fyd=	391,30	D.M.(4.1.2.1.1.3)			

Diametro min. armatura long.   $\geq \phi 14$  D.M.(7.4.6.2.1)

Diametro staffe   $\geq \phi 6$  D.M.(7.4.6.2.1)

N° braccia staffe

**Armatura longitudinale**

In campata	n°ferri_tesi	<input type="text" value="4"/>	As=	<input type="text" value="8,06cm²"/>	As=	8,06cm²
	n°ferri_comp.	<input type="text" value="2"/>	A's=	<input type="text" value="4,02cm²"/>	A's=	4,02cm²
zona critica	n°ferri_tesi	<input type="text" value="5"/>	As=	<input type="text" value="11,30cm²"/>	As=	11,30cm²
	n°ferri_comp.	<input type="text" value="3"/>	A's=	<input type="text" value="6,08cm²"/>	A's=	6,08cm²

#### Limitazioni Armatura longitudinale 7.4.6.2.1

In campata:	$\rho$ ; $\rho_{comp}$	Arm. min.	Arm. max.	limitazioni	
	0,00672	3,7cm <sup>2</sup>	13,4cm <sup>2</sup>	$1.4/f_{yk} < \rho < (\rho_{comp} + (3.5/f_{yk}))$	OK
	0,00335	2,0cm <sup>2</sup>		$\rho_{comp} \geq 0,25\rho$	OK
zona critica:	0,00942	3,7cm <sup>2</sup>	15,4cm <sup>2</sup>	$1.4/f_{yk} < \rho < (\rho_{comp} + (3.5/f_{yk}))$	OK
	0,00507	5,7cm <sup>2</sup>		$\rho_{comp} \geq 0,5\rho$	OK

#### Limitazioni Armatura longitudinale 4.1.6.1.1

In campata:	Arm. min.		Arm. max.	
	1,93cm <sup>2</sup>	OK	48,00cm <sup>2</sup>	OK
			48,00cm <sup>2</sup>	OK
zona critica:	1,93cm <sup>2</sup>	OK	48,00cm <sup>2</sup>	OK
			48,00cm <sup>2</sup>	OK

In ogni caso almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.  
Per gli elementi in esame l'armatura trasversale è costituita solo da staffe.

## 8.4 TRAVE 40X40

Si riportano di seguito le verifiche strutturali della trave avente sezione rettangolare di dimensioni 40x40 cm. Le verifiche saranno condotte per i differenti stati limite ed in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate dell'elemento per effetto della combinazioni di carico più gravose.

Di seguito si riportano le tabelle delle sollecitazioni più gravose ottenute allo SLU (statico e sismico) e agli SLE (Rara, Frequente e Quasi Permanente).

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
25	SLU	0.30	0.000	-0.000	0.000	18.190	-5.368	0.000
25	SLU	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.044	26.447	0.000
25	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-18.210	-5.438	0.000
26	SLU	0.30	0.000	-0.000	0.000	18.191	-5.577	0.000
26	SLU	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.044	26.240	0.000
26	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-18.209	-5.644	0.000
32	SLU	0.30	0.000	-0.000	0.000	18.669	-8.773	-0.276
32	SLU	3.89	0.000	-0.000	0.000	-0.000	24.738	-0.276
32	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-17.731	-5.492	-0.276
33	SLU	0.30	0.000	-0.000	0.000	18.669	-8.982	-0.276
33	SLU	3.89	0.000	-0.000	0.000	-0.000	24.531	-0.276
33	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-17.731	-5.698	-0.276
34	SLU	0.30	0.000	-0.000	0.000	18.477	-7.411	-0.166
34	SLU	3.85	0.000	-0.000	0.000	-0.000	25.416	-0.166
34	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-17.923	-5.470	-0.166
35	SLU	0.30	0.000	-0.000	0.000	18.478	-7.620	-0.166
35	SLU	3.85	0.000	-0.000	0.000	-0.000	25.209	-0.166
35	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-17.922	-5.676	-0.166
45	SLU	0.30	0.000	-0.000	-0.000	27.553	-16.888	0.102
45	SLU	4.07	0.000	-0.000	-0.000	0.000	35.111	0.102
45	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-23.547	-2.865	0.102
46	SLU	0.30	0.000	-0.000	-0.000	27.554	-17.096	0.102
46	SLU	4.07	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	34.904	0.102
46	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-23.546	-3.071	0.102
47	SLU	0.30	0.000	-0.000	0.000	23.808	-12.280	0.061
47	SLU	3.99	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	31.592	0.061
47	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-21.412	-3.894	0.061
48	SLU	0.30	0.000	-0.000	0.000	23.808	-12.489	0.061
48	SLU	3.99	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	31.384	0.061
48	SLU	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-21.412	-4.100	0.061

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
27	SLE R	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.993	-4.503	0.000
27	SLE R	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.972	0.000
27	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.007	-4.552	0.000
28	SLE R	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.993	-4.642	0.000
28	SLE R	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.834	0.000
28	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.007	-4.690	0.000
36	SLE R	0.30	0.000	-0.000	0.000	14.312	-6.773	-0.184
36	SLE R	3.88	0.000	-0.000	0.000	-0.000	18.831	-0.184
36	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-13.688	-4.589	-0.184
37	SLE R	0.30	0.000	-0.000	0.000	14.312	-6.912	-0.184
37	SLE R	3.88	0.000	-0.000	0.000	-0.000	18.693	-0.184
37	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-13.688	-4.726	-0.184
38	SLE R	0.30	0.000	-0.000	0.000	14.184	-5.865	-0.110
38	SLE R	3.85	0.000	-0.000	0.000	-0.000	19.285	-0.110
38	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-13.816	-4.574	-0.110
39	SLE R	0.30	0.000	-0.000	0.000	14.185	-6.004	-0.111
39	SLE R	3.85	0.000	-0.000	0.000	-0.000	19.147	-0.111
39	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-13.815	-4.711	-0.111
49	SLE R	0.30	0.000	-0.000	-0.000	20.235	-12.182	0.068
49	SLE R	4.05	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	25.730	0.068
49	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-17.565	-2.837	0.068
50	SLE R	0.30	0.000	-0.000	-0.000	20.235	-12.321	0.068
50	SLE R	4.05	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	25.592	0.068
50	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-17.565	-2.975	0.068
51	SLE R	0.30	0.000	-0.000	0.000	17.738	-9.110	0.041
51	SLE R	3.96	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	23.394	0.041
51	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-16.142	-3.523	0.041
52	SLE R	0.30	0.000	-0.000	0.000	17.738	-9.249	0.041
52	SLE R	3.96	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	23.256	0.041
52	SLE R	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-16.142	-3.661	0.041

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
29	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.994	-5.273	0.000
29	SLE F	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.206	0.000
29	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.006	-5.313	0.000
30	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.994	-5.273	0.000
30	SLE F	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.206	0.000
30	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.006	-5.313	0.000
40	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	14.058	-5.728	-0.037
40	SLE F	3.81	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	18.976	-0.037
40	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-13.942	-5.320	-0.037

41	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	14.058	-5.728	-0.037
41	SLE F	3.81	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	18.976	-0.037
41	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-13.942	-5.320	-0.037
42	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.994	-5.273	0.000
42	SLE F	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.206	0.000
42	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.006	-5.313	0.000
43	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.994	-5.273	0.000
43	SLE F	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.206	0.000
43	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.006	-5.313	0.000
53	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	15.243	-6.809	0.014
53	SLE F	3.86	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	20.333	0.014
53	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.717	-4.970	0.014
54	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	15.243	-6.809	0.014
54	SLE F	3.86	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	20.333	0.014
54	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.717	-4.970	0.014
55	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.994	-5.273	0.000
55	SLE F	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.206	0.000
55	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.006	-5.313	0.000
56	SLE F	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.994	-5.273	0.000
56	SLE F	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.206	0.000
56	SLE F	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.006	-5.313	0.000

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
31	SLE Q	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.995	-5.431	0.000
31	SLE Q	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.050	0.000
31	SLE Q	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.005	-5.469	0.000
44	SLE Q	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.995	-5.431	0.000
44	SLE Q	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.050	0.000
44	SLE Q	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.005	-5.469	0.000
57	SLE Q	0.30	0.000	-0.000	0.000	13.995	-5.431	0.000
57	SLE Q	3.79	0.000	-0.000	-0.000	0.034	19.050	0.000
57	SLE Q	7.30	0.000	-0.000	-0.000	-14.005	-5.469	0.000

#### 8.4.1 Verifica a flessione

Si riportano di seguito le verifiche a flessione, in corrispondenza della sezione d'appoggio e della sezione di campata (convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-)).

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale delle travi:

##### 1) Zone d'appoggio:

- Armatura superiore 3  $\Phi$  16
- Armatura inferiore 3  $\Phi$  16

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A

## 2) Campata:

- Armatura superiore 3  $\Phi$  16
- Armatura inferiore 3  $\Phi$  16

In aggiunta, fuori calcolo, andranno disposti 2  $\Phi$  12 come ferri di parete.

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU ed agli SLE (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto di un post processore considerando le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente.

Essendo la sezione armata in maniera simmetrica in campata ed in appoggio si esegue la verifica di una sola sezione in cui le sollecitazioni calcolate in appoggio sono invertite di segno.

### TRAVE 40X40

#### Travata n. 105

Nodi: 10 11

#### Simbologia

Caso	= Caso di verifica
Xg	= Coordinata progressiva (dal primo nodo) in cui viene effettuato il progetto/verifica
CC	= Combinazione delle condizioni di carico elementari
	c = momento fittizio in campata
	a = momento fittizio agli appoggi
	TG = taglio da gerarchia delle resistenze
	TGND = taglio non dissipativo limitante la gerarchia
	T = momento traslato per taglio
	e = eccentricità aggiuntiva in caso di compressione o pressoflessione
TCC	= Tipo di combinazione di carico
	SLU = Stato limite ultimo
	SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)
	SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara
	SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
	SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
	SLD = Stato limite di danno
	SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
	SIC = Stato limite di prevenzione del collasso
	SLO = Stato limite di operatività
	SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco
	SND = Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
El	= Elemento (asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica (progressivo sul numero di aste)
Sez.	= Numero della sezione
Crit.	= Numero del criterio di progetto
X	= Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale
AfE S	= Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, superiore
AfE I	= Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, inferiore
AfEP S	= Area di ferro effettiva parziale presente nella CC considerata, per la sollecitazione indicata, superiore
AfEP I	= Area di ferro effettiva parziale presente nella CC considerata, per la sollecitazione indicata, inferiore
My	= Momento flettente intorno all'asse Y
MRdy	= Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y
Sic.	= Sicurezza a rottura
$\sigma_{fdd}$	= Tensione di distacco della fibra di estremità (modo I)
$\Delta\%$	= Incremento percentuale sicurezza
$\sigma_f$ sup	= Tensione nel ferro - superiore





Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

FA07B - Relazione di calcolo strutturale

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	FA07B0 001	A	49 DI 94

$\sigma_f$  inf = Tensione nel ferro - inferiore  
 $\sigma_c$  = Tensione nel calcestruzzo  
X0 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) dell'inizio del tratto  
X1 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) della fine del tratto  
Lung. = Lunghezza del tratto di progettazione  
Staff. = Staffatura adottata  
AfB St. = Area di ferro effettiva della staffatura (d'anima per travi a T o L)  
bw = Larghezza membratura resistente al taglio  
Vsdu = Taglio agente nella direzione del momento ultimo  
ctg $\theta$  = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo  
VRsd = Taglio ultimo lato armatura  
VRcd = Taglio ultimo lato calcestruzzo  
Vrdu = Taglio ultimo assorbibile dal solo calcestruzzo  
Sic.T = Sicurezza a rottura per taglio  
c = Ricoprimento dell'armatura  
s = Distanza minima tra le barre  
K3 = Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione  
s<sub>zm</sub> = Distanza media tra le fessure  
 $\Phi$  = Diametro della barra  
A<sub>s</sub> = Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace  
A<sub>c eff</sub> = Area di calcestruzzo efficace  
 $\sigma_s$  = Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata  
 $\sigma_{sr}$  = Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo  
 $\epsilon_{sm}$  = Deformazione unitaria media dell'armatura (\*1000)  
Wk = Apertura delle fessure  
Tipo = Tipologia  
2C = Doppia C lato labbri  
2Cdx = Doppia C lato costola  
2I = Doppia I  
2L = Doppia L lato labbri  
2Ldx = Doppia L lato costole  
C = Sezione a C  
Cdx = C destra  
Cir. = Circolare  
Cir.c = Circolare cava  
I = Sezione a I  
L = Sezione a L  
Ldx = L destra  
Om. = Omega  
Pg = Pi greco  
Pr = Poligono regolare  
Prc = Poligono regolare cavo  
Pc = Per coordinate  
Ia = Inerzie assegnate  
R = Rettangolare  
Rc = Rettangolare cava  
T = Sezione a T  
U = Sezione a U  
Ur = U rovescia  
V = Sezione a V  
Vr = V rovescia  
Z = Sezione a Z  
Zdx = Z destra  
Ts = T stondata  
Ls = L stondata  
Cs = C stondata  
Is = I stondata  
Dis. = Disegnata  
B = Base  
H = Altezza

Cf sup = Copriferro superiore  
Cf inf = Copriferro inferiore  
Cls = Tipo di calcestruzzo  
Fck = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo  
Fctk = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo  
Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  
Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo  
Tp = Tipo di acciaio  
Fyk = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  
Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio

**Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati**

Sez.	Tipo	B <cm>	H <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Cls	Fck <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fcd <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctd <daN/cm <sup>2</sup> >	Tp	Fyk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fyd <daN/cm <sup>2</sup> >
2R		40.00	40.00	4.10	4.10	C32/40	332.00	21.69	188.13	14.46	B450C	4500.00	3913.04

**Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione**

Xg <m>	CC	TCC	El	X <cm>	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	AfEP S <cmq>	AfEP I <cmq>	My <daNm>	MRdy <daNm>	Sic.
0.30	19	SLV	1	30.00	6.03	6.03	6.03	6.03	-3280.76	-8099.34	2.469
3.79	45	SLU	1	378.88	6.03	6.03	6.03	6.03	3862.17	8099.34	2.097
7.30	7	SLV	1	730.00	6.03	6.03	6.03	6.03	-3286.44	-8099.34	2.464

**Stato limite d'esercizio - Verifiche tensionali**

Xg <m>	CC	TCC	El	X <cm>	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	My <daNm>	$\sigma_e$ sup <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_e$ inf <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_c$ <daN/cm <sup>2</sup> >
0.30	50	SLE R	1	30.00	6.03	6.03	-1232.13	628.70	-133.46	15.45
0.30	31	SLE Q	1	30.00	6.03	6.03	-543.15	277.14	-58.83	6.81
3.79	49	SLE R	1	378.88	6.03	6.03	2830.32	-306.57	1444.18	35.49
3.79	31	SLE Q	1	378.88	6.03	6.03	2095.47	-226.97	1069.22	26.27
7.30	37	SLE R	1	730.00	6.03	6.03	-472.60	241.15	-51.19	5.93
7.30	31	SLE Q	1	730.00	6.03	6.03	-546.91	279.06	-59.24	6.86

**Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione**

Caso	Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	Crit.	X <cm>	My <daNm>	c <mm>	s <mm>	K3	s <sub>rm</sub> <mm>	$\Phi$	A <sub>s</sub> <cm <sup>2</sup> >	A <sub>c</sub> eff <cm <sup>2</sup> >	$\sigma_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_{sr}$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$\epsilon_{sm}$	Wk <mm>
41	0.30	31	SLE Q	1	2	1	30.00	-543.15	33.00	159.00	0.15	191.76	16.00	6.03	572.73	277.14	2458.02	0.05	0.02
54	0.30	53	SLE F	1	2	1	30.00	-680.94	33.00	159.00	0.15	191.76	16.00	6.03	572.73	347.45	2458.02	0.07	0.02
96	3.79	31	SLE Q	1	2	1	378.88	2095.47	33.00	159.00	0.15	191.76	16.00	6.03	572.73	1069.22	2458.02	0.21	0.07
105	3.79	53	SLE F	1	2	1	378.88	2236.66	33.00	159.00	0.15	191.76	16.00	6.03	572.73	1141.26	2458.02	0.22	0.07
165	7.30	31	SLE Q	1	2	1	730.00	-546.91	33.00	159.00	0.15	191.76	16.00	6.03	572.73	279.06	2458.02	0.05	0.02
172	7.30	40	SLE F	1	2	1	730.00	-532.05	33.00	159.00	0.15	191.76	16.00	6.03	572.73	271.48	2458.02	0.05	0.02

**Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione con combinazione rara**

Le verifiche sono condotte in ottemperanza a quanto prescritto dal Manuale di Progettazione delle Opere Civili - RFIDTCSIPSMIAIFS001C al §2.5.1.8.3.2.4

**VERIFICA A SLE FESSURAZIONE, TENSIONI DI ESERCIZIO - RARA**

B	40 cm	M <sub>max</sub>	28,3 KNm
H	40 cm	R <sub>ck</sub>	40
c	4 cm	f <sub>ck</sub>	33,2
d	36 cm	1,2x <sub>fctm</sub>	3,79 N/mm <sup>2</sup>
n <sub>barre</sub>	3	f <sub>sd</sub>	374 N/mm <sup>2</sup>
d <sub>medio</sub>	1,60 cm	f <sub>yk</sub>	430 N/mm <sup>2</sup>
c'	3,20 cm		
deff1	15,2 cm		
deff2	15,17 cm		
deff	15,2 cm		

determinazione $\varepsilon_{sm}$			
$\beta_1$	1	c	3,2 cm
$\beta_2$	0,5	s	16,00 cm
$E_s$	206000 N/mm <sup>2</sup>	k2	0,4
		k3	0,125
$\varepsilon_{sm} =$	0,036%	$\phi$	1,6 cm
		n	3
$s_{rm} =$	17,645705	As	6,031858 cm <sup>2</sup>
		b	40 cm
		Ac,eff	606,63 cm <sup>2</sup>
		$\rho_r$	0,009943
determinazione $w_k$			
$w_k =$	0,107 mm	$w_{lim} =$	0,3 mm <b>OK</b>

#### 8.4.2 Verifica a taglio e torsione

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo  $V_{Ed}$  si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovra resistenza  $\gamma_{Rd}$  assunto pari a 1.0 per CDB.

Deve risultare (NTC2018 – 4.1.2.1.3.2):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

$V_d$  = Valore di calcolo del taglio agente;

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

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola 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" si calcola con:

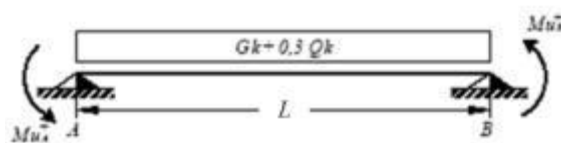
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

dove:

$\alpha$  : Angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

$\theta$  : Angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

#### • 1° Schema:



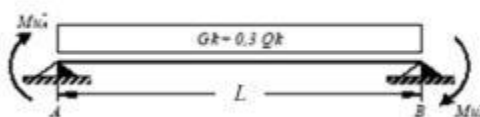
Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^+ + Mu_B^+}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO	REV. A	FOGLIO 52 DI 94

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

• **2° Schema:**



Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

La verifica di resistenza nei confronti della torsione (SLU) (NTC2018 – 4.1.2.1.4) consiste nel controllare che:

$$T_{Rd} \geq T_{Ed}$$

dove  $T_{Ed}$  è il valore di calcolo del momento torcente.

Per elementi prismatici sottoposti a torsione semplice o combinata con altre sollecitazioni, che abbiano sezione piena o cava, lo schema resistente è costituito da un traliccio periferico in cui gli sforzi di trazione sono affidati alle armature longitudinali e trasversali ivi contenute e gli sforzi di compressione sono affidati alle bielle di calcestruzzo.

Con riferimento al calcestruzzo la resistenza si calcola con:

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}\theta)$$

dove  $t$  è lo spessore della sezione cava; per sezioni piene  $t = A_c/u$  dove  $A_c$  è l'area della sezione ed  $u$  è il suo perimetro;  $t$  deve essere assunta comunque  $\geq 2$  volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale.

Le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore  $t$  del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (A_s/s) \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (\Sigma A_l / u_m) \cdot f_{yd} / \text{ctg}\theta$$

dove si è posto:

$A$  area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

$A_s$  area delle staffe;

$u_m$  perimetro medio del nucleo resistente;

$s$  passo delle staffe;

$\Sigma A_l$  area complessiva delle barre longitudinali.

L'inclinazione  $\theta$  delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$0,4 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$$

Entro questi limiti, nel caso di torsione pura, può porsi  $\text{ctg}\theta = (a_l/a_s)^{1/2}$

con:  $a_l = \Sigma A_l / u_m$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA				
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 53 DI 94

$$a_s = A_s / s$$

La resistenza alla torsione della trave è la minore delle tre sopra definite.

Si riporta di seguito un prospetto riepilogativo con i valori delle sollecitazioni taglianti e torcenti ottenute seguendo la metodologia descritta e riportata negli schemi precedenti:

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è maggiore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000 ( $V_2=27.5$  kN) si procede alla verifica di resistenza considerando il seguente valore del taglio massimo:

$$V_{Ed-max} = 27.5 \text{ kN}$$

#### Staffe - Verifiche armatura TAGLIO E TORSIONE

CC	X0 <m>	X1 <m>	Lung. <m>	Staff.	AfE St. <cmq/m>	bw <m>	Vsdu <daN>	ctgθ	VRsd <daN>	VRcd <daN>	Vrdu <daN>	Sic.T
46 SLU	0.30	0.70	0.40	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.40	2755.36	2.50	39719.30	41921.30	39719.30	14.42
46 SLU	0.70	6.90	6.20	ø8/16 2 br.	6.28	0.40	2463.36	2.50	19859.70	41921.30	19859.70	8.06
45 SLU	6.90	7.30	0.40	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.40	2354.68	2.50	39719.30	41921.30	39719.30	16.87

Si adatteranno nelle zone d'appoggio, per un tratto pari ad 80 cm dal filo esterno del pilastro, staffe  $\Phi 8 / 8$  cm, per il rispetto dei limiti normativi, mentre nelle zone centrali di campata staffe  $\Phi 8 / 16$  cm.

#### 8.4.3 Verifica limitazioni armatura

In ogni sezione della trave, il rapporto geometrico  $\rho$  relativo all'armatura tesa, indipendentemente dal fatto che l'armatura tesa sia quella al lembo superiore della sezione  $A_s$  o quella al lembo inferiore della sezione  $A_i$ , deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$$

dove:

$$\rho = A_s / (bh)$$

Rapporto geometrico relativo all'armatura tesa

$$\rho_{comp} = A_s' / (bh)$$

Rapporto geometrico relativo all'armatura compressa

Dati Geometrici			
<b>Trave:</b>			
Base	b=	40cm	ok
altezza	h=	40cm	ok
allargamento	dsx =	0cm	ok
allargamento	ddx =	0cm	ok
copriferro	c=	4cm	
<b>Pilastro:</b>			
Base	lp=	70cm	

Valori max	Limit. geometriche 7.4.6.1.1	
70cm	$b \geq$	20cm
160cm	$b/h \geq$	0,25
20cm	$dsx \leq$	$h/2$
20cm	$ddx \leq$	$h/2$

**Dati di armatura**

Tipo CLS	C32/40	(min C20/25)	D.M.(7.4.2.1)	$R_{ck} = 40$ N/mm <sup>2</sup>
Tipo Acciaio	B450C	(B450C)	D.M.(7.4.2.2)	
fck=	33,2	fcd=	18,81	D.M.(4.1.2.1.1.1)
f <sub>yk</sub> =	450	f <sub>yd</sub> =	391,30	D.M.(4.1.2.1.1.3)
fctm=	3,10	D.M.(11.2.10.2)		

 Diametro min. armatura long.   $\geq \Phi 14$  D.M.(7.4.6.2.1)

 Diametro staffe   $\geq \Phi 6$  D.M.(7.4.6.2.1)

 N° braccia staffe 
**Armatura longitudinale**

In campata	n°ferri_tesi	<input type="text" value="3"/>	As=	<input type="text" value="6,03cm&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	As=	6,03cm <sup>2</sup>
	n°ferri_comp.	<input type="text" value="3"/>	A's=	<input type="text" value="6,03cm&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	A's=	6,03cm <sup>2</sup>
zona critica	n°ferri_tesi	<input type="text" value="3"/>	As=	<input type="text" value="6,03cm&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	As=	6,03cm <sup>2</sup>
	n°ferri_comp.	<input type="text" value="3"/>	A's=	<input type="text" value="6,03cm&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	A's=	6,03cm <sup>2</sup>

**Limitazioni Armatura longitudinale 7.4.6.2.1**


In campata:	$\rho$ ; $\rho_{comp}$	Arm. min.	Arm. max.	limitazioni	
	0,00377	5,0cm <sup>2</sup>	18,5cm <sup>2</sup>	$1.4/f_{yk} < \rho < (\rho_{comp} + (3.5/f_{yk}))$	<b>OK</b>
	0,00377	1,5cm <sup>2</sup>		$\rho_{comp} \geq 0,25\rho$	<b>OK</b>
zona critica:	0,00377	5,0cm <sup>2</sup>	18,5cm <sup>2</sup>	$1.4/f_{yk} < \rho < (\rho_{comp} + (3.5/f_{yk}))$	<b>OK</b>
	0,00377	3,0cm <sup>2</sup>		$\rho_{comp} \geq 0,5\rho$	<b>OK</b>

**Limitazioni Armatura longitudinale 4.1.6.1.1**

	Arm. min.		Arm. max.	
In campata:	2,58cm <sup>2</sup>	<b>OK</b>	64,00cm <sup>2</sup>	<b>OK</b>
			64,00cm <sup>2</sup>	<b>OK</b>
zona critica:	2,58cm <sup>2</sup>	<b>OK</b>	64,00cm <sup>2</sup>	<b>OK</b>
			64,00cm <sup>2</sup>	<b>OK</b>

In ogni caso almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

Per gli elementi in esame l'armatura trasversale è costituita solo da staffe.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A

## 8.5 TRAVE 20X50

Si riportano di seguito le verifiche strutturali della trave in fondazione avente sezione rettangolare di dimensioni 20x50 cm. Le verifiche saranno condotte per i differenti stati limite ed in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate dell'elemento per effetto della combinazioni di carico più gravose.

### 8.5.1 Verifica a flessione

Si riportano di seguito le verifiche a flessione, convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-).

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale della trave:

#### 1) Zone d'appoggio:

- Armatura superiore 2  $\Phi$  16
- Armatura inferiore 2  $\Phi$  16

In aggiunta, fuori calcolo, andranno disposti 2  $\Phi$  12 come ferri di parete.

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU ed agli SLE (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) sono state condotte con il supporto di un post processore.

Si esegue la verifica di una sola sezione in cui le sollecitazioni calcolate in appoggio sono invertite di segno.

## Travata 20x50

### Simbologia

Caso	=Caso di verifica
Xg	=Coordinata progressiva (dal primo nodo) in cui viene effettuato il progetto/verifica
CC	=Combinazione delle condizioni di carico elementari
c	= momento fittizio in campata
a	= momento fittizio agli appoggi
TG	= taglio da gerarchia delle resistenze
TGND	= taglio non dissipativo limitante la gerarchia
T	= momento traslato per taglio
e	= eccentricità aggiuntiva in caso di compressione o pressoflessione
TCC	=Tipo di combinazione di carico
SLU	= Stato limite ultimo
SLU S	= Stato limite ultimo (azione sismica)
SLE R	= Stato limite d'esercizio, combinazione rara
SLE F	= Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
SLE Q	= Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
SLD	= Stato limite di danno
SLV	= Stato limite di salvaguardia della vita
SLC	= Stato limite di prevenzione del collasso
SLO	= Stato limite di operatività
SLU I	= Stato limite di resistenza al fuoco
SNV	= Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
El	=Elemento (asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica (progressivo sul numero di aste)
Sez.	=Numero della sezione
Crit.	=Numero del criterio di progetto
X	=Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale
AfE S	=Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, superiore
AfE I	=Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, inferiore
AfEP S	=Area di ferro effettiva parziale presente nella CC considerata, per la sollecitazione indicata, superiore



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

FA07B - Relazione di calcolo strutturale

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL FA07B0 001	A	56 DI 94

AfEP I = Area di ferro effettiva parziale presente nella CC considerata, per la sollecitazione indicata, inferiore

My = Momento flettente intorno all'asse Y

MRdy = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y

Sic. = Sicurezza a rottura

$\sigma_{fda}$  = Tensione di distacco della fibra di estremità (modo 1)

$\Delta\%$  = Incremento percentuale sicurezza

$\sigma_f$  sup = Tensione nel ferro - superiore

$\sigma_f$  inf = Tensione nel ferro - inferiore

$\sigma_c$  = Tensione nel calcestruzzo

X0 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) dell'inizio del tratto

X1 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) della fine del tratto

Lung. = Lunghezza del tratto di progettazione

Staff. = Staffatura adottata

AfE St. = Area di ferro effettiva della staffatura (d'anima per travi a T o L)

bw = Larghezza membratura resistente al taglio

Vsdu = Taglio agente nella direzione del momento ultimo

ctg $\theta$  = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

VRsd = Taglio ultimo lato armatura

VRcd = Taglio ultimo lato calcestruzzo

Vrdu = Taglio ultimo assorbibile dal solo calcestruzzo

Sic.T = Sicurezza a rottura per taglio

c = Ricoprimento dell'armatura

s = Distanza minima tra le barre

K3 = Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione

s<sub>rm</sub> = Distanza media tra le fessure

$\Phi$  = Diametro della barra

A<sub>s</sub> = Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace

A<sub>c eff</sub> = Area di calcestruzzo efficace

$\sigma_s$  = Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata

$\sigma_{sr}$  = Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo

$\epsilon_{sm}$  = Deformazione unitaria media dell'armatura (\*1000)

Wk = Apertura delle fessure

Tipo = Tipologia

2C = Doppia C lato labbri

2Cdx = Doppia C lato costola

2I = Doppia I

2L = Doppia L lato labbri

2Ldx = Doppia L lato costole

C = Sezione a C

Cdx = C destra

Cir. = Circolare

Cir.c = Circolare cava

I = Sezione a I

L = Sezione a L

Ldx = L destra

Om. = Omega

Pg = Pi greco

Pr = Poligono regolare

Prc = Poligono regolare cavo

Pc = Per coordinate

Ia = Inerzie assegnate

R = Rettangolare

Rc = Rettangolare cava

T = Sezione a T

U = Sezione a U

Ur = U rovescia

V = Sezione a V

Vr = V rovescia

Z = Sezione a Z

Zdx = Z destra



Ts = T stondata  
Ls = L stondata  
Cs = C stondata  
Is = I stondata  
Dis. = Disegnata

B = Base  
H = Altezza  
Cf sup = Copriferro superiore  
Cf inf = Copriferro inferiore  
Cls = Tipo di calcestruzzo  
Fck = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo  
Fctk = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo  
Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  
Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo  
Tp = Tipo di acciaio  
Fyk = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  
Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio

**Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati**

Sez.	Tipo	B <cm>	H <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Cls	Fck <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fcd <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctd <daN/cm <sup>2</sup> >	Tp	Fyk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fyd <daN/cm <sup>2</sup> >
5R		20.00	50.00	4.10	4.10	C32/40	332.00	21.69	188.13	14.46	B450C	4500.00	3913.04

**Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione**

Xg <m>	CC	TCC	El	X <cm>	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	AfEP S <cmq>	AfEP I <cmq>	My <daNm>	MRdy <daNm>	Sic.
0.30	32	SLU	1	30.00	4.02	4.02	4.02	4.02	-1338.67	-6881.51	5.141
2.96	32	SLU	4	38.50	4.02	4.02	4.02	4.02	2604.06	6881.51	2.643
7.70	1	SLV	10	-16.67	4.02	4.02	4.02	4.02	2002.13	6881.51	3.437

**Stato limite d'esercizio - Verifiche tensionali**

Xg <m>	CC	TCC	El	X <cm>	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	My <daNm>	$\sigma_f$ sup <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_f$ inf <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_c$ <daN/cm <sup>2</sup> >
0.30	36	SLE R	1	30.00	4.02	4.02	-895.75	533.08	-131.13	13.09
0.30	31	SLE Q	1	30.00	4.02	4.02	-432.57	257.43	-63.32	6.32
2.96	36	SLE R	4	38.50	4.02	4.02	1815.14	-265.72	1080.22	26.52
2.96	31	SLE Q	4	38.50	4.02	4.02	746.33	-109.25	444.15	10.90
7.70	36	SLE R	10	-16.67	4.02	4.02	1365.80	-199.94	812.81	19.95
7.70	31	SLE Q	10	-16.67	4.02	4.02	445.72	-65.25	265.25	6.51

**Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione**

Caso	Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	Crit.	X <cm>	My <daNm>	c <mm>	s <mm>	K3	S <sub>rm</sub> <mm>	$\Phi$	A <sub>s</sub> <cmq>	A <sub>c eff</sub> <cmq>	$\sigma_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_{sz}$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$\epsilon_{sm}$	Wk <mm>
57	0.30	31	SLE Q	1	5	2	30.00	-432.57	33.00	118.00	0.17	171.25	16.00	4.02	295.37	257.43	2310.70	0.05	0.01
67	0.30	40	SLE F	1	5	2	30.00	-522.15	33.00	118.00	0.17	171.25	16.00	4.02	295.37	310.74	2310.70	0.06	0.02
149	2.96	31	SLE Q	4	5	2	38.50	746.33	33.00	118.00	0.17	171.25	16.00	4.02	295.37	444.15	2310.70	0.09	0.03
159	2.96	40	SLE F	4	5	2	38.50	947.63	33.00	118.00	0.17	171.25	16.00	4.02	295.37	563.95	2310.70	0.11	0.03
216	7.70	31	SLE Q	10	5	2	-16.67	445.72	33.00	118.00	0.17	171.25	16.00	4.02	295.37	265.25	2310.70	0.05	0.01
221	7.70	40	SLE F	10	5	2	-16.67	625.92	33.00	118.00	0.17	171.25	16.00	4.02	295.37	372.50	2310.70	0.07	0.02

**8.5.2 Verifica a taglio e torsione**

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo  $V_{Ed}$  si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 58 DI 94	

estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovra resistenza  $\gamma_{Rd}$  assunto pari a 1.0 per CDB.

Deve risultare (NTC2018 – 4.1.2.1.3.2):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

$V_d$  = Valore di calcolo del taglio agente;

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

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola 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" si calcola con:

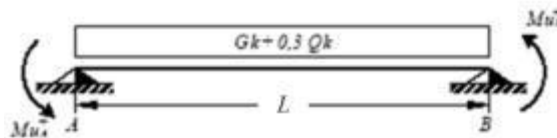
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

dove:

$\alpha$  : Angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

$\theta$  : Angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

• **1° Schema:**

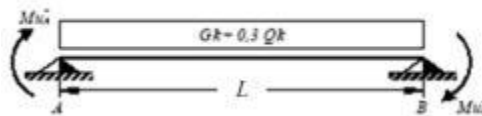


Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^+ + Mu_B^+}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^+ + Mu_B^+}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

• **2° Schema:**




Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^- + Mu_B^-}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^- + Mu_B^-}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

La verifica di resistenza nei confronti della torsione (SLU) (NTC2018 – 4.1.2.1.4) consiste nel controllare che:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO	REV. A	FOGLIO 59 DI 94

$$T_{Rd} \geq T_{Ed}$$

dove  $T_{Ed}$  è il valore di calcolo del momento torcente.

Per elementi prismatici sottoposti a torsione semplice o combinata con altre sollecitazioni, che abbiano sezione piena o cava, lo schema resistente è costituito da un traliccio periferico in cui gli sforzi di trazione sono affidati alle armature longitudinali e trasversali ivi contenute e gli sforzi di compressione sono affidati alle bielle di calcestruzzo.

Con riferimento al calcestruzzo la resistenza si calcola con:

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}\theta)$$

dove  $t$  è lo spessore della sezione cava; per sezioni piene  $t = A_c/u$  dove  $A_c$  è l'area della sezione ed  $u$  è il suo perimetro;  $t$  deve essere assunta comunque  $\geq 2$  volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale.

Le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore  $t$  del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (A_s/s) \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (\Sigma A_l/u_m) \cdot f_{yd} / \text{ctg}\theta$$

dove si è posto:

$A$  area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

$A_s$  area delle staffe;

$u_m$  perimetro medio del nucleo resistente;

$s$  passo delle staffe;

$\Sigma A_l$  area complessiva delle barre longitudinali.

L'inclinazione  $\theta$  delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$0,4 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$$

Entro questi limiti, nel caso di torsione pura, può porsi  $\text{ctg}\theta = (a_l/a_s)^{1/2}$

con:  $a_l = \Sigma A_l / u_m$

$$a_s = A_s / s$$

La resistenza alla torsione della trave è la minore delle tre sopra definite.

Si riporta di seguito un prospetto riepilogativo con i valori delle sollecitazioni taglianti e torcenti ottenute seguendo la metodologia descritta e riportata negli schemi precedenti:

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è maggiore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000 ( $V_2=39.5$  kN) si procede alla verifica di resistenza considerando il seguente valore del taglio massimo:

$$V_{Ed-max} = 39.5 \text{ kN}$$

#### Staffe - Verifiche armatura

CC	X0 <m>	X1 <m>	Lung. <m>	Staff.	AfE St. <cmq/m>	bw <m>	Vsdu <daN>	ctgθ	VRsd <daN>	VRcd <daN>	Vrdu <daN>	Sic. T
13 SLV	0.15	0.65	0.50	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.20	2378.97	1.68	34147.80	34147.80	34147.80	14.35
32 SLU	0.65	7.35	6.70	ø8/32 2 br.	3.14	0.20	2605.74	2.50	12695.80	26799.30	12695.80	4.87
32 SLU	7.35	7.85	0.50	ø8/ 8 2 br.	12.57	0.20	3954.05	1.68	34147.80	34147.80	34147.80	8.64

Si adotteranno nelle zone d'appoggio, per un tratto pari ad 80 cm dal filo esterno del pilastro, staffe  $\Phi 8 / 8$  cm, per il rispetto dei limiti normativi, mentre nelle zone centrali di campata staffe  $\Phi 8 / 32$  cm.

### 8.5.3 Verifica limitazioni armatura

In ogni sezione della trave, il rapporto geometrico  $\rho$  relativo all'armatura tesa, indipendentemente dal fatto che l'armatura tesa sia quella al lembo superiore della sezione  $A_s$  o quella al lembo inferiore della sezione  $A_i$ , deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$$

dove:

$\rho = A_s / (bh)$  Rapporto geometrico relativo all'armatura tesa

$\rho_{comp} = A_s' / (bh)$  Rapporto geometrico relativo all'armatura compressa

In ogni caso almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

Per gli elementi in esame l'armatura trasversale è costituita solo da staffe.

#### Dati Geometrici

Trave:

Base	b=	20cm	ok
altezza	h=	50cm	ok
allargamento	dsx =	0cm	ok
allargamento	ddx =	0cm	ok
copriferro	c=	4cm	

Valori max	Limit. geometriche 7.4.6.1.1	
30cm	b ≥ 20cm	b ≤ 2lp
80cm	b/h ≥ 0,25	
25cm	dsx ≤ h/2	
25cm	ddx ≤ h/2	

Pilastro:

Base	lp=	30cm
------	-----	------

#### Dati di armatura

Tipo CLS	C32/40	(min C20/25)	D.M.(7.4.2.1)
Tipo Acciaio	B450C	(B450C)	D.M.(7.4.2.2)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

fck=	33,2	fcd=	18,81	D.M.(4.1.2.1.1.1)	fctm=	3,10	D.M.(11.2.10.2)
fyk=	450	fyd=	391,30	D.M.(4.1.2.1.1.3)			

Diametro min. armatura long. 16 ≥  $\phi 14$  D.M.(7.4.6.2.1)

Diametro staffe 8 ≥  $\phi 6$  D.M.(7.4.6.2.1)

N° braccia staffe 2

#### Armatura longitudinale


In campata	n°ferri_tesi	2	As=	4,02cm <sup>2</sup>	As=	4,02cm <sup>2</sup>
	n°ferri_comp.	2	A's=	4,02cm <sup>2</sup>	A's=	4,02cm <sup>2</sup>
zona critica	n°ferri_tesi	2	As=	4,02cm <sup>2</sup>	As=	4,02cm <sup>2</sup>
	n°ferri_comp.	2	A's=	4,02cm <sup>2</sup>	A's=	4,02cm <sup>2</sup>

#### Limitazioni Armatura longitudinale 7.4.6.2.1

In campata:	$\rho$ ; $\rho_{comp}$	Arm. min.	Arm. max.	limitazioni	
	0,00402	3,1cm <sup>2</sup>	11,8cm <sup>2</sup>	$1.4/f_{yk} < \rho < (\rho_{comp} + (3.5/f_{yk}))$	OK
	0,00402	1,0cm <sup>2</sup>		$\rho_{comp} \geq 0,25\rho$	OK
zona critica:	0,00402	3,1cm <sup>2</sup>	11,8cm <sup>2</sup>	$1.4/f_{yk} < \rho < (\rho_{comp} + (3.5/f_{yk}))$	OK
	0,00402	2,0cm <sup>2</sup>		$\rho_{comp} \geq 0,5\rho$	OK

#### Limitazioni Armatura longitudinale 4.1.6.1.1

In campata:	Arm. min.		Arm. max.	
	1,65cm <sup>2</sup>	OK	40,00cm <sup>2</sup>	OK
			40,00cm <sup>2</sup>	OK
zona critica:	1,65cm <sup>2</sup>	OK	40,00cm <sup>2</sup>	OK
			40,00cm <sup>2</sup>	OK

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IASF	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO	REV. A	FOGLIO 62 DI 94

## 8.6 PILASTRI (30X70)

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dei pilastri aventi sezione rettangolare di dimensioni 30x40 cm. Le verifiche saranno condotte per i differenti stati limite ed in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate dell'elemento per effetto delle combinazioni di carico più gravose.

Preliminarmente alla verifica di resistenza dei pilastri allo SLU è necessario valutare la stabilità degli elementi snelli. Tali verifiche devono essere condotte attraverso un'analisi del secondo ordine che tenga conto degli effetti flessionali delle azioni assiali sulla configurazione deformata degli elementi stessi. In via approssimativa gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza  $\lambda$  non supera il valore limite (4.1.2.1.7-NTC2018):

$$\lambda_{lim} = 15.4 \cdot \frac{C}{\sqrt{\nu}}$$

dove:

$\nu = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$  è l'azione assiale adimensionale;

$C = 1,7 - r_m$  dipende dalla distribuzione dei momenti del primo ordine;

$r_m = M_{01} / M_{02}$  rapporto tra i momenti flettenti del primo ordine alle due estremità del pilastro (con  $M_{02} \geq M_{01}$ ).

E' stata valutata la snellezza  $\lambda$  del pilastro:

### SNELLEZZA LIMITE PILASTRI

$$\lambda_{lim} = 15.4 \cdot \frac{C}{\sqrt{\nu}}$$

NED =	131030	N
B=	300	mm
H=	700	mm
fcd=	15,867	N/mm <sup>2</sup>

$\nu$  0,0393

C 2,117

Mtesta	79800000	Nxmm
Mpiede	191320000	Nxmm
$r_m$	0,4171	

$\lambda$  limite 164,411


### SNELLEZZA PILASTRO

J min	1575000000	mm <sup>4</sup>
$\rho$ min	86,603	mm

$\beta$	1	
L0	4000	mm

$\lambda$  pilastro 46,188

La verifica risulta soddisfatta.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A

Per quanto concerne le non linearità geometriche sono prese in conto, quando necessario, attraverso il fattore  $\theta$  di seguito definito. In particolare, per le costruzioni civili ed industriali esse possono essere trascurate nel caso in cui risulti:

$$\theta = \frac{P \cdot d_r}{V \cdot h} \leq 0.1$$

dove:

P è il carico verticale totale agente;

$d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano;

V è la forza orizzontale totale agente;

h è l'altezza dell'elemento.

Si riporta di seguito la verifica delle non linearità geometriche facendo riferimento alle combinazioni di carico che producono lo spostamento orizzontale maggiore SLD\_Y.

$d_r=0,0063$  m;

h=4,00 m;

Per la combinazione massima si ha che:

P= -1082.8 kN

V= 109.36 kN

$\theta = 0,0156 < 0.1$

### 8.6.1 Verifica a flessione

Nelle tabelle seguenti sono riportate le sollecitazioni ottenute agli SLU statico e simico ed agli SLE (rara, frequente e quasi permanente).

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
25	SLU	0.00	-144.195	18.047	-98.423	-10.925	7.661	-0.002
25	SLU	4.00	-116.895	18.047	-26.233	-10.925	-36.039	-0.002
26	SLU	0.00	-139.021	17.254	-95.047	-10.186	6.785	-0.002
26	SLU	4.00	-111.721	17.254	-26.030	-10.186	-33.958	-0.002
32	SLU	0.00	-148.590	23.561	-117.438	-43.766	47.155	1.035
32	SLU	4.00	-121.290	23.561	-23.195	-5.006	-50.389	1.035
33	SLU	0.00	-143.416	22.767	-114.062	-43.027	46.279	1.035
33	SLU	4.00	-116.116	22.767	-22.993	-4.267	-48.308	1.035
34	SLU	0.00	-146.832	21.355	-109.832	-30.630	31.357	0.621
34	SLU	4.00	-119.532	21.355	-24.410	-7.373	-44.649	0.621
35	SLU	0.00	-141.658	20.562	-106.456	-29.890	30.481	0.621
35	SLU	4.00	-114.358	20.562	-24.208	-6.634	-42.568	0.621
45	SLU	0.00	-143.319	52.486	-189.615	-12.438	11.460	-0.372
45	SLU	4.00	-116.019	40.486	-3.671	-12.438	-38.290	-0.372
46	SLU	0.00	-138.145	51.693	-186.240	-11.698	10.584	-0.372
46	SLU	4.00	-110.845	39.693	-3.468	-11.698	-36.209	-0.372
47	SLU	0.00	-143.669	38.711	-153.138	-11.832	9.941	-0.224
47	SLU	4.00	-116.369	31.511	-12.695	-11.832	-37.389	-0.224
48	SLU	0.00	-138.496	37.917	-149.763	-11.093	9.065	-0.224

48	SLU	4.00	-111.196	30.717	-12.493	-11.093	-35.309	-0.224
----	-----	------	----------	--------	---------	---------	---------	--------

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
27	SLE R	0.00	-104.724	12.571	-70.117	-7.643	5.194	-0.001
27	SLE R	4.00	-83.724	12.571	-19.835	-7.643	-25.379	-0.001
28	SLE R	0.00	-101.275	12.042	-67.867	-7.150	4.610	-0.001
28	SLE R	4.00	-80.275	12.042	-19.700	-7.150	-23.992	-0.001
36	SLE R	0.00	-107.654	16.246	-82.794	-29.537	31.523	0.690
36	SLE R	4.00	-86.654	16.246	-17.810	-3.697	-34.945	0.690
37	SLE R	0.00	-104.205	15.717	-80.543	-29.044	30.939	0.690
37	SLE R	4.00	-83.205	15.717	-17.675	-3.204	-33.558	0.690
38	SLE R	0.00	-106.482	14.776	-77.723	-20.779	20.992	0.414
38	SLE R	4.00	-85.482	14.776	-18.620	-5.276	-31.119	0.414
39	SLE R	0.00	-103.033	14.247	-75.473	-20.287	20.408	0.414
39	SLE R	4.00	-82.033	14.247	-18.485	-4.783	-29.732	0.414
49	SLE R	0.00	-104.140	35.530	-130.912	-8.652	7.727	-0.248
49	SLE R	4.00	-83.140	27.530	-4.794	-8.652	-26.880	-0.248
50	SLE R	0.00	-100.691	35.001	-128.662	-8.159	7.143	-0.248
50	SLE R	4.00	-79.691	27.001	-4.659	-8.159	-25.493	-0.248
51	SLE R	0.00	-104.374	26.346	-106.594	-8.248	6.714	-0.149
51	SLE R	4.00	-83.374	21.546	-10.810	-8.248	-26.279	-0.149
52	SLE R	0.00	-100.925	25.817	-104.344	-7.755	6.130	-0.149
52	SLE R	4.00	-79.925	21.017	-10.675	-7.755	-24.892	-0.149

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
29	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
29	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
30	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
30	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
40	SLE F	0.00	-86.189	10.374	-60.177	-9.290	7.222	0.137
40	SLE F	4.00	-65.189	10.374	-18.682	-4.122	-19.602	0.137
41	SLE F	0.00	-86.189	10.374	-60.177	-9.290	7.222	0.137
41	SLE F	4.00	-65.189	10.374	-18.682	-4.122	-19.602	0.137
42	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
42	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
43	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
43	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
53	SLE F	0.00	-85.486	14.230	-69.800	-5.113	2.463	-0.050
53	SLE F	4.00	-64.486	12.630	-16.078	-5.113	-17.989	-0.050
54	SLE F	0.00	-85.486	14.230	-69.800	-5.113	2.463	-0.050
54	SLE F	4.00	-64.486	12.630	-16.078	-5.113	-17.989	-0.050
55	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001



55	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
56	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
56	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
31	SLE Q	0.00	-81.684	9.038	-55.085	-4.352	1.293	-0.001
31	SLE Q	4.00	-60.684	9.038	-18.933	-4.352	-16.113	-0.001
44	SLE Q	0.00	-81.684	9.038	-55.085	-4.352	1.293	-0.001
44	SLE Q	4.00	-60.684	9.038	-18.933	-4.352	-16.113	-0.001
57	SLE Q	0.00	-81.684	9.038	-55.085	-4.352	1.293	-0.001
57	SLE Q	4.00	-60.684	9.038	-18.933	-4.352	-16.113	-0.001

## Pilastrini di spigolo

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale del pilastro:

- Armatura d'angolo 4  $\Phi$  24
- Armatura interne lato lungo 2+2  $\Phi$  16

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU ed agli SLE (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di incastro e di campata sono state condotte con il supporto di un postprocessore considerando le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente.

Essendo i pilastri orientati in maniera diversa sono state eseguite le verifiche coerentemente con l'orientamento degli assi locali definiti nel modello di calcolo.

## Pilastrata n. 2 30x70 - Pilastro di spigolo

Nodi: 2 3

### Simbologia

Xg	=	Coordinata progressiva (dal primo nodo) in cui viene effettuato il progetto/verifica
CC	=	Combinazione delle condizioni di carico elementari
e	=	eccentricità aggiuntiva in caso di compressione o pressoflessione
$\alpha$	=	amplificazione per gerarchia delle resistenze
TG	=	taglio da gerarchia delle resistenze
TCC	=	Tipo di combinazione di carico
SLU	=	Stato limite ultimo
SLU S	=	Stato limite ultimo (azione sismica)
SLE R	=	Stato limite d'esercizio, combinazione rara
SLE F	=	Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
SLE Q	=	Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
SLD	=	Stato limite di danno
SLV	=	Stato limite di salvaguardia della vita
SLC	=	Stato limite di prevenzione del collasso
SLO	=	Stato limite di operatività
SLU I	=	Stato limite di resistenza al fuoco
SND	=	Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

FA07B - Relazione di calcolo strutturale

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL FA07B0 001	A	66 DI 94

E1 = Elemento (asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica (progressivo sul numero di aste)  
Sez. = Numero della sezione  
X = Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale  
N = Sforzo normale  
Mz = Momento flettente intorno all'asse Z  
My = Momento flettente intorno all'asse Y  
My ver. = Momento flettente di verifica intorno all'asse Y  
c = Ricoprimento dell'armatura  
s = Distanza minima tra le barre  
K3 = Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione  
S<sub>tm</sub> = Distanza media tra le fessure  
Φ = Diametro della barra  
A<sub>s</sub> = Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace  
A<sub>c eff</sub> = Area di calcestruzzo efficace  
σ<sub>s</sub> = Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata  
σ<sub>sr</sub> = Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo  
ε<sub>sm</sub> = Deformazione unitaria media dell'armatura (\*1000)  
Wk = Apertura delle fessure  
M = Momento flettente  
MRd = Momento resistente allo stato limite ultimo  
μΦ = Valore di progetto della duttilità di curvatura  
Mz ver. = Momento flettente di verifica intorno all'asse Z  
Nu = Sforzo normale ultimo  
MRdy = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y  
MRdz = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Z  
α = Angolo asse neutro a rottura  
ε<sub>r</sub> = Deformazione nell'acciaio (\*1000)  
Sic. = Sicurezza a rottura  
AfT = Area di ferro tesa  
AfC = Area di ferro compressa  
σ<sub>c</sub> = Tensione nel calcestruzzo  
σ<sub>f</sub> = Tensione nel ferro  
X0 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) dell'inizio del tratto  
X1 = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) della fine del tratto  
Staff. = Staffatura adottata  
Br<sub>y</sub> = Numero bracci in dir. Y locale  
Br<sub>z</sub> = Numero bracci in dir. Z locale  
bw<sub>y</sub> = Larghezza membratura resistente al taglio in dir. Y  
Vsdu<sub>y</sub> = Taglio agente in dir. Y  
ctgθ<sub>y</sub> = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo in dir. Y  
VRsd<sub>y</sub> = Taglio ultimo lato armatura in dir. Y  
VRcd<sub>y</sub> = Taglio ultimo lato calcestruzzo in dir. Y  
bw<sub>z</sub> = Larghezza membratura resistente al taglio in dir. Z  
Vsdu<sub>z</sub> = Taglio agente in dir. Z  
ctgθ<sub>z</sub> = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo in dir. Z  
VRsd<sub>z</sub> = Taglio ultimo lato armatura in dir. Z  
VRcd<sub>z</sub> = Taglio ultimo lato calcestruzzo in dir. Z  
Sic.T = Sicurezza a rottura per taglio  
Nodo = Numero del nodo  
Conf. = Nodo confinato  
S = Si  
N = No  
F. = Identificativo faccia del nodo  
Y+ = Faccia sul lato positivo Y locale pilastro



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

**FA07B - Relazione di calcolo strutturale**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL FA07B0 001	A	67 DI 94

Z+ = Faccia sul lato positivo Z locale pilastro  
Y- = Faccia sul lato negativo Y locale pilastro  
Z- = Faccia sul lato negativo Z locale pilastro

Mod. = Modalità di verifica faccia  
I = Interna  
E = Esterna

Br. = Numero bracci

As1 = Area di ferro superiore delle travi incidenti sulla faccia  
As2 = Area di ferro inferiore delle travi incidenti sulla faccia

Bj = Larghezza effettiva utile del nodo

Hjc = Distanza tra armature pilastro  
Hjw = Distanza tra armature trave

Ash = Area totale della sezione della staffa

Vc = Taglio nel pilastro al di sopra del nodo

Vjbd = Taglio agente nel nucleo di calcestruzzo [7.4.6/7]

vd<sub>s</sub> = Sforzo normale normalizzato del pilastro superiore (%)  
vd<sub>i</sub> = Sforzo normale normalizzato del pilastro inferiore (%)

VjbR = Resistenza a compressione del nucleo di calcestruzzo [7.4.8]

Afni = Azione di fessurazione sul nodo integro [7.4.10]  
Rfni = Resistenza a fessurazione nodo integro [7.4.10]

Vjwd = Azione agente di trazione diagonale [7.4.11/12]  
VjwR = Resistenza a trazione diagonale [7.4.11/12]

Tipo = Tipologia

2C = Doppia C lato labbri  
2Cdx = Doppia C lato costola  
2I = Doppia I  
2L = Doppia L lato labbri  
2Ldx = Doppia L lato costole

C = Sezione a C  
Cdx = C destra  
Cir. = Circolare  
Cir.c = Circolare cava

I = Sezione a I  
L = Sezione a L  
Ldx = L destra

Om. = Omega  
Pg = Pi greco  
Pr = Poligono regolare  
Prc = Poligono regolare cavo

Pc = Per coordinate

Ia = Inerzie assegnate

R = Rettangolare  
Rc = Rettangolare cava

T = Sezione a T  
U = Sezione a U  
Ur = U rovescia  
V = Sezione a V  
Vr = V rovescia  
Z = Sezione a Z  
Zdx = Z destra

Ts = T stondata  
Ls = L stondata  
Cs = C stondata  
Is = I stondata  
Dis. = Disegnata

B	= Base
H	= Altezza
Cf	= Copriferro
Cls	= Tipo di calcestruzzo
Fck	= Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo
Fctk	= Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo
Fcd	= Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
Fctd	= Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
Tp	= Tipo di acciaio
Fyk	= Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
Fyd	= Resistenza di calcolo dell'acciaio

**Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati**

Sez.	Tipo	B <cm>	H <cm>	Cf <cm>	Cls	Fck <daN/cm²>	Fctk <daN/cm²>	Fcd <daN/cm²>	Fctd <daN/cm²>	Tp	Fyk <daN/cm²>	Fyd <daN/cm²>
4R		70.00	30.00	4.00	C32/40	332.00	21.69	188.13	14.46	B450C	4500.00	3913.04

**Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione**

Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	X <cm>	N <daN>	My <daNm>	My ver. <daNm>	Mz <daNm>	Mz ver. <daNm>	Nu <daN>	MRdy <daNm>	MRdz <daNm>	α <grad>	ε <sub>y</sub>	Sic.
0.50	7	SLV	1	4	50.00	-6215.05	1679.23		-15718.60		-6215.05	3159.89	-32659.60	292.50	11.26	2.076
0.50	7	SLV	1	4	50.00	-6215.05	1679.23		-15718.60		-6215.05	3159.89	-32659.60	292.50	11.26	2.076
4.00	1	SLV	1	4	400.00	-3997.68	-5157.20		-2691.06		-3997.68	-12653.10	-6594.92	182.28	13.17	2.453

**Stato limite d'esercizio - Verifiche tensionali**

Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	X <cm>	N <daN>	Mz <daNm>	My <daNm>	AfT <cmq>	AfC <cmq>	σ <sub>c</sub> <daN/cm²>	σ <sub>f</sub> <daN/cm²>
0.50	36	SLE R	1	4	50.00	-10502.90	-7467.07	1756.20	15.08	11.06	59.95	1103.59
0.50	49	SLE R	1	4	50.00	-10151.50	-11339.70	340.08	15.08	11.06	58.95	1451.24
0.50	31	SLE Q	1	4	50.00	-7905.94	-5056.60	-88.26	13.07	13.07	25.88	516.00
0.50	36	SLE R	1	4	50.00	-10502.90	-7467.07	1756.20	15.08	11.06	59.95	1103.59
0.50	49	SLE R	1	4	50.00	-10151.50	-11339.70	340.08	15.08	11.06	58.95	1451.24
0.50	31	SLE Q	1	4	50.00	-7905.94	-5056.60	-88.26	13.07	13.07	25.88	516.00
4.00	36	SLE R	1	4	400.00	-8665.44	-1780.99	-3494.53	13.07	13.07	50.60	1003.66
4.00	31	SLE Q	1	4	400.00	-6068.44	-1893.33	-1611.33	13.07	13.07	29.33	489.91

**Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione**

Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	X <cm>	N <daN>	My <daNm>	Mz <daNm>	c <mm>	s <mm>	K3	s <sub>zm</sub> <mm>	Φ	A <sub>s</sub> <cmq>	A <sub>c eff</sub> <cmq>	σ <sub>s</sub> <daN/cm²>	σ <sub>sz</sub> <daN/cm²>	ε <sub>sm</sub>	Wk <mm>
0.50	31	SLE Q	1	4	50.00	-7905.94	-88.26	-5056.60	29.00	207.37	0.13	191.66	24.00	13.07	1003.95	516.00	1459.55	0.10	0.03
0.50	31	SLE Q	1	4	50.00	-7905.94	-88.26	-5056.60	29.00	207.37	0.13	191.66	24.00	13.07	1003.95	516.00	1459.55	0.10	0.03
4.00	31	SLE Q	1	4	400.00	-6068.44	-1611.33	-1893.33	29.00	207.37	0.13	204.08	24.00	13.07	1139.29	489.91	1197.38	0.10	0.03

**Staffe - Verifiche armatura**

X0 <m>	X1 <m>	Staff.	Br <sub>y</sub>	Br <sub>z</sub>	CC	TCC	b <sub>w,y</sub> <cm>	V <sub>sdu,y</sub> <daN>	ctgθ <sub>y</sub>	VR <sub>sd,y</sub> <daN>	VR <sub>cd,y</sub> <daN>	b <sub>w,z</sub> <cm>	V <sub>sdu,z</sub> <daN>	ctgθ <sub>z</sub>	VR <sub>sd,z</sub> <daN>	VR <sub>cd,z</sub> <daN>	Sic.T
0.50	1.20	ø8/12	2	2	32	SLU	0.30	2356.05	2.50	48754.80	60017.20	0.70	3892.08	2.50	19251.10	55295.70	4.95
0.50	1.20	ø8/12	2	2	45	SLU	0.30	5098.61	2.50	48754.80	59939.90	0.70	1243.75	2.50	19251.10	55224.50	9.56
0.50	1.20	ø8/12	2	2	16 (TG)	SLV	0.30	3890.62	2.50	48754.80	58983.90	0.70	8248.13	2.50	19251.10	54343.70	2.33
0.50	1.20	ø8/12	2	2	7 (TG)	SLV	0.30	21057.10	2.50	48754.80	59009.60	0.70	1708.76	2.50	19251.10	54367.40	2.32
1.20	3.30	ø8/18	2	2	32	SLU	0.30	2356.06	2.50	32503.20	59947.20	0.70	3213.78	2.50	12834.10	55231.20	3.99
1.20	3.30	ø8/18	2	2	45	SLU	0.30	4888.61	2.50	32503.20	59869.90	0.70	1243.75	2.50	12834.10	55160.00	6.65



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

FA07B - Relazione di calcolo strutturale

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IA5F 01 D 78 CL FA07B0 001 A 69 DI 94

1.20	3.30	ø8/18	2	2	16 (TG)	SLV	0.30	3890.62	2.50	32503.20	58983.90	0.70	8248.13	2.50	12834.10	54343.70	1.56
1.20	3.30	ø8/18	2	2	7 (TG)	SLV	0.30	21057.10	2.50	32503.20	59009.60	0.70	1708.76	2.50	12834.10	54367.40	1.54
3.30	4.00	ø8/12	2	2	45	SLU	0.30	4258.61	2.50	48754.80	59659.90	0.70	1243.75	2.50	19251.10	54966.60	11.45
3.30	4.00	ø8/12	2	2	16 (TG)	SLV	0.30	3890.62	2.50	48754.80	58983.90	0.70	8248.13	2.50	19251.10	54343.70	2.33
3.30	4.00	ø8/12	2	2	7 (TG)	SLV	0.30	21057.10	2.50	48754.80	59009.60	0.70	1708.76	2.50	19251.10	54367.40	2.32

#### Caratteristiche nodi trave-pilastro

Nodo	Conf.	Staff.	F.	Mod.	Br.	As1 <cmq>	As2 <cmq>	Bj <m>	Hjc <m>	Hjw <m>	Ash <cmq>
3N		ø10/ 7	Y-E		2	4.02	4.02	0.30	0.62	0.32	9.42
			Z-E		2	6.03	4.02	0.45	0.22	0.32	9.42

#### Verifiche nodi trave-pilastro

Nodo	F.	CC	TCC	Vc <daN>	Vjbd <daN>	vd <sub>s</sub>	vd <sub>i</sub>	Vjbr <daN>	Afni <daN/mq>	Rfni <daN/mq>	Vjwd <daN>	Vjwr <daN>
3Y-	1	SLV		0.00	17308.80	0.00	1.01	144720.00	0.00	386578.00	---	---
Z-	1	SLV		0.00	25963.20	0.00	1.01	76118.90	348742.00	257719.00	17168.70	36879.60

### 8.6.2 Verifica limitazioni armatura

Resta da verificare che l'armatura determinata in funzione delle sollecitazioni agenti rispetti le limitazioni riportate nel punto 7.4.6.2.2 delle NTC2018:


- Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm;
- Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica  $\rho$  di armatura longitudinale, con  $\rho$  rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti:

$$1\% < \rho < 4\%$$

- Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti: le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe; almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o legature; le barre non fissate si devono trovare a meno di 20 cm da una barra fissata per CDB.
- Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm ed il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:
  - 1/2 del lato minore della sezione trasversale per CDB;
  - 175 mm (per CD"B");
  - 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali che collegano (per CD"B")
- li devono disporre staffe in un quantitativo minimo non inferiore a:

$$\frac{A_{st}}{s} = 0.08 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}}$$

Nel caso specifico risulta:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>				
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A

- Le staffe orizzontali presenti lungo l'altezza del nodo devono verificare la seguente condizione  
 Nella quale  $n_{st}$  e  $A_{st}$  sono rispettivamente il numero di bracci e l'area della sezione trasversale della barra della singola staffa orizzontale,  $i$  è l'interasse, e  $b_j$  è la larghezza utile del nodo determinata come segue:
  - se la trave ha una larghezza  $b_w$  superiore a quella del pilastro  $b_c$ , allora  $b_j$  è il valore minimo fra  $b_w$  e  $b_c + h_c/2$ , essendo  $h_c$  la dimensione della sezione della colonna parallela alla trave;
  - se la trave ha una larghezza  $b_w$  inferiore a quella del pilastro  $b_c$ , allora  $b_j$  è il valore minimo fra  $b_c$  e  $b_w + h_c/2$ .

Devono inoltre essere rispettati i limiti riportati al punto 4.1.6.1.2 delle NTC2018:

- Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm. Inoltre la loro area non deve essere inferiore a :

$$A_{s,min} = (0.10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}})$$

e comunque non minore di 0.003  $A_c$ ;

dove:

$N_{Ed}$  rappresenta lo sforzo di compressione assiale di calcolo;

$A_c$  è l'area di calcestruzzo;

$f_{yd}$  è il valore della resistenza di calcolo dell'armatura.

Nel caso in esame risulta:

#### Dati Geometrici

Pilastro:	Base	b=	30,0cm
	Altezza sez.	h=	70,0cm
	Copriferro	c=	3,0cm
	Altezza pil.	hp=	400,0cm
	Altezza libera	hl=	400,0cm

OK

Lim. Geom. 7.4.6.1.2	
b≥	25cm

#### Est. zone critiche 7.4.6.1.2

h	70,0cm
h/6	66,7cm
45 cm	45,0cm
hl se hl<3xh	0
<b>Lc=</b>	<b>70,0cm</b>

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO 	REV. A

### Dati di armatura

Tipo CLS	C32/40	(min C20/25)	D.M.(7.4.2.1)
Tipo Acciaio	B450C	(B450C)	D.M.(7.4.2.2)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

fck=	33,2	fcd=	18,81	D.M.(4.1.2.1.1.1)	fctm=	3,10	D.M.(11.2.10.2)
fyk=	450	fyd=	391,30	D.M.(4.1.2.1.1.3)			

Diametro armatura long.	24	$\geq \phi 12$	
Diametro staffe	8	$\geq \phi 6$	<b>OK</b> $\geq (1/4)\phi \text{ long}$

### Armatura longitudinale

n°ferri "b"	n°ferri "h"	n°ferri_tot =	8
4	8	As+A's=	26,14cm <sup>2</sup>
<i>tot sui due lati</i>	<i>tot sui due lati</i>		

### Limitazioni Armatura longitudinale 7.4.6.2.2


$\rho$	Arm. min.	Arm. max.	limitazioni	
1,24%	21,0cm <sup>2</sup>	84,00cm <sup>2</sup>	$1\% \leq \rho \leq 4\%$	<b>OK</b>

### Limitazioni Armatura longitudinale 4.1.6.1.2

Arm. min.	Arm. max.	
6,3	84	<b>OK</b>

Inter. Ferri "b"	24,0cm	<b>OK</b>	$\leq 25$	<b>OK</b>	$\leq 12 * \phi \text{ long}$	28,8
Inter. Ferri "h"	21,3cm	<b>OK</b>	$\leq 25$	<b>OK</b>	$\leq 12 * \phi \text{ long}$	28,8

Si riscontra, pertanto, che l'armatura dei pilastri rispetta i limiti prescritti dalle NTC2018.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IASF	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 72 DI 94

## 8.7 PILASTRI (30X40)

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dei pilastri aventi sezione rettangolare di dimensioni 30x40 cm. Le verifiche saranno condotte per i differenti stati limite ed in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate dell'elemento per effetto delle combinazioni di carico più gravose.

Preliminarmente alla verifica di resistenza dei pilastri allo SLU è necessario valutare la stabilità degli elementi snelli. Tali verifiche devono essere condotte attraverso un'analisi del secondo ordine che tenga conto degli effetti flessionali delle azioni assiali sulla configurazione deformata degli elementi stessi. In via approssimativa gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza  $\lambda$  non supera il valore limite (4.1.2.1.7-NTC2018):

$$\lambda_{lim} = 15.4 \cdot \frac{C}{\sqrt{\nu}}$$

dove:

$\nu = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$  è l'azione assiale adimensionale;

$C = 1,7 - r_m$  dipende dalla distribuzione dei momenti del primo ordine;

$r_m = M_{01} / M_{02}$  rapporto tra i momenti flettenti del primo ordine alle due estremità del pilastro (con  $M_{02} \geq M_{01}$ ).

E' stata valutata la snellezza  $\lambda$  del pilastro:

### SNELLEZZA LIMITE PILASTRI

$$\lambda_{lim} = 15.4 \cdot \frac{C}{\sqrt{\nu}}$$

NED =	1481490	N
B=	300	mm
H=	400	mm
fcd=	18.810	N/mm <sup>2</sup>

$\nu$  0.6563

C 1.984

Mtesta	16350000	Nxmm
Mpiede	57570000	Nxmm
$r_m$	0.2840	

$\lambda$  limite 57.333

#### SNELLEZZA PILASTRO

J min	900000000	mm <sup>4</sup>
$\rho$ min	86.603	mm

$\beta$	1	
L0	4000	mm

$\lambda$  pilastro 46.188

La verifica risulta soddisfatta.



### 8.7.1 Verifica a flessione

Nelle tabelle seguenti sono riportate le sollecitazioni ottenute agli SLU statico e simico ed agli SLE (rara, frequente e quasi permanente).

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
25	SLU	0.00	-144.195	18.047	-98.423	-10.925	7.661	-0.002
25	SLU	4.00	-116.895	18.047	-26.233	-10.925	-36.039	-0.002
26	SLU	0.00	-139.021	17.254	-95.047	-10.186	6.785	-0.002
26	SLU	4.00	-111.721	17.254	-26.030	-10.186	-33.958	-0.002
32	SLU	0.00	-148.590	23.561	-117.438	-43.766	47.155	1.035
32	SLU	4.00	-121.290	23.561	-23.195	-5.006	-50.389	1.035
33	SLU	0.00	-143.416	22.767	-114.062	-43.027	46.279	1.035
33	SLU	4.00	-116.116	22.767	-22.993	-4.267	-48.308	1.035
34	SLU	0.00	-146.832	21.355	-109.832	-30.630	31.357	0.621
34	SLU	4.00	-119.532	21.355	-24.410	-7.373	-44.649	0.621
35	SLU	0.00	-141.658	20.562	-106.456	-29.890	30.481	0.621
35	SLU	4.00	-114.358	20.562	-24.208	-6.634	-42.568	0.621
45	SLU	0.00	-143.319	52.486	-189.615	-12.438	11.460	-0.372
45	SLU	4.00	-116.019	40.486	-3.671	-12.438	-38.290	-0.372
46	SLU	0.00	-138.145	51.693	-186.240	-11.698	10.584	-0.372
46	SLU	4.00	-110.845	39.693	-3.468	-11.698	-36.209	-0.372
47	SLU	0.00	-143.669	38.711	-153.138	-11.832	9.941	-0.224
47	SLU	4.00	-116.369	31.511	-12.695	-11.832	-37.389	-0.224
48	SLU	0.00	-138.496	37.917	-149.763	-11.093	9.065	-0.224
48	SLU	4.00	-111.196	30.717	-12.493	-11.093	-35.309	-0.224

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
27	SLE R	0.00	-104.724	12.571	-70.117	-7.643	5.194	-0.001
27	SLE R	4.00	-83.724	12.571	-19.835	-7.643	-25.379	-0.001
28	SLE R	0.00	-101.275	12.042	-67.867	-7.150	4.610	-0.001
28	SLE R	4.00	-80.275	12.042	-19.700	-7.150	-23.992	-0.001
36	SLE R	0.00	-107.654	16.246	-82.794	-29.537	31.523	0.690
36	SLE R	4.00	-86.654	16.246	-17.810	-3.697	-34.945	0.690
37	SLE R	0.00	-104.205	15.717	-80.543	-29.044	30.939	0.690
37	SLE R	4.00	-83.205	15.717	-17.675	-3.204	-33.558	0.690
38	SLE R	0.00	-106.482	14.776	-77.723	-20.779	20.992	0.414
38	SLE R	4.00	-85.482	14.776	-18.620	-5.276	-31.119	0.414
39	SLE R	0.00	-103.033	14.247	-75.473	-20.287	20.408	0.414
39	SLE R	4.00	-82.033	14.247	-18.485	-4.783	-29.732	0.414
49	SLE R	0.00	-104.140	35.530	-130.912	-8.652	7.727	-0.248
49	SLE R	4.00	-83.140	27.530	-4.794	-8.652	-26.880	-0.248
50	SLE R	0.00	-100.691	35.001	-128.662	-8.159	7.143	-0.248

50	SLE R	4.00	-79.691	27.001	-4.659	-8.159	-25.493	-0.248
51	SLE R	0.00	-104.374	26.346	-106.594	-8.248	6.714	-0.149
51	SLE R	4.00	-83.374	21.546	-10.810	-8.248	-26.279	-0.149
52	SLE R	0.00	-100.925	25.817	-104.344	-7.755	6.130	-0.149
52	SLE R	4.00	-79.925	21.017	-10.675	-7.755	-24.892	-0.149


CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
29	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
29	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
30	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
30	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
40	SLE F	0.00	-86.189	10.374	-60.177	-9.290	7.222	0.137
40	SLE F	4.00	-65.189	10.374	-18.682	-4.122	-19.602	0.137
41	SLE F	0.00	-86.189	10.374	-60.177	-9.290	7.222	0.137
41	SLE F	4.00	-65.189	10.374	-18.682	-4.122	-19.602	0.137
42	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
42	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
43	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
43	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
53	SLE F	0.00	-85.486	14.230	-69.800	-5.113	2.463	-0.050
53	SLE F	4.00	-64.486	12.630	-16.078	-5.113	-17.989	-0.050
54	SLE F	0.00	-85.486	14.230	-69.800	-5.113	2.463	-0.050
54	SLE F	4.00	-64.486	12.630	-16.078	-5.113	-17.989	-0.050
55	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
55	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001
56	SLE F	0.00	-85.603	9.639	-57.641	-4.911	1.957	-0.001
56	SLE F	4.00	-64.603	9.639	-19.087	-4.911	-17.689	-0.001

CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
31	SLE Q	0.00	-81.684	9.038	-55.085	-4.352	1.293	-0.001
31	SLE Q	4.00	-60.684	9.038	-18.933	-4.352	-16.113	-0.001
44	SLE Q	0.00	-81.684	9.038	-55.085	-4.352	1.293	-0.001
44	SLE Q	4.00	-60.684	9.038	-18.933	-4.352	-16.113	-0.001
57	SLE Q	0.00	-81.684	9.038	-55.085	-4.352	1.293	-0.001
57	SLE Q	4.00	-60.684	9.038	-18.933	-4.352	-16.113	-0.001

### Pilastrini interni

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale del pilastro:

- Armatura d'angolo 4  $\Phi$  24
- Armatura interne lato lungo 2+2  $\Phi$  20

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 75 DI 94

- Armatura interne lato corto 1+1  $\Phi$  20

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU ed agli SLE (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di incastro e di campata sono state condotte con il supporto di un postprocessore considerando le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente.

Essendo i pilastri orientati in maniera diversa sono state eseguite le verifiche coerentemente con l'orientamento degli assi locali definiti nel modello di calcolo.

## Pilastrata n. 11

Nodi: 12 11

### Simbologia

Xg	= Coordinata progressiva (dal primo nodo) in cui viene effettuato il progetto/verifica
CC	= Combinazione delle condizioni di carico elementari e = eccentricità aggiuntiva in caso di compressione o pressoflessione $\alpha$ = amplificazione per gerarchia delle resistenze TG = taglio da gerarchia delle resistenze
TCC	= Tipo di combinazione di carico SLU = Stato limite ultimo SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica) SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente SLD = Stato limite di danno SLV = Stato limite di salvaguardia della vita SLC = Stato limite di prevenzione del collasso SLO = Stato limite di operatività SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco SND = Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
El	= Elemento (asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica (progressivo sul numero di aste)
Sez.	= Numero della sezione
X	= Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale
N	= Sforzo normale
Mz	= Momento flettente intorno all'asse Z
My	= Momento flettente intorno all'asse Y
My ver.	= Momento flettente di verifica intorno all'asse Y
c	= Ricoprimento dell'armatura
s	= Distanza minima tra le barre
K3	= Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione
s <sub>zm</sub>	= Distanza media tra le fessure
$\Phi$	= Diametro della barra
A <sub>s</sub>	= Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace
A <sub>c eff</sub>	= Area di calcestruzzo efficace
$\sigma_s$	= Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata
$\sigma_{sr}$	= Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo
$\epsilon_{sm}$	= Deformazione unitaria media dell'armatura (*1000)
Wk	= Apertura delle fessure
M	= Momento flettente
MRd	= Momento resistente allo stato limite ultimo
$\mu\Phi$	= Valore di progetto della duttilità di curvatura
Mz ver.	= Momento flettente di verifica intorno all'asse Z
Nu	= Sforzo normale ultimo

MRdy	= Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y
MRdz	= Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Z
$\alpha$	= Angolo asse neutro a rottura
$\epsilon_y$	= Deformazione nell'acciaio (*1000)
Sic.	= Sicurezza a rottura
AfT	= Area di ferro tesa
AfC	= Area di ferro compressa
$\sigma_c$	= Tensione nel calcestruzzo
$\sigma_f$	= Tensione nel ferro
X0	= Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) dell'inizio del tratto
X1	= Coordinata progressiva (dal nodo iniziale) della fine del tratto
Staff.	= Staffatura adottata
Br <sub>y</sub>	= Numero bracci in dir. Y locale
Br <sub>z</sub>	= Numero bracci in dir. Z locale
bw <sub>y</sub>	= Larghezza membratura resistente al taglio in dir. Y
Vsdu <sub>y</sub>	= Taglio agente in dir. Y
ctg $\theta_{y}$	= Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo in dir. Y
VRsd <sub>y</sub>	= Taglio ultimo lato armatura in dir. Y
VRcd <sub>y</sub>	= Taglio ultimo lato calcestruzzo in dir. Y
bw <sub>z</sub>	= Larghezza membratura resistente al taglio in dir. Z
Vsdu <sub>z</sub>	= Taglio agente in dir. Z
ctg $\theta_{z}$	= Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo in dir. Z
VRsd <sub>z</sub>	= Taglio ultimo lato armatura in dir. Z
VRcd <sub>z</sub>	= Taglio ultimo lato calcestruzzo in dir. Z
Sic.T	= Sicurezza a rottura per taglio
Nodo	= Numero del nodo
Conf.	= Nodo confinato
	S = Sì
	N = No
F.	= Identificativo faccia del nodo
	Y+ = Faccia sul lato positivo Y locale pilastro
	Z+ = Faccia sul lato positivo Z locale pilastro
	Y- = Faccia sul lato negativo Y locale pilastro
	Z- = Faccia sul lato negativo Z locale pilastro
Mod.	= Modalità di verifica faccia
	I = Interna
	E = Esterna
Br.	= Numero bracci
As1	= Area di ferro superiore delle travi incidenti sulla faccia
As2	= Area di ferro inferiore delle travi incidenti sulla faccia
Bj	= Larghezza effettiva utile del nodo
Hjc	= Distanza tra armature pilastro
Hjw	= Distanza tra armature trave
Ash	= Area totale della sezione della staffa
Vc	= Taglio nel pilastro al di sopra del nodo
Vjbd	= Taglio agente nel nucleo di calcestruzzo [7.4.6/7]
vd <sub>s</sub>	= Sforzo normale normalizzato del pilastro superiore (%)
vd <sub>i</sub>	= Sforzo normale normalizzato del pilastro inferiore (%)
Vjbr	= Resistenza a compressione del nucleo di calcestruzzo [7.4.8]
Afni	= Azione di fessurazione sul nodo integro [7.4.10]
Rfni	= Resistenza a fessurazione nodo integro [7.4.10]
Vjwd	= Azione agente di trazione diagonale [7.4.11/12]
VjwR	= Resistenza a trazione diagonale [7.4.11/12]
Tipo	= Tipologia
	2C = Doppia C lato labbri



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

FA07B - Relazione di calcolo strutturale

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IA5F 01 D 78 CL FA07B0 001 A 77 DI 94

2Cdx = Doppia C lato costola  
2I = Doppia I  
2L = Doppia L lato labbri  
2Ldx = Doppia L lato costole  
C = Sezione a C  
Cdx = C destra  
Cir. = Circolare  
Cir.c = Circolare cava  
I = Sezione a I  
L = Sezione a L  
Ldx = L destra  
Om. = Omega  
Pg = Pi greco  
Pr = Poligono regolare  
Prc = Poligono regolare cavo  
Pc = Per coordinate  
Ia = Inerzie assegnate  
R = Rettangolare  
Rc = Rettangolare cava  
T = Sezione a T  
U = Sezione a U  
Ur = U rovescia  
V = Sezione a V  
Vr = V rovescia  
Z = Sezione a Z  
Zdx = Z destra  
Ts = T stondata  
Ls = L stondata  
Cs = C stondata  
Is = I stondata  
Dis. = Disegnata

B = Base  
H = Altezza  
Cf = Copriferro  
Cls = Tipo di calcestruzzo  
Fck = Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo  
Fctk = Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo  
Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  
Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo  
Tp = Tipo di acciaio  
Fyk = Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  
Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio

#### Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Sez.	Tipo	B <cm>	H <cm>	Cf <cm>	Cls	Fck <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fcd <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctd <daN/cm <sup>2</sup> >	Tp	Fyk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fyd <daN/cm <sup>2</sup> >
3R		30.00	40.00	4.00	C32/40	332.00	21.69	188.13	14.46	B450C	4500.00	3913.04

#### Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione

Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	X <cm>	N <daN>	My <daNm>	My ver. <daNm>	Mz <daNm>	Mz ver. <daNm>	Nu <daN>	MRdy <daNm>	MRdz <daNm>	α <grad>	ε <sub>y</sub>	Sic.
0.50	13	SLV	1	3	50.00	-15899.20	-4687.96		-1426.12		-15899.20	-20512.70	-6206.43	210.94	4.53	4.374
0.50	13	SLV	1	3	50.00	-15899.20	-4687.96		-1426.12		-15899.20	-20512.70	-6206.43	210.94	4.53	4.374
4.00	13	SLV	1	3	400.00	-14849.20	5757.96		-1635.08		-14849.20	20853.20	-5630.80	331.88	4.71	3.609



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

FA07B - Relazione di calcolo strutturale

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IA5F 01 D 78 CL FA07B0 001 A 78 DI 94

Stato limite d'esercizio - Verifiche tensionali

Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	X <cm>	N <daN>	Mz <daNm>	My <daNm>	AfT <cmq>	AfC <cmq>	$\sigma_c$ <daN/cmq>	$\sigma_f$ <daN/cmq>
0.50	49	SLE R	1	3	50.00	-23419.40	-2678.94	-293.54	15.33	21.61	46.68	555.89
0.50	50	SLE R	1	3	50.00	-22446.80	-2634.33	-276.42	15.33	21.61	45.60	541.24
0.50	31	SLE Q	1	3	50.00	-16512.80	-703.00	-109.58	0.00	36.95	17.51	230.33
0.50	49	SLE R	1	3	50.00	-23419.40	-2678.94	-293.54	15.33	21.61	46.68	555.89
0.50	50	SLE R	1	3	50.00	-22446.80	-2634.33	-276.42	15.33	21.61	45.60	541.24
0.50	31	SLE Q	1	3	50.00	-16512.80	-703.00	-109.58	0.00	36.95	17.51	230.33
4.00	27	SLE R	1	3	400.00	-21959.50	-865.67	1363.48	4.52	32.42	32.44	415.51
4.00	28	SLE R	1	3	400.00	-20986.90	-873.88	1291.76	4.52	32.42	31.45	401.88
4.00	31	SLE Q	1	3	400.00	-15462.80	-920.48	884.38	7.67	29.28	25.97	325.62

Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione

Xg <m>	CC	TCC	El	Sez.	X <cm>	N <daN>	My <daNm>	Mz <daNm>	c <mm>	s <mm>	K3	$s_{zm}$ <mm>	$\Phi$	$A_s$ <cmq>	$A_{c\ eff}$ <cmq>	$\sigma_s$ <daN/cmq>	$\sigma_{sz}$ <daN/cmq>	$\epsilon_{sm}$	Wk <mm>
4.00	31	SLE Q	1	3	400.00	-15462.80	884.38	-920.48	29.00	106.69	0.13	157.26	24.00	7.67	497.77	69.25	342.15	0.01	0.00

Staffe - Verifiche armatura

X0 <m>	X1 <m>	Staff.	Br <sub>y</sub>	Br <sub>z</sub>	CC	TCC	$b_{w,y}$ <m>	$V_{sdu,y}$ <daN>	$ctg\theta_{,y}$	$V_{Rsd,y}$ <daN>	$V_{Rcd,y}$ <daN>	$b_{w,z}$ <m>	$V_{sdu,z}$ <daN>	$ctg\theta_{,z}$	$V_{Rsd,z}$ <daN>	$V_{Rcd,z}$ <daN>	Sic.T
0.50	1.08	ø8/10	2	2	33	SLU	0.40	53.58	2.50	23101.40	34649.50	0.30	1178.90	2.50	31952.50	35943.80	27.10
0.50	1.08	ø8/10	2	2	45	SLU	0.40	3103.47	2.50	23101.40	34910.40	0.30	697.72	2.50	31952.50	36214.60	7.44
0.50	1.08	ø8/10	2	2	1(TG)	SLV	0.40	3902.55	2.50	23101.40	32487.00	0.30	12868.90	2.50	31952.50	33700.60	2.48
0.50	1.08	ø8/10	2	2	13(TG)	SLV	0.40	3895.29	2.50	23101.40	32643.10	0.30	12925.90	2.50	31952.50	33862.50	2.47
0.50	1.08	ø8/10	2	2	10(TG)	SLV	0.40	10629.80	2.50	23101.40	32652.10	0.30	3195.21	2.50	31952.50	33871.90	2.17
1.08	3.42	ø8/20	2	2	33	SLU	0.40	53.58	2.50	11550.70	34618.70	0.30	1056.40	2.50	15976.20	35912.00	15.12
1.08	3.42	ø8/20	2	2	45	SLU	0.40	2403.47	2.50	11550.70	34879.70	0.30	697.72	2.50	15976.20	36182.70	4.81
1.08	3.42	ø8/20	2	2	1(TG)	SLV	0.40	3902.55	2.50	11550.70	32487.00	0.30	12868.90	2.50	15976.20	33700.60	1.24
1.08	3.42	ø8/20	2	2	13(TG)	SLV	0.40	3895.29	2.50	11550.70	32643.10	0.30	12925.90	2.50	15976.20	33862.50	1.24
1.08	3.42	ø8/20	2	2	10(TG)	SLV	0.40	10629.80	2.50	11550.70	32652.10	0.30	3195.21	2.50	15976.20	33871.90	1.09
3.42	4.00	ø8/10	2	2	45	SLU	0.40	1096.53	2.50	23101.40	34756.90	0.30	697.72	2.50	31952.50	36055.30	21.07
3.42	4.00	ø8/10	2	2	46	SLU	0.40	1119.16	2.50	23101.40	34559.90	0.30	659.64	2.50	31952.50	35850.90	20.64
3.42	4.00	ø8/10	2	2	1(TG)	SLV	0.40	3902.55	2.50	23101.40	32487.00	0.30	12868.90	2.50	31952.50	33700.60	2.48
3.42	4.00	ø8/10	2	2	13(TG)	SLV	0.40	3895.29	2.50	23101.40	32643.10	0.30	12925.90	2.50	31952.50	33862.50	2.47
3.42	4.00	ø8/10	2	2	10(TG)	SLV	0.40	10629.80	2.50	23101.40	32652.10	0.30	3195.21	2.50	31952.50	33871.90	2.17

Caratteristiche nodi trave-pilastro

Nodo	Conf.	Staff.	F.	Mod.	Br.	As1 <cmq>	As2 <cmq>	Bj <m>	Hjc <m>	Hjw <m>	Ash <cmq>
11N		ø12/ 7	Z+	I	4	12.06	8.04	0.30	0.31	0.32	27.14
			Y-	E	4	6.03	6.03	0.40	0.21	0.32	27.14
			Z-	I	4	12.06	8.04	0.30	0.31	0.32	27.14

Verifiche nodi trave-pilastro

Nodo	F.	CC	TCC	Vc <daN>	Vjbd <daN>	vd <sub>s</sub>	vd <sub>i</sub>	Vjbr <daN>	Afni <daN/mq>	Rfni <daN/mq>	Vjwd <daN>	Vjwr <daN>
11Z+	1	SLV	0.00	86544.10	0.00	6.59	91624.60	5766960.00	1113340.00	86544.10	106213.00	
Y-	1	SLV	0.00	25963.20	0.00	6.59	66408.30	503577.00	835010.00	---	---	
Z-	1	SLV	0.00	86544.10	0.00	6.59	91624.60	5766960.00	1113340.00	86544.10	106213.00	

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO 	REV. A

### 8.7.2 Verifica limitazioni armatura

Resta da verificare che l'armatura determinata in funzione delle sollecitazioni agenti rispetti le limitazioni riportate nel punto 7.4.6.2.2 delle NTC2018:

- Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm;
- Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica  $\rho$  di armatura longitudinale, con  $\rho$  rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti:

$$1\% < \rho < 4\%$$

- Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti: le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe; almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o legature; le barre non fissate si devono trovare a meno di 20 cm da una barra fissata per CDB.
- Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm ed il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:
  - 1/2 del lato minore della sezione trasversale per CDB;
  - 175 mm (per CD"B");
  - 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali che collegano (per CD"B")
- li devono disporre staffe in un quantitativo minimo non inferiore a:

$$\frac{A_{st}}{s} = 0.08 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}}$$

Nel caso specifico risulta:

- Le staffe orizzontali presenti lungo l'altezza del nodo devono verificare la seguente condizione  
Nella quale  $n_{st}$  e  $A_{st}$  sono rispettivamente il numero di bracci e l'area della sezione trasversale della barra della singola staffa orizzontale,  $i$  è l'interasse, e  $b_j$  è la larghezza utile del nodo determinata come segue:
  - se la trave ha una larghezza  $b_w$  superiore a quella del pilastro  $b_c$ , allora  $b_j$  è il valore minimo fra  $b_w$  e  $b_c + h_c/2$ , essendo  $h_c$  la dimensione della sezione della colonna parallela alla trave;
  - se la trave ha una larghezza  $b_w$  inferiore a quella del pilastro  $b_c$ , allora  $b_j$  è il valore minimo fra  $b_c$  e  $b_w + h_c/2$ .

Devono inoltre essere rispettati i limiti riportati al punto 4.1.6.1.2 delle NTC2018:

- Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm. Inoltre la loro area non deve essere inferiore a :

$$A_{s,\min} = (0.10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}})$$

e comunque non minore di 0.003  $A_c$ ;  
dove:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO 	REV. A

$N_{Ed}$  rappresenta lo sforzo di compressione assiale di calcolo;

$A_c$  è l'area di calcestruzzo;

$f_{yd}$  è il valore della resistenza di calcolo dell'armatura.

Nel caso in esame risulta:

### Dati Geometrici

Pilastro:	Base	b=	30,0cm	OK
	Altezza sez. Copriferro	h=	40,0cm	
	Copriferro	c=	3,0cm	
	Altezza pil.	hp=	400,0cm	
	Altezza libera	hl=	400,0cm	

Lim. Geom. 7.4.6.1.2	
b $\geq$	25cm

### Est. zone critiche 7.4.6.1.2

h	40,0cm
hl/6	66,7cm
45 cm	45,0cm
hl se hl<3xh	0
<b>Lc=</b>	<b>66,7cm</b>

### Dati di armatura

Tipo CLS	C32/40	(min C20/25)	D.M.(7.4.2.1)
Tipo Acciaio	B450C	(B450C)	D.M.(7.4.2.2)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

f <sub>ck</sub> =	33,2	f <sub>cd</sub> =	18,81	D.M.(4.1.2.1.1.1)	f <sub>ctm</sub> =	3,10	D.M.(11.2.10.2)
f <sub>yk</sub> =	450	f <sub>yd</sub> =	391,30	D.M.(4.1.2.1.1.3)			

Diametro armatura long.	24	$\geq \phi 12$	OK	$\geq (1/4)\phi \text{ long}$
Diametro staffe	8	$\geq \phi 6$		

### Armatura longitudinale

n°ferri "b"	n°ferri "h"	n°ferri_tot = 10
6	8	
tot sui due lati	tot sui due lati	As+A's= 36,95cm <sup>2</sup>

### Limitazioni Armatura longitudinale 7.4.6.2.2

$\rho$	Arm. min.	Arm. max.	limitazioni	OK
3,08%	12,0cm <sup>2</sup>	48,00cm <sup>2</sup>	1% $\leq \rho \leq$ 4%	

### Limitazioni Armatura longitudinale 4.1.6.1.2

Arm. min.	Arm. max.	OK
3,6	48	

Inter. Ferri "b"	12,0cm	OK	$\leq 25$	OK	$\leq 12*\phi \text{ long}$ 28,8
Inter. Ferri "h"	11,3cm	OK	$\leq 25$	OK	$\leq 12*\phi \text{ long}$ 28,8

Si riscontra, pertanto, che l'armatura dei pilastri rispetta i limiti prescritti dalle NTC2018.



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA07B0 001	DOCUMENTO 	REV. A

## 8.8 VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI (SLO)

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso I e II si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti eccessivi d'interpiano, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti d'interpiano ottenuti dall'analisi in presenza di dell'azione sismica di progetto relativa allo SLD siano inferiori a:

$$d_r \leq 0,01h$$

per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano, per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura.

Considerando h altezza d'interpiano che vale 4,00 m si ottiene che deve essere:

$$d_r < 0,04 \text{ m.}$$

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso III e IV si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO siano inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

$$U1 = d_r = 0,0071 \text{ m} < 2 \cdot 0,01 \cdot h / 3 = 0,04 \cdot 2/3 = 0,0266 \text{ m.}$$

Si riporta di seguito la tabella degli spostamenti calcolati in testa ai pilastri nella combinazione più gravosa SLO\_Uy.

N1	N2	h	$\delta$	$\delta/h$	CC	N1	N2	h	$\delta$	$\delta/h$	CC	N1	N2	h	$\delta$	$\delta/h$	CC	N1	N2	h	$\delta$	$\delta/h$	CC						
		<m>	<cm>					<m>	<cm>					<m>	<cm>					<m>	<cm>								
1	4	4.40	0.71	1.61	24	2	3	4.40	0.71	1.61	9	5	6	4.40	0.68	1.55	24	7	8	4.40	0.68	1.55	9	9	10	4.40	0.68	1.55	9
12	11	4.40	0.66	1.50	6	13	14	4.40	0.68	1.55	21	16	15	4.40	0.68	1.55	12	17	18	4.40	0.71	1.62	21	20	19	4.40	0.71	1.62	21

Come si vede in tabella lo spostamento massimo 0.0071 m è inferiore di quello ammissibile

## 9 FONDAZIONI

Le fondazioni dell'edificio sono di tipo diretto, costituite da una platea in c.a. di spessore 40 cm. Al di sotto delle fondazioni è previsto uno strato di magrone di spessore 0.10 m debordante l'impronta delle fondazioni di 0.10 m.

### 9.1 PLATEA DI FONDAZIONE

Nelle verifiche agli stati limite ultimi finalizzate al dimensionamento strutturale (STR), si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi che costituiscono la fondazione. Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche.

Le fondazioni superficiali sono verificate in condizioni sismiche e in condizioni statiche:

- In condizioni sismiche utilizzando le sollecitazioni ottenute amplificando i valori nelle SLV mediante il coefficiente 1,1. (combinazione di carico 1,1 x SLV) ed utilizzando le sollecitazioni ottenute amplificando i valori nelle SLD mediante il coefficiente 1,1 (combinazione di carico 1,1 x SLD), secondo quanto prescritto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC 2008.
- In condizioni statiche utilizzando le sollecitazioni non amplificate della combinazione non sismica SLU.
- Inoltre sono state eseguite le verifiche a fessurazione e delle tensioni di esercizio per le combinazioni relative allo SLE.

Seguono tabelle delle sollecitazioni ottenute per la platea di fondazione nelle combinazioni statiche sismiche e agli stati limite.

CC	TCC	Nodi	sxx <kN/mq>	szz <kN/mq>	txz <kN/mq>	Mxx <kNm/m>	Mzz <kNm/m>	Mxz <kNm/m>	tzy <kN/mq>	txy <kN/mq>
25	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-3.208	-55.415	0.922	2.057	0.378
25	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-3.208	-55.415	0.922	2.057	0.378
25	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-3.208	-55.415	0.922	2.057	0.378
25	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-3.208	-55.415	0.922	2.057	0.378
26	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-3.102	-53.558	0.880	2.009	0.344
26	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-3.102	-53.558	0.880	2.009	0.344
26	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-3.102	-53.558	0.880	2.009	0.344
26	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-3.102	-53.558	0.880	2.009	0.344
32	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-2.911	-55.462	0.860	1.061	0.373
32	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-2.911	-55.462	0.860	1.061	0.373
32	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-2.911	-55.462	0.860	1.061	0.373
32	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-2.911	-55.462	0.860	1.061	0.373
33	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-2.804	-53.605	0.818	1.012	0.339
33	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-2.804	-53.605	0.818	1.012	0.339
33	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-2.804	-53.605	0.818	1.012	0.339
33	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-2.804	-53.605	0.818	1.012	0.339
34	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-3.030	-55.444	0.885	1.459	0.375
34	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-3.030	-55.444	0.885	1.459	0.375
34	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-3.030	-55.444	0.885	1.459	0.375
34	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-3.030	-55.444	0.885	1.459	0.375
35	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-2.923	-53.586	0.843	1.411	0.341

35	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-2.923	-53.586	0.843	1.411	0.341
35	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-2.923	-53.586	0.843	1.411	0.341
35	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-2.923	-53.586	0.843	1.411	0.341
45	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-3.549	-57.815	0.816	9.399	-2.245
45	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-3.549	-57.815	0.816	9.399	-2.245
45	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-3.549	-57.815	0.816	9.399	-2.245
45	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-3.549	-57.815	0.816	9.399	-2.245
46	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-3.443	-55.958	0.774	9.350	-2.279
46	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-3.443	-55.958	0.774	9.350	-2.279
46	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-3.443	-55.958	0.774	9.350	-2.279
46	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-3.443	-55.958	0.774	9.350	-2.279
47	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-3.413	-56.855	0.858	6.462	-1.196
47	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-3.413	-56.855	0.858	6.462	-1.196
47	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-3.413	-56.855	0.858	6.462	-1.196
47	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-3.413	-56.855	0.858	6.462	-1.196
48	SLU	201	0.000	0.000	0.000	-3.307	-54.998	0.816	6.414	-1.230
48	SLU	202	0.000	0.000	0.000	-3.307	-54.998	0.816	6.414	-1.230
48	SLU	222	0.000	0.000	0.000	-3.307	-54.998	0.816	6.414	-1.230
48	SLU	221	0.000	0.000	0.000	-3.307	-54.998	0.816	6.414	-1.230

CC	TCC	Nodi	sxx <kN/mq>	szz <kN/mq>	txz <kN/mq>	Mxx <kNm/m>	Mzz <kNm/m>	Mxz <kNm/m>	tzy <kN/mq>	txy <kN/mq>
27	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.246	-39.184	0.658	1.476	0.252
27	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.246	-39.184	0.658	1.476	0.252
27	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.246	-39.184	0.658	1.476	0.252
27	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.246	-39.184	0.658	1.476	0.252
28	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.175	-37.946	0.630	1.444	0.230
28	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.175	-37.946	0.630	1.444	0.230
28	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.175	-37.946	0.630	1.444	0.230
28	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.175	-37.946	0.630	1.444	0.230
36	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.048	-39.215	0.617	0.812	0.249
36	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.048	-39.215	0.617	0.812	0.249
36	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.048	-39.215	0.617	0.812	0.249
36	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.048	-39.215	0.617	0.812	0.249
37	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-1.977	-37.977	0.589	0.780	0.226
37	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-1.977	-37.977	0.589	0.780	0.226
37	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-1.977	-37.977	0.589	0.780	0.226
37	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-1.977	-37.977	0.589	0.780	0.226
38	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.127	-39.203	0.634	1.077	0.250
38	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.127	-39.203	0.634	1.077	0.250
38	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.127	-39.203	0.634	1.077	0.250
38	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.127	-39.203	0.634	1.077	0.250
39	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.056	-37.965	0.606	1.045	0.228
39	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.056	-37.965	0.606	1.045	0.228

39	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.056	-37.965	0.606	1.045	0.228
39	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.056	-37.965	0.606	1.045	0.228
49	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.474	-40.784	0.588	6.370	-1.497
49	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.474	-40.784	0.588	6.370	-1.497
49	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.474	-40.784	0.588	6.370	-1.497
49	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.474	-40.784	0.588	6.370	-1.497
50	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.403	-39.546	0.560	6.338	-1.519
50	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.403	-39.546	0.560	6.338	-1.519
50	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.403	-39.546	0.560	6.338	-1.519
50	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.403	-39.546	0.560	6.338	-1.519
51	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.383	-40.144	0.616	4.413	-0.797
51	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.383	-40.144	0.616	4.413	-0.797
51	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.383	-40.144	0.616	4.413	-0.797
51	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.383	-40.144	0.616	4.413	-0.797
52	SLE R	201	0.000	0.000	0.000	-2.312	-38.906	0.588	4.380	-0.820
52	SLE R	202	0.000	0.000	0.000	-2.312	-38.906	0.588	4.380	-0.820
52	SLE R	222	0.000	0.000	0.000	-2.312	-38.906	0.588	4.380	-0.820
52	SLE R	221	0.000	0.000	0.000	-2.312	-38.906	0.588	4.380	-0.820

CC	TCC	Nodi	sxx <kN/mq>	szz <kN/mq>	txz <kN/mq>	Mxx <kNm/m>	Mzz <kNm/m>	Mxz <kNm/m>	tzy <kN/mq>	txy <kN/mq>
29	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
29	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
29	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
29	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
30	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
30	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
30	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
30	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
40	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.814	-32.326	0.495	1.165	0.127
40	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.814	-32.326	0.495	1.165	0.127
40	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.814	-32.326	0.495	1.165	0.127
40	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.814	-32.326	0.495	1.165	0.127
41	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.814	-32.326	0.495	1.165	0.127
41	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.814	-32.326	0.495	1.165	0.127
41	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.814	-32.326	0.495	1.165	0.127
41	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.814	-32.326	0.495	1.165	0.127
42	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
42	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
42	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
42	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
43	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
43	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
43	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127

43	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
53	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.899	-32.640	0.489	2.277	-0.222
53	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.899	-32.640	0.489	2.277	-0.222
53	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.899	-32.640	0.489	2.277	-0.222
53	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.899	-32.640	0.489	2.277	-0.222
54	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.899	-32.640	0.489	2.277	-0.222
54	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.899	-32.640	0.489	2.277	-0.222
54	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.899	-32.640	0.489	2.277	-0.222
54	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.899	-32.640	0.489	2.277	-0.222
55	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
55	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
55	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
55	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
56	SLE F	201	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
56	SLE F	202	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
56	SLE F	222	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127
56	SLE F	221	0.000	0.000	0.000	-1.853	-32.320	0.503	1.298	0.127

CC	TCC	Nodi	sxx <kN/mq>	szz <kN/mq>	txz <kN/mq>	Mxx <kNm/m>	Mzz <kNm/m>	Mxz <kNm/m>	tzy <kN/mq>	txy <kN/mq>
31	SLE Q	201	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
31	SLE Q	202	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
31	SLE Q	222	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
31	SLE Q	221	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
44	SLE Q	201	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
44	SLE Q	202	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
44	SLE Q	222	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
44	SLE Q	221	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
57	SLE Q	201	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
57	SLE Q	202	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
57	SLE Q	222	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102
57	SLE Q	221	0.000	0.000	0.000	-1.773	-30.913	0.471	1.262	0.102

### 9.1.1 VERIFICA A FLESSIONE


Come prescritto dalle NTC2018 nel paragrafo 7.2.5, poiché le sollecitazioni di calcolo più gravose si rilevano in corrispondenza della combinazione sismica SLV, andranno amplificate del fattore 1,1 per CDB.

Le verifiche a flessione e pressoflessione allo SLU ed agli SLE (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) sono state condotte con il supporto di un postprocessore considerando le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente.

La sezione viene armata con:

- $\Phi$  12/20 superiori e inferiori

Armatura platea a quota 0.00

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>				
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA</b>				
<b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b>	<b>PROGETTO</b> IA5F	<b>LOTTO</b> 01	<b>CODIFICA DOCUMENTO</b> D 78 CL FA07B0 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 86 DI 94

### Simbologia

Nodo	= Numero del nodo
X	= Coordinata X del nodo
Y	= Coordinata Y del nodo
DV	= Direzione di verifica XX = Verifica per momento Mxx YY = Verifica per momento Myy
CC	= Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
TCC	= Tipo di combinazione di carico SLU = Stato limite ultimo SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica) SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente SLD = Stato limite di danno SLV = Stato limite di salvaguardia della vita SLC = Stato limite di prevenzione del collasso SLO = Stato limite di operatività SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco SND = Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
c	= Ricoprimento dell'armatura
s	= Distanza minima tra le barre
K3	= Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione
s <sub>rm</sub>	= Distanza media tra le fessure
Φ	= Diametro della barra
A <sub>s</sub>	= Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace
A <sub>c eff</sub>	= Area di calcestruzzo efficace
σ <sub>s</sub>	= Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata
σ <sub>sr</sub>	= Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo
ε <sub>sm</sub>	= Deformazione unitaria media dell'armatura (*1000)
Wk	= Apertura delle fessure
AfE S	= Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, superiore
AfE I	= Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, inferiore
My	= Momento flettente intorno all'asse Y
M'ydy	= Momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico intorno all'asse Y
MRdy	= Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y
Sic.	= Sicurezza a rottura
Vsdu	= Taglio agente nella direzione del momento ultimo
Vrdu	= Taglio ultimo assorbibile dal solo calcestruzzo
Mom	= Momento flettente
σ <sub>c</sub>	= Tensione nel calcestruzzo
σ <sub>f</sub>	= Tensione nel ferro
Spess.	= Spessore
Cf sup	= Copriferro superiore
Cf inf	= Copriferro inferiore
Cls	= Tipo di calcestruzzo
Fck	= Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo
Fctk	= Resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo
Fcd	= Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
Fctd	= Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
Tp	= Tipo di acciaio
Fyk	= Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
Fyd	= Resistenza di calcolo dell'acciaio

### Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Spess. <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Cls	Fck <daN/cmq>	Fctk <daN/cmq>	Fcd <daN/cmq>	Fctd <daN/cmq>	Tp	Fyk <daN/cmq>	Fyd <daN/cmq>
40.00	3.00	3.00	C25/30	249.00	17.91	141.10	11.94	B450C	4500.00	3913.04

Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	Afe S <cmq>	Afe I <cmq>	My <daNm>	MRdy <daNm>	Sic.
39	9.70	-0.20	XX	45	SLU	5.65	5.65	4267.57	8088.05	1.895
47	17.46	-0.20	XX	45	SLU	5.65	5.65	-4788.86	-8088.05	1.689
55	19.40	6.65	YY	45	SLU	5.65	5.65	3244.98	8088.05	2.492
51	19.40	2.85	YY	45	SLU	5.65	5.65	-6302.95	-8088.05	1.283

Stato limite elastico - Verifiche a flessione/pressoflessione


Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	Afe S <cmq>	Afe I <cmq>	My <daNm>	M'ydy <daNm>	Sic.
39	9.70	-0.20	XX	13	SLV(E)	5.65	5.65	3798.68	7652.84	2.015
47	17.46	-0.20	XX	13	SLV(E)	5.65	5.65	-3721.08	-7652.84	2.057
55	19.40	6.65	YY	19	SLV(E)	5.65	5.65	4164.30	7652.84	1.838
51	19.40	2.85	YY	19	SLV(E)	5.65	5.65	-4707.64	-7652.84	1.626

Stato limite d'esercizio - Verifiche tensionali

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	Afe S <cmq>	Afe I <cmq>	Mom <daNm>	$\sigma_c$ <daN/cmq>	$\sigma_f$ <daN/cmq>
39	9.70	-0.20	XX	49	SLE R	5.65	5.65	3031.67	22.85	1546.41
39	9.70	-0.20	XX	31	SLE Q	5.65	5.65	2001.24	15.09	1020.80
47	17.46	-0.20	XX	49	SLE R	5.65	5.65	-3413.24	25.73	1741.04
73	1.76	7.80	XX	31	SLE Q	5.65	5.65	-2229.03	16.80	1137.00
26	-0.20	7.60	YY	49	SLE R	5.65	5.65	2385.62	17.98	1216.87
26	-0.20	7.60	YY	31	SLE Q	5.65	5.65	934.69	7.05	476.77
51	19.40	2.85	YY	49	SLE R	5.65	5.65	-4443.80	33.50	2266.71
202	10.02	2.85	YY	31	SLE Q	5.65	5.65	-3149.02	23.74	1606.27

Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	c <mm>	s <mm>	K3	$s_{rm}$ <mm>	$\Phi$	$A_s$ <cmq>	$A_{c\ eff}$ <cmq>	$\sigma_s$ <daN/cmq>	$\sigma_{sr}$ <daN/cmq>	$\epsilon_{sm}$	Wk <mm>
39	9.70	-0.20	XX	31	SLE Q	24.00	168.00	0.18	201.33	12.00	1.13	157.67	1020.80	4512.06	0.20	0.07
39	9.70	-0.20	XX	53	SLE F	24.00	168.00	0.18	201.33	12.00	1.13	157.67	1114.34	4512.06	0.22	0.07
73	1.76	7.80	XX	31	SLE Q	24.00	168.00	0.18	201.33	12.00	1.13	157.67	1137.00	4512.07	0.22	0.08
73	1.76	7.80	XX	40	SLE F	24.00	168.00	0.18	201.33	12.00	1.13	157.67	1242.21	4512.07	0.24	0.08
26	-0.20	7.60	YY	31	SLE Q	24.00	168.00	0.18	201.33	12.00	1.13	157.67	476.77	4512.06	0.09	0.03
26	-0.20	7.60	YY	53	SLE F	24.00	168.00	0.18	201.33	12.00	1.13	157.67	621.46	4512.06	0.12	0.04
202	10.02	2.85	YY	31	SLE Q	24.00	168.00	0.18	201.33	12.00	1.13	157.67	1606.27	4512.07	0.31	0.11
202	10.02	2.85	YY	53	SLE F	24.00	168.00	0.18	201.33	12.00	1.13	157.67	1705.32	4512.07	0.33	0.11

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA				
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 88 DI 94

Stato limite d'esercizio - Verifiche a fessurazione con combinazione rara

Le verifiche sono condotte in ottemperanza a quanto prescritto dal Manuale di Progettazione delle Opere Civili - RFIDTCSIPSMIAIFS001C al §2.5.1.8.3.2.4

VERIFICA A SLE FESSURAZIONE, TENSIONI DI ESERCIZIO - RARA			
B	100 cm	Mmax	44,43 KNm
H	40 cm	Rck	30
c	4 cm	fck	24,9
d	36 cm	1,2xfctm	3,13 N/mm <sup>2</sup>
nbarre	10	fsd	374 N/mm <sup>2</sup>
dmedio	1,20 cm	fyk	430 N/mm <sup>2</sup>
c'	3,40 cm		
d <sub>eff1</sub>	12,4 cm		
d <sub>eff2</sub>	15,63 cm		
d <sub>eff</sub>	12,4 cm		
determinazione $\epsilon_{sm}$			
$\beta_1$	1	c	3,4 cm
$\beta_2$	0,5	s	10,22 cm
$E_s$	206000 N/mm <sup>2</sup>	k2	0,4
$\epsilon_{sm} =$	0,080%	k3	0,125
$s_{rm} =$	15,422849	$\phi$	1,2 cm
		n	10
		As	11,30973 cm <sup>2</sup>
		b	100 cm
		Ac,eff	1240,00 cm <sup>2</sup>
		$\rho_r$	0,009121
determinazione $w_k$			
$w_k =$	0,210 mm	$w_{lim} =$	0,3 mm <b>OK</b>

### 9.1.2 VERIFICA A TAGLIO

Si procede alla verifica di resistenza considerando il massimo valore del taglio massimo:

$$V_{Ed} = 1,1 V_{sis} = 141.10 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = V_{slu} = 141.10 \text{ kN}$$

Stato limite ultimo - Verifica a taglio del calcestruzzo

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	AfE S <cmq>	AfE I <cmq>	Vsdu <daN>	Vrdu <daN>
59	15.48	7.80	XX	25	SLU	5.65	5.65	14110.70	14770.60
49	19.40	0.95	YY	19	SLV (E)	5.65	5.65	13704.10	14770.60



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 89 DI 94

## 9.2 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

Si riportano qui di seguito si riportano le reazioni delle molle alla Winkler ottenute dal modello di calcolo, nelle combinazioni SLV, SLU e SLD (per le verifiche a breve termine) in quanto trattandosi di terreno incoerente la verifica di capacità portante sarà condotta solo in termini di tensioni efficaci, falda a piano campagna e angolo d'attrito interno pari a 28° in favore di sicurezza.

Si utilizza l'approccio 2 (A1+M1+R3)

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Il carico massimo si ottiene dalla massimo sforzo assiale calcolato alla base dei pilastri, riportato al capitolo 8.6 ed è pari a 1.411,5 kN ottenuto in combinazione sismica.

Di seguito le verifiche condotte.

**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

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = M_b/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = M_L/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

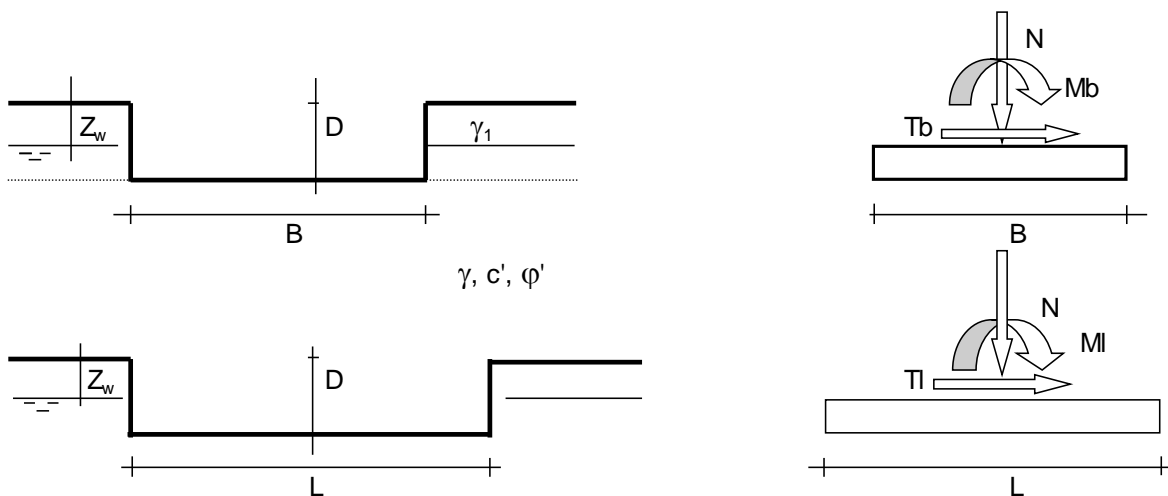
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

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

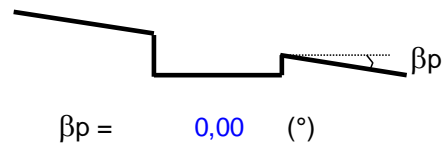
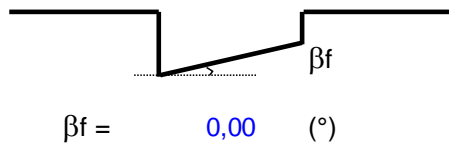
**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
	A2+M2+R2	○	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80
	SISMA	○	1,00	1,00	1,25	1,25	1,80
	A1+M1+R3	○	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30
	SISMA	○	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30
Tensioni Ammissibili	○		1,00	1,00	1,00	1,00	3,00
Definiti dal Progettista	●		1,00	1,00	1,25	1,25	2,30
							1,00



(Per fondazione nastriforme  $L = 100$  m)

B = 8,00 (m)  
L = 19,60 (m)  
D = 0,40 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1411,50	0,00	1411,50
Mb [kNm]	0,00	0,00	0,00
Ml [kNm]	0,00	0,00	0,00
Tb [kN]	136,50	0,00	136,50
Tl [kN]	136,50	0,00	136,50
H [kN]	193,04	0,00	193,04

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 19,00 \text{ (kN/mc)}$   
 $\gamma = 19,00 \text{ (kN/mc)}$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 7,50 \text{ (kN/mq)}$   
 $\varphi' = 25,00 \text{ (}^\circ\text{)}$

*Valori di progetto*

$c' = 6,00 \text{ (kN/mq)}$   
 $\varphi' = 20,46 \text{ (}^\circ\text{)}$

*Profondità della falda*

$Z_w = 10,00 \text{ (m)}$   
 $e_B = 0,00 \text{ (m)}$   
 $e_L = 0,00 \text{ (m)}$

$B^* = 8,00 \text{ (m)}$   
 $L^* = 19,60 \text{ (m)}$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 7,60 \text{ (kN/mq)}$

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

$\gamma = 19,00 \text{ (kN/mc)}$

**Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante**

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

$N_q = 6,70$

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

$N_c = 15,27$

$N_y = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg} \varphi'$

$N_y = 5,74$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA					
FA07B - Relazione di calcolo strutturale	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA07B0 001	REV. A	FOGLIO 92 DI 94	

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

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

$$s_c = 1,18$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L$$

$$s_q = 1,15$$

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

$$s_\gamma = 0,84$$

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

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1,71 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 45,00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1,29 \quad m = 1,50 \quad (-)$$

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

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

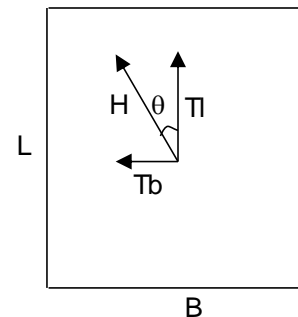
$$i_q = 0,93$$

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

$$i_c = 0,91$$

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

$$i_\gamma = 0,88$$



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

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

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

$$d_q = 1,02$$

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

$$d_c = 1,02$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1,00$$

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

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0,00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1,00$$

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

$$b_c = 1,00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1,00$$

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

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0,00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1,00$$

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

$$g_c = 1,00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1,00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 477,93 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 9,00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 207,8 \geq q = 9,00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO****Carico agente**

$$H_d = 193,04 \quad (\text{kN})$$

**Azione Resistente**

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

$$S_d = 1467,35 \quad (\text{kN})$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 1467,35 \geq H_d = 193,04 \quad (\text{kN})$$

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p><b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b></p>												
<p><b>FA07B - Relazione di calcolo strutturale</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01</td> <td>D 78 CL</td> <td>FA07B0 001</td> <td>A</td> <td>94 DI 94</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01	D 78 CL	FA07B0 001	A	94 DI 94
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01	D 78 CL	FA07B0 001	A	94 DI 94								

## 10 CONCLUSIONI

Con la presente relazione si è proceduto al progetto e alla verifica del “Fabbricato E2 – FA07B” da prevedere nell’ambito delle opere del piazzale di emergenza da allocare nei pressi della Stazione di Ferrandina, allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio.