

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

OPERE CIVILI

Opere D'Arte Minori – Sottovia e interferenze idrauliche – Tombini

IN21 – Tombino in c.a. sotto NV02

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 7 8 C L I N 2 1 0 0 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	E.SELLARI	07/2019	N.MANCUSO	07/2019	F.GERNONE	07/2019	D. TIBERTI Dicembre 2020
B	Emissione a seguito osservazioni CSLLPP	E.SELLARI	Dicembre 2020	N.MANCUSO <i>Nico Mancuso</i>	Dicembre 2020	F.GERNONE <i>Felice Gernone</i>	Dicembre 2020	 ITALFERR S.p.A. Direzione Generale UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Paolo Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10078

File: IA5F01D78CLIN2100001B_DA

n. Elab.:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B	FOGLIO 3 DI 73

INDICE

1	PREMESSA.....	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	MATERIALI.....	8
3.1	CALCESTRUZZO	8
3.2	ACCIAIO B450C.....	8
3.3	VERIFICA S.L.E.	9
3.3.1	VERIFICHE ALLE TENSIONI	9
3.3.2	VERIFICHE A FESSURAZIONE	10
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	12
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO	12
4.2	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	12
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	14
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D’USO	14
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	14
6	SOFTWARE DI CALCOLO	17
6.1	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO ADOTTATI	17
6.2	UNITÀ DI MISURA	17
6.3	GRADO DI AFFIDABILITÀ DEL CODICE	17
6.4	VALUTAZIONE DELLA CORRETTEZZA DEL MODELLO.....	17
6.5	CARATTERISTICHE DELL’ELABORAZIONE	18
6.6	GIUDIZIO FINALE SULLA ACCETTABILITÀ DEI CALCOLI.....	18

6.7	PROGRAMMI DI SERVIZIO.....	18
7	TOMBINO SCATOLARE 2.00X2.00M	19
7.1	GEOMETRIA	19
7.2	MODELLO DI CALCOLO	20
7.3	ANALISI DEI CARICHI.....	21
7.3.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA E CARICHI PERMANENTI PORTATI	21
7.3.2	SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL SOVRACCARICO PERMANENTE.....	22
7.4	RIPARTIZIONE DEI CARICHI MOBILI VERTICALI	22
7.5	SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO $Q_1=20$ KN/M.....	24
7.5.1	FRENATURA.....	25
7.5.2	RITIRO DIFFERENZIALE DELLA SOLETTA DI COPERTURA	26
7.6	AZIONE SISMICA INERZIALE.....	28
7.7	SPINTA SISMICA TERRENO	30
8	COMBINAZIONI DI CARICO.....	31
8.1	CONDIZIONI DI CARICO:.....	32
9	DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI.....	36
10	VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	38
10.1	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	40
10.2	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE.....	44
10.3	VERIFICA PIEDRITTI	48
10.4	TABELLA RIASSUNTIVA ARMATURE.....	53
11	TOMBINO SEZIONE AD “U”	54

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2100 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 5 DI 73

11.1	GEOMETRIA	54
11.2	MODELLO DI CALCOLO	55
11.2.1	VALUTAZIONE DELLA RIGIDEZZA DELLE MOLLE	55
11.3	ANALISI DEI CARICHI.....	55
11.3.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA E CARICHI PERMANENTI PORTATI.....	55
11.3.2	SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL SOVRACCARICO PERMANENTE	55
11.4	SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO $Q_1=10$ KN/M.....	56
11.5	AZIONE SISMICA INERZIALE.....	56
11.6	SPINTA SISMICA TERRENO	58
12	DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI.....	59
13	VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	63
13.1	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	64
13.2	VERIFICA PIEDRITTI	68
13.3	TABELLA RIASSUNTIVA ARMATURE.....	73

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 7 DI 73

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

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

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18;
- Circolare n. 7 del 21 Gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 B del 2018 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 2018 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 361 del 26 settembre 2017,Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B	FOGLIO 8 DI 73

3 MATERIALI

Il calcestruzzo adottato corrisponde alla Classe C30/37, mentre l'acciaio in barre ad aderenza migliorata corrisponde alla classe B450C. Di seguito vengono elencate le specifiche.

3.1 CALCESTRUZZO

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe di resistenza: Elevazione	C30/37		
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	37	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	30.71	N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	38.71	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2.94	N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.53	N/mm ²
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	33019	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	2.06	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	3.82	N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	17.4	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.37	N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	30.7	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	2.06	N/mm ²
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	18.43	N/mm ²
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	13.82	N/mm ²

Classe di esposizione XA1

3.2 ACCIAIO B450C

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450$ MPa;

Tensione di progetto: $f_{yk} = 450$ MPa;

Tensione di progetto: $f_{yk} = f_{yd} / \gamma_m$

in cui $\gamma_m = 1.15$ $f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3$ MPa;

Modulo Elastico $E_s = 210'000$ MPa.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
	Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B

3.3 VERIFICA S.L.E.

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

3.3.1 VERIFICHE ALLE TENSIONI

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 2019", ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0.75 f_{yk}$

Per il caso in esame risulta in particolare :

CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\max QP} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{12.00} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\max R} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{16.50} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

ACCIAIO

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 10 DI 73

$$\sigma_{s \max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

3.3.2 VERIFICHE A FESSURAZIONE

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 11 DI 73

Risultando:

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

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

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

Data la maggior restrittività, alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal “*Manuale di Progettazione delle Opere Civili*” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

$$- \text{ Combinazione Caratteristica (Rara)} \quad \delta_f \leq w_1 = \mathbf{0.2 \text{ mm}}$$

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

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 12 DI 73

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

4.1 TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\phi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata

4.2 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

La stratigrafia di calcolo viene di seguito descritta:

Sono presenti depositi alluvionali recenti (unità U1c) per spessori pressochè costante e pari a 5-7 m circa. Al di sotto di questo deposito è presente l'argilla subappenninica.

La successione stratigrafica lungo lo sviluppo dell'opera è rappresentata nel profilo stratigrafico longitudinale.

Il livello massimo di falda si trova a circa 3 m dal piano campagna.

Parametri	Unità 1c	Unità 2
$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	18-19	19-20
$\phi \text{ (}^\circ\text{)}$	29-31	21-23
$c' \text{ (kPa)}$	12-17	29-31
$c_u \text{ (kPa)}$	-	200-250
$v_s \text{ (m/s)}$	200-250	250-350
$E_0 \text{ (MPa)}$	300-400	400-800
$k \text{ (m/s)}$	1.0×10^{-4} - 1.5×10^{-4}	9.0×10^{-9} - 5.0×10^{-7}

Di seguito sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo (formula di Vesic)



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

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	13 DI 73

$$k = \frac{0.65 E}{1 - \nu^2} * \sqrt[12]{\frac{E b^4}{(E_c J)_{fond}}}$$

dove:

- h = altezza della trave;
- b = dimensione trasversale della trave;
- J = inerzia della trave;
- E_c = modulo di elasticità del calcestruzzo
- ν = coefficiente di Poisson del terreno;
- E = modulo elastico medio del terreno sottostante.

$$E = 300000 \text{ kN/m}^2$$

$$\nu = 0.3$$

$$B = 2.6 \text{ m}$$

$$L = 15.00 \text{ m}$$

$$L/B = 5.77$$

$$c_t = 1.79$$

$$K_w = 70881 \text{ kN/m}^3$$

Cautelativamente si limita, ai fini del calcolo, il valore della costante di sottofondo a circa 70000 kN/m³.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 14 DI 73

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

5.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (V_N), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (C_U)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe II a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_U = 1$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1 = 75$ anni

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

5.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **C**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2100 001	DOCUMENTO REV. B	FOGLIO 15 DI 73

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

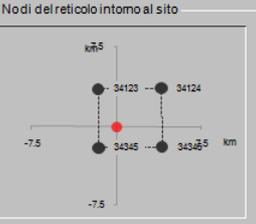
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$
- SLV - $P_{VR} = 10\%$

Stati limite ultimi - SLU

- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Strategia di progettazione

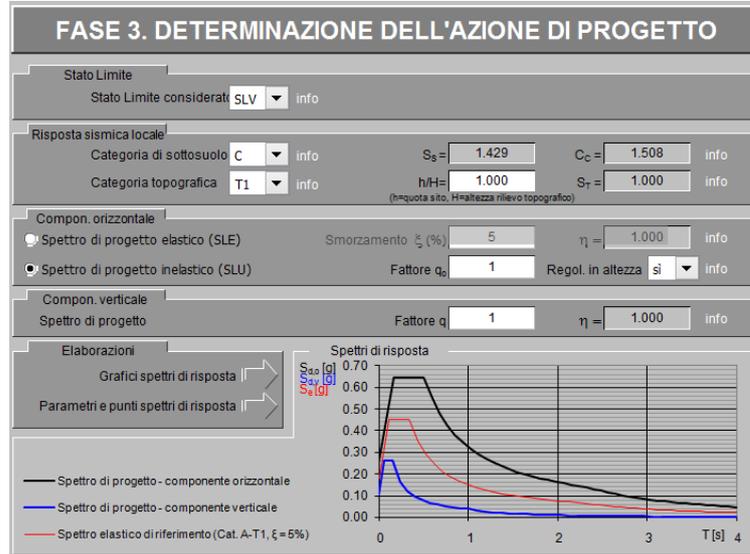


LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_s	0.182 g
F_a	2.489
T_c	0.334 s
S_s	1.429
C_c	1.508
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.429
η	1.000
T_a	0.168 s
T_c	0.503 s
T_b	2.327 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + S_s)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

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

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

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

$$T_b \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

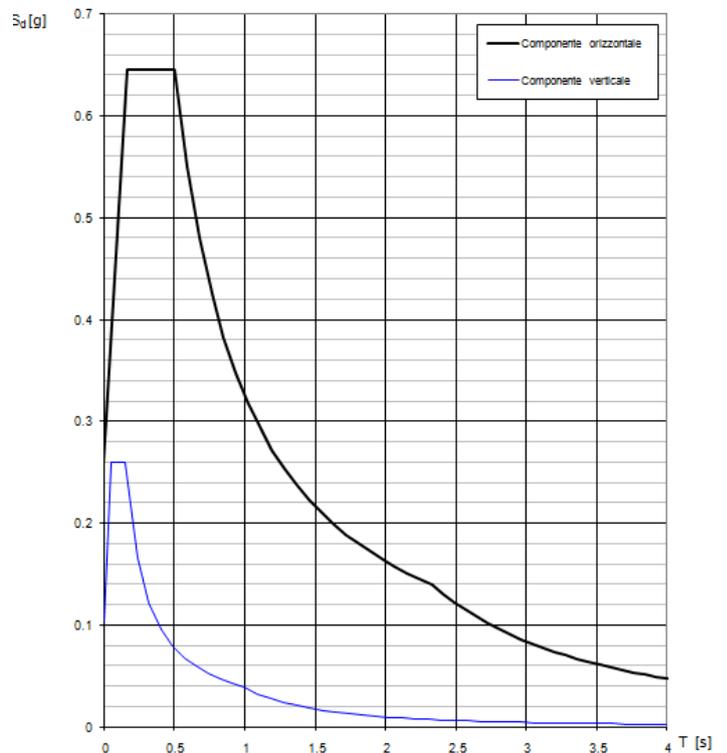
$$T_c \leq T < T_d \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_b \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_b}{T} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.260
0.168	0.646
0.503	0.646
0.590	0.551
0.677	0.480
0.764	0.426
0.851	0.382
0.938	0.347
1.024	0.317
1.111	0.293
1.198	0.271
1.285	0.253
1.372	0.237
1.458	0.223
1.545	0.210
1.632	0.199
1.719	0.189
1.806	0.180
1.893	0.172
1.979	0.164
2.066	0.157
2.153	0.151
2.240	0.145
2.327	0.140
2.406	0.131
2.486	0.122
2.566	0.115
2.645	0.108
2.725	0.102
2.805	0.096
2.884	0.091
2.964	0.086
3.044	0.082
3.124	0.078
3.203	0.074
3.283	0.070
3.363	0.067
3.442	0.064
3.522	0.061
3.602	0.058
3.681	0.056
3.761	0.053

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudo statico, si eseguirà un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura unitario. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 17 DI 73

6 SOFTWARE DI CALCOLO

6.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO ADOTTATI

Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il Sap 2000 v.14.1 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures, Inc.1995 University Ave. Berkeley. Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, permette l'analisi elastica lineare e non di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono frame (trave), con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse. I carichi sono applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

Tale programma fornisce in output, oltre a tutte le caratteristiche geometriche e di carico delle strutture, i risultati relativi alle sollecitazioni indotte nelle sezioni degli elementi presenti.

6.2 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- masse: kN massa
- temperature: gradi centigradi
- angoli: gradi sessadecimali o radianti
- si assume l'uguaglianza $1 \text{ kN} = 100 \text{ kg}$

6.3 GRADO DI AFFIDABILITÀ DEL CODICE

L'affidabilità del codice di calcolo e' garantita dall'esistenza di un ampia documentazione di supporto. E' possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura.

6.4 VALUTAZIONE DELLA CORRETTEZZA DEL MODELLO

Il modello di calcolo adottato e' da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 18 DI 73

6.5 CARATTERISTICHE DELL'ELABORAZIONE

Tutte le analisi strutturali sono state eseguite su di una workstation dedicata avente le seguenti

caratteristiche tecniche:

- Tipo Intel i7
- Memoria centrale 8 Gb;
- Lunghezza in bit della parola 64 bit;
- Memoria di massa 1 Hard disk da 500 Gb.

6.6 GIUDIZIO FINALE SULLA ACCETTABILITÀ DEI CALCOLI

Si ritiene che i risultati ottenuti dalla elaborazione siano accettabili e che le ipotesi poste alla base della formulazione del modello matematico siano valide come dimostrato dal comportamento dei materiali.

All'interno del pacchetto Sap 2000 sono inoltre presente una serie di test per il benchmark del solutore, che consentono di comprovare l'affidabilità del codice di calcolo e paragonare risultati ottenuti con le soluzioni esatte.

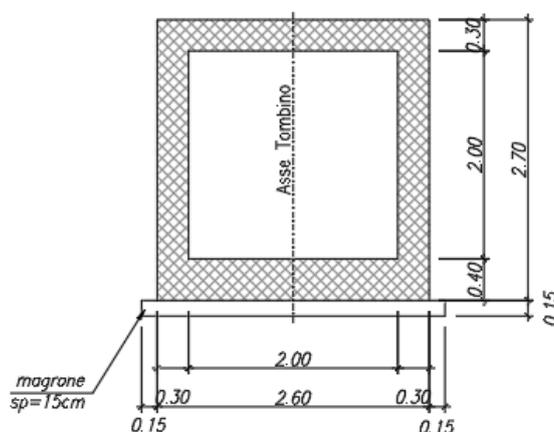
6.7 PROGRAMMI DI SERVIZIO

Per le verifiche delle sezioni si adotta il programma: "RC-SEC" – Autore GEOSTRU Software. ANALISI DEI CARICHI E FASI

7 TOMBINO SCATOLARE 2.00X2.00M

La dimensione interna è di 2.00m e l'altezza interna pari a 2.00m, con soletta superiore di spessore 0.30m, piedritti di spessore 0.30m e soletta inferiore di spessore 0.40m.

Nel seguito verrà esaminata una striscia di scatolare avente lunghezza di 1.00 m. In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.



7.1 GEOMETRIA

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
larghezza totale scatolare	L_{tot}	2.60	m
larghezza utile scatolare	L_{int}	2.00	m
larghezza interasse	L_a	2.30	m
spessore soletta superiore	S_s	0.30	m
spessore piedritti	S_p	0.30	m
spessore fondazione	S_f	0.40	m
altezza totale scatolare	H_{tot}	2.70	m
altezza libera scatolare	H_{int}	2.00	m
spessore pacchetto stradale superiore	H_{psup}	0.15	m
spessore ricoprimento superiore	H_{Rsup}	0.35	m
spessore pacchetto stradale inferiore	H_{pinf}	0.00	m
spessore ricoprimento inferiore	H_{Rinf}	0.00	m

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2100 001	DOCUMENTO B	REV. B

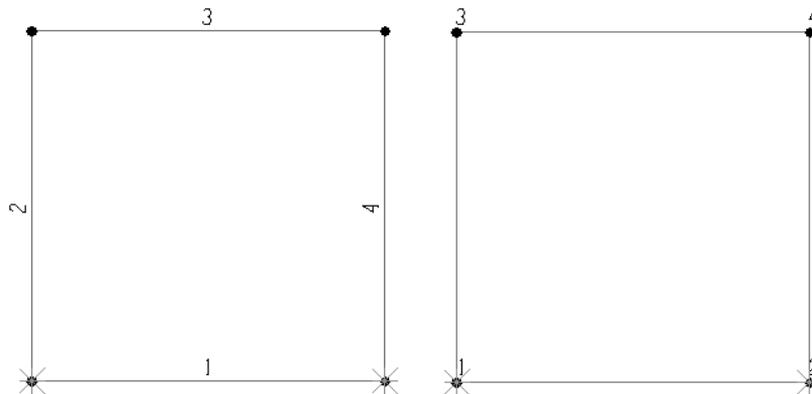
7.2 MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello del telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Il modello considerato per l'analisi è quello di uno scatolare di profondità unitaria (1.00m) soggetto alle azioni da traffico di norma e quelle permanenti. In corrispondenza dei vertici dello scatolare sono state inserite delle zone rigide pari a metà spessore degli elementi.

Il terreno di fondazione è stato modellato utilizzando la schematizzazione alla Winkler con un opportuno coefficiente di sottofondo.

Di seguito si riporta lo schema di calcolo.



Numerazione aste e nodi

7.2.1 Valutazione della rigidità delle molle

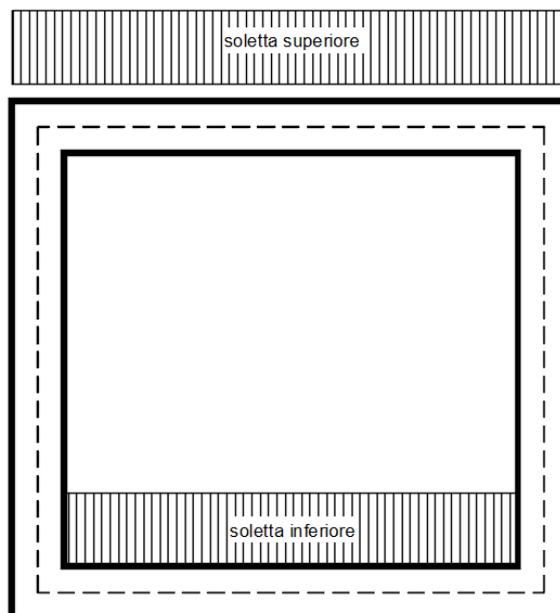
Si considera lo scatolare appoggiato su di un letto di molle (schematizzazione alla Winkler) assegnando alle aste di fondazione del modello un valore di "linear spring" pari a $K = 70000 \text{ kN/mc}$.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B	FOGLIO 21 DI 73

7.3 ANALISI DEI CARICHI

7.3.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA E CARICHI PERMANENTI PORTATI

<u>Soletta superiore</u>	- Peso proprio	7.50 kN/m
	- Totale	7.50 kN/m
	- Peso pacchetto pavimentazione 15 cm	3.00 kN/m
	- Peso terreno ricoprimento	7.00 kN/m
	- Totale	10.00 kN/m
<u>Soletta inferiore</u>	- Peso proprio	10.00 kN/m
	- Totale	10.00 kN/m
	- Peso pacchetto pavimentazione 0 cm	0.00 kN/m
	- Peso terreno ricoprimento	0.00 kN/m
	- Totale	0.00 kN/m
<u>Piedritti</u>	- Peso proprio	7.50 kN/m
	- Totale	7.50 kN/m



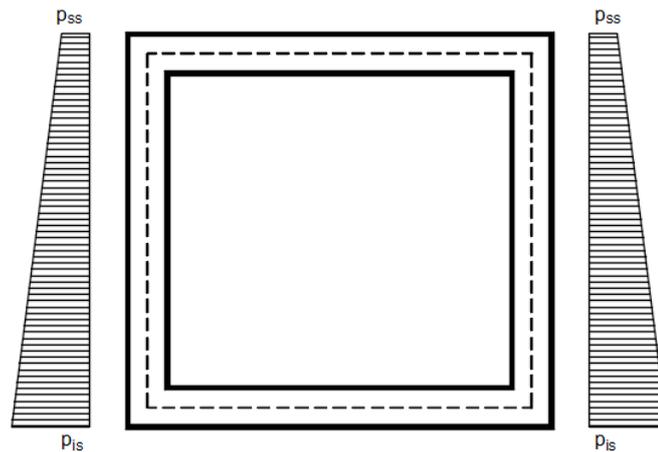
	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
	Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B

Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 2.79 kN.

7.3.2 SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL SOVRACCARICO PERMANENTE

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito $\varphi = 35^\circ$ ed un peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidezza dello scatolare, utilizzando la formula $K_0=1-\sin\varphi'$, per cui si ottiene un valore di $K_0=0.43$. Le spinte in asse soletta superiore ed asse soletta inferiore valgono:

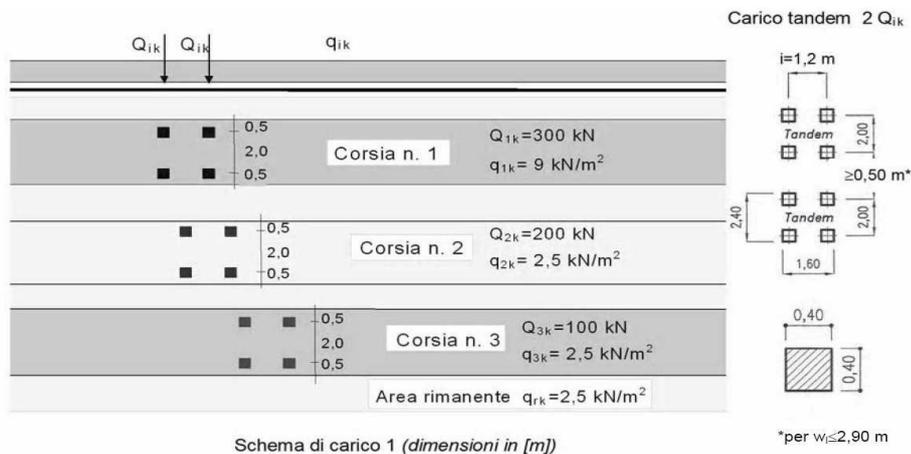
$$\begin{aligned}
 p_{ss} &= K_0 * (H_r + H_p + S_s/2) * \gamma = 5.5 \text{ kN/m} \\
 p_{is} &= p_{ss} + K_0 * \gamma * (S_s/2 + H_{int} + S_f/2) = 25.6 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto e soletta superiore con valore pari a 0.74 kN ed inferiore con valore pari a 5.29 kN.

7.4 RIPARTIZIONE DEI CARICHI MOBILI VERTICALI

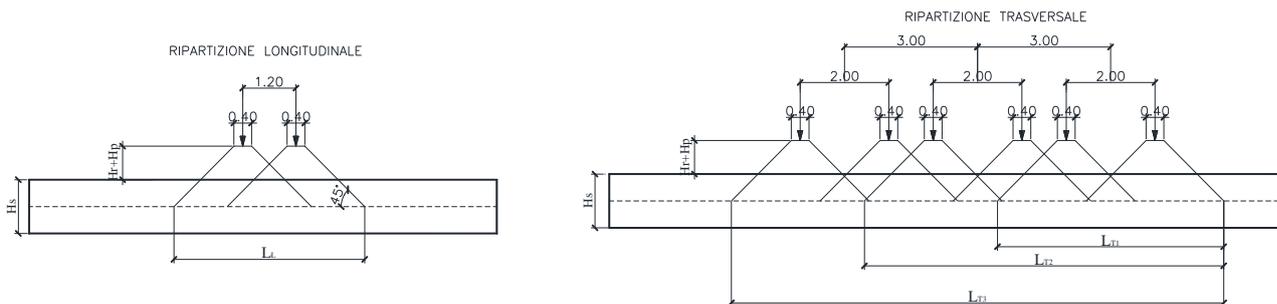
Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.



Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9
Corsia Numero 2	200	2,5
Corsia Numero 3	100	2,5
Altre corsie	0,00	2,50

La ripartizione dei carichi si effettua considerando il carico isolato da 150 kN con impronta quadrata di lato 0.4 m.



Il carico è schematizzato da due assi da 150 kN disposti ad interasse di 1.20m.

Si procede al calcolo dei carichi per metro lineare riferiti al baricentro della soletta per i diversi treni di carico.

Si considera una larghezza di ripartizione trasversale massima pari alla larghezza della corsia di carico di 3.00 m pertanto:

$$q_{ik} = \frac{600}{L_L \times L_{T1}}$$

$L_L =$	2.48 m	$q_{2k} =$	9.0 kN/m ²
$L_{T1} =$	3.28 m	$q_{1k} =$	73.9 kN/m ²
$L_{T2} =$	6.28 m	$q_{1k} =$	64.3 kN/m ²
$L_{T3} =$	9.28 m	$q_{1k} =$	52.2 kN/m ²

Per tenere in conto le carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 11.08 kN per i carichi concentrati e valore pari a 1.35 kN per il carico distribuito.

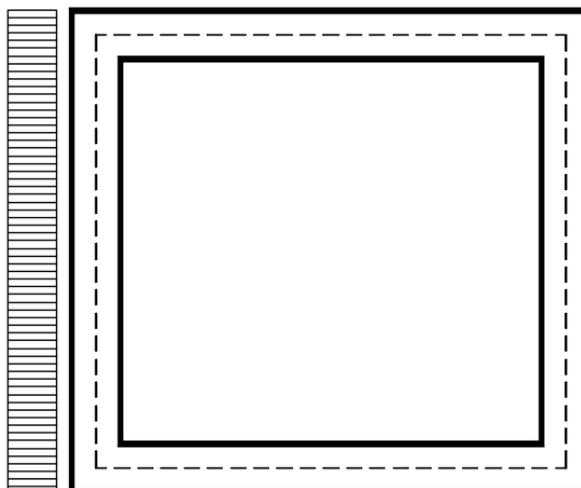
Il calcolo dello scatolare viene eseguito per una striscia trasversale di 1.00m.

7.5 SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO $Q_1=20$ KN/M

$$q_1 = 20.00 \text{ kN/m}^2$$

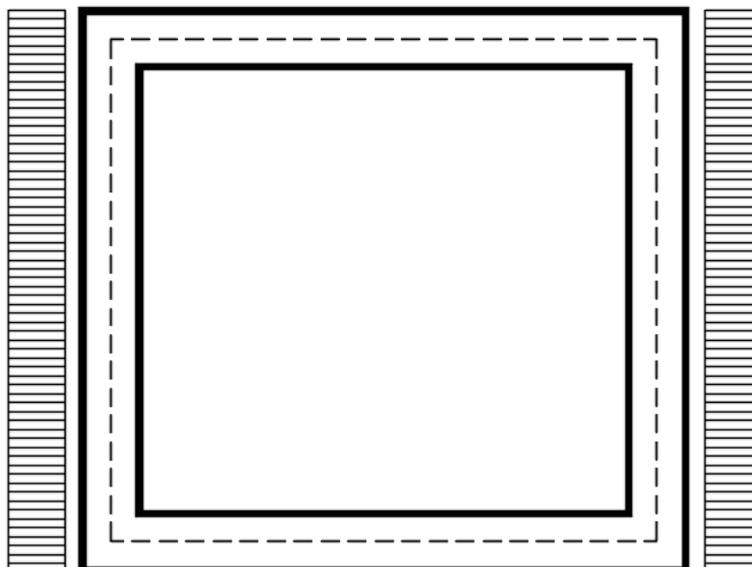
$$p_1(\text{str}) = q_1 * K_0 = 8.53 \text{ kN/m}^2$$

a) Spinta sul piedritto sinistro



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta superiore con valore pari a 1.28 kN ed inferiore con valore pari a 1.71 kN.

b) Spinta su entrambi i piedritti



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritti e soletta superiore con valore pari a 1.28 kN ed inferiore con valore pari a 1.71 kN.

7.5.1 FRENATURA

$$Q_3 = 0.6 \cdot (2Qk1) + 0.1 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L = 367 \text{ kN}$$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B	FOGLIO 26 DI 73

7.5.2 RITIRO DIFFERENZIALE DELLA SOLETTA DI COPERTURA

Si considera una variazione termica uniforme equivalente sulla soletta superiore come da calcolo seguente. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni dell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e DM 14-01-2008

ClS a t=0

R_{ck}	=	37	N/mm ²	Resistenza a compressione cubica caratteristica
f_{ck}	=	30.71	N/mm ²	Resistenza a compressione cilindrica caratteristica
f_{cm}	=	38.71	N/mm ²	Resistenza a compressione cilindrica media
α	=	1.0E-05		
E_{cm}	=	33019	N/mm ²	Modulo elastico secante medio

Tempo e ambiente

t_s	=	2	gg	età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento
t_0	=	2	gg	età del calcestruzzo in giorni al momento del carico
t	=	25550	gg	età del calcestruzzo in giorni
$h_0=2A_c/u$	=	600	mm	dimensione fittizia dell'elemento di cls
A_c	=	300000	mm ²	sezione dell'elemento
u	=	1000	mm	perimetro a contatto con l'atmosfera
RH	=	75	%	umidità relativa percentuale

Coefficiente di viscosità $\phi(t, t_0)$ e modulo elastico EC_t a tempo "t"

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0) = 1.982$$

$$\phi_0 = \phi RH \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) = 131.52 \text{ coeff nominale di viscosità}$$

$$\phi_{RH} = 1 + \left[\frac{1 - RH/100}{0.1 \sqrt[3]{h_0}} \right] \alpha_1 \alpha_2 = 1.271 \text{ coeff che tiene conto dell'umidità}$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35MPa \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35MPa \end{cases} = 0.932 \text{ coeff per la resistenza del cls}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35MPa \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35MPa \end{cases} = 0.980 \text{ coeff per la resistenza del cls}$$

$$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} =$$

2.700 *coeff che tiene conto della resistenza del cls*

$$\beta_c(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} =$$

0.649 *coeff. per l'evoluzione della viscosità nel tempo*

$$t_o = t_0 \left(\frac{9}{2 + t_0^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5 =$$

6.19 *coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo*

$$\alpha =$$

1

coeff per il tipo di cemento (-1 per classe S, 0 per classe N, 1 per classe R)

$$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3} =$$

0.984 *coeff per la variabilità della viscosità nel tempo*

$$\beta_H = 1.5[1 + (0.012 RH)^{18}] h_0 + 250\alpha_3 \leq 1500\alpha_3 =$$

1382.5 *coeff che tiene conto dell'umidità relativa*

$$\alpha_3 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35\text{MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35\text{MPa} \end{cases} =$$

0.951 *coeff per la resistenza del calcestruzzo*

Il modulo elastico a tempo "t" è pari a:

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} =$$

11072916 kN/m²

Deformazioni di ritiro

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) =$$

0.000345 *deformazione di ritiro $\varepsilon(t, t_0)$*

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) K_B \varepsilon_{cd,0} =$$

0.000293 *deformazione al ritiro per essiccamento*

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \left[\frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] =$$

0.977507

$$K_h =$$

0.7

parametro che dipende da h_0 secondo il prospetto seguente

Valori di k_h

h_0	k_h
100	1.0
200	0.85
300	0.75
≥500	0.70

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B	FOGLIO 28 DI 73

Valori di K_h intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare

$$\varepsilon_{ca,0} = 0.85 \left[(200 + 100 \alpha_{ds1}) \exp \left(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000428$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 0.896094$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ Mpa}$$

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6$$

$$\alpha_{ds2} = 0.11$$

coeff per il tipo di cemento (3 per classe S, 4 per classe N, 6 per classe R)

coeff per il tipo di cemento (0.13 per classe S, 0.12 per classe N, 0.11 per classe R)

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca,00} = 0.000052 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10)10^{-6} = 0.000052$$

Variatione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{ritiro} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) E_{cm} \alpha} = -11.55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

7.6 AZIONE SISMICA INERZIALE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

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

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

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni: $k_h = a_{max}/g$

$$k_v = \pm 0.5 * k_h$$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 17/01/2018 viene assegnata all'opera una vita nominale $V_N \geq 75$ anni ed una II classe d'uso $C_u = 1.0$; segue un periodo di riferimento $V_R = V_N * C_u = 75$ anni

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 29 DI 73

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari a $a_g = 0.182$ g.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S * a = S_s * S_t * a_g$$

dove assumendo un terreno di tipo C ed in base al fattore di amplificazione del sito F_o si ottiene:

$$S_s = 1.429 \quad \text{Coefficiente di amplificazione stratigrafica}$$

$$S_t = 1 \quad \text{Coefficiente di amplificazione topografica}$$

ne deriva che:

$$a_{\max} = 1.429 * 1 * 0.182 \text{ g} = 0.260 \text{ g}$$

$$k_h = a_{\max} / g = 0.260$$

$$k_v = \pm 0.5 * k_h = 0.130$$

Sisma orizzontale

$F_{\text{sis}} = a_{\max} * \gamma * H_{\text{tot}}$	=	14.04	kN/m	(carico applicato sulla parete)
$F_{\text{inp}} = \alpha * S_p * \gamma * 1\text{m}$	=	1.95	kN/m	(inerzia piedritti)
Totale	=	15.99	kN/m	(piederitto sx)
Totale	=	1.95	kN/m	(piederitto dx)
$F_{\text{inr}} = \alpha * (H_p + H_r) * \gamma_r * 1\text{m}$	=	2.60	kN/m	(inerzia pavimentazione e riempimento)
$F_{\text{ins}} = \alpha * S_s * \gamma_{\text{cls}} * 1\text{m}$	=	1.56	kN/m	(inerzia soletta superiore)
Totale	=	4.16	kN/m	(soletta superiore)

Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta superiore con valore pari a 2.40 kN ed inferiore con valore pari a 3.20 kN. Si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto destro e soletta superiore con valore pari a 0.29 kN ed inferiore con valore pari a 0.39 kN.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
	Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B

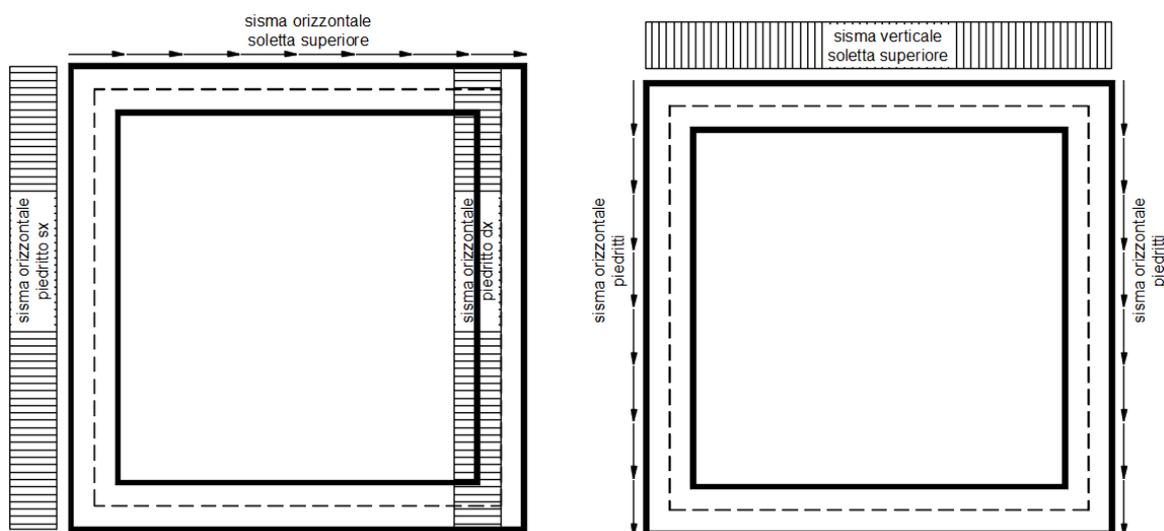
Sisma verticale

$$\begin{aligned}
 F_{inp} &= 0.5 * \alpha * S_p * \gamma * 1m &= & 0.98 \text{ kN/m} & \text{(inerzia piedritti)} \\
 F_{inr} &= 0.5 * \alpha * (H_p + H_r) * \gamma_r * 1m &= & 1.30 \text{ kN/m} & \text{(inerzia pavimentazione e riempimento)} \\
 F_{ins} &= 0.5 * \alpha * S_s * \gamma_{cls} * 1m &= & 0.78 \text{ kN/m} & \text{(inerzia soletta superiore)} \\
 \text{Totale} &= & & \mathbf{2.08 \text{ kN/m}} & \text{(soletta superiore)}
 \end{aligned}$$

Per tenere in conto le carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 0.31 kN.

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

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



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto e soletta superiore con valore pari a 1.28 kN ed inferiore con valore pari a 1.71 kN.

7.7 SPINTA SISMICA TERRENO

Le spinte delle terre potranno essere determinate secondo la teoria di Wood. secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta S_E = (a_{max}/g) * \gamma * H_{tot}^2 = 38 \text{ kN/m}$$

Tale risultante applicata ad un'altezza pari ad $H_{tot}/2$.sarà considerata agente su uno solo dei piedritti dell'opera.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 31 DI 73

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

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

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

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

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

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

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.3 \times E_Z$$

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

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ e i coefficienti di combinazione ψ sono riportati nelle tabelle seguenti.

In particolare nel calcolo della struttura si è fatto riferimento alla combinazione A1 STR (Approccio 1 – Combinazione 1) per le verifiche strutturali ed A1 GEO (Approccio 1 – Combinazione 2) per le verifiche geotecniche.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2100 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 32 DI 73

8.1 CONDIZIONI DI CARICO:

Le condizioni di carico elementari sono le seguenti

- 1 Peso proprio elementi strutturali e non strutturali (g_1)
- 2 Carichi permanenti portati (g_2)
- 3 Spinta delle terre calcolata con i coefficienti A1+M1 ($g_{3\text{str}}$)
- 4 Ritiro e viscosità (ε_2)
- 5 Variazioni termiche (ε_3)
- 6 Gruppo di carico con valore caratteristico del carico tandem per M_{\max} (GR-T)
- 7 Gruppo di carico con valore caratteristico del carico uniforme (GR-U)
- 8 Gruppo di carico con valore caratteristico del carico tandem per T_{\max} (GR-T)
- 10 Gruppo di carico 2a con frenatura (GR-Fr)
- 11 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale 20kN/m su parete sx calcolato con i coefficienti A1+M1 ($q_{9\text{str}}$)
- 12 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale 20kN/m su parete sx calcolato con i coefficienti A2+M2 ($q_{9\text{geo}}$)
- 13 Spinta delle terre calcolata con i coefficienti A2+M2 ($g_{3\text{geo}}$)
- 14 Sisma orizzontale (q_{6x})
- 15 Sisma verticale (q_{6z})

L'opera principale è trattata con le combinazioni tipiche dei ponti ai sensi del DM 17/01/2018 e s.m.i.

Nella fase sismica si considerano agenti i carichi da traffico con un coefficiente ψ_{2j} pari a 0.2

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 33 DI 73

Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 ^(*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
4 ^(**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 ^(***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

^(*) Ponti di 3^a categoria
^(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
^(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

La Tab. 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 34 DI 73

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico	0,6	0,2	0,0
	SLU e SLE		----	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_5	Vento a ponte carico	0,6	----	----
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Temperatura	esecuzione	0,8	0,6	0,5
	T_k	0,6	0,6	0,5

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_f	1,0	1,0

9 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

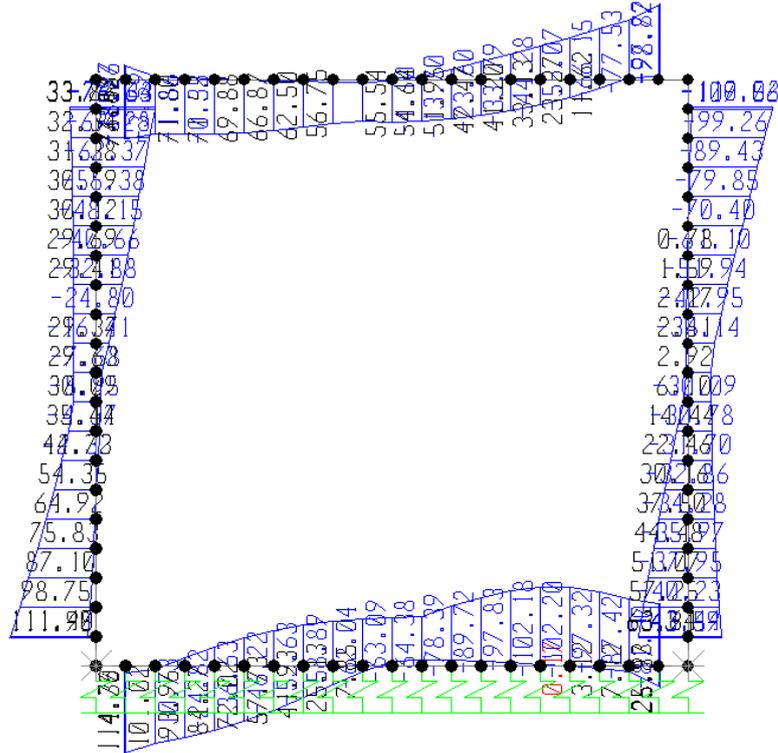
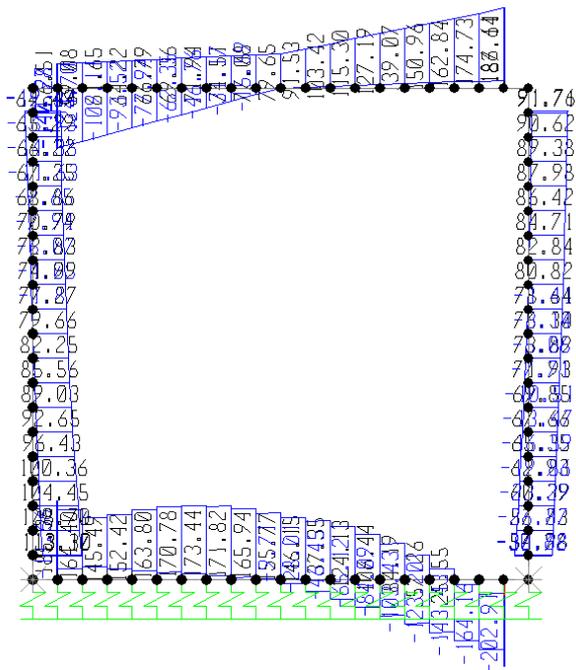


Fig. 2 – Involuppo momenti flettenti SLU-SLV



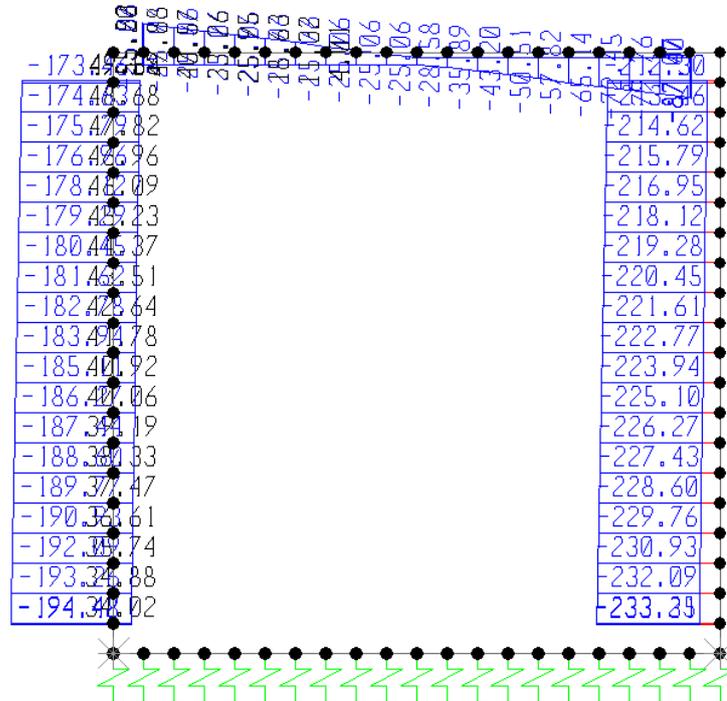


Fig. 4 – Involuppo azioni assiali SLU-SLV

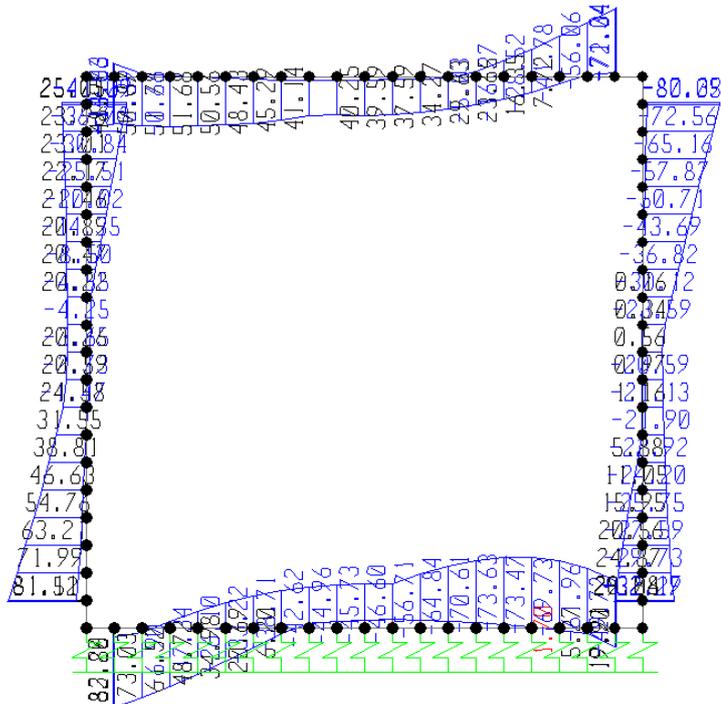


Fig. 5 – Involuppo momenti flettenti SLE rara

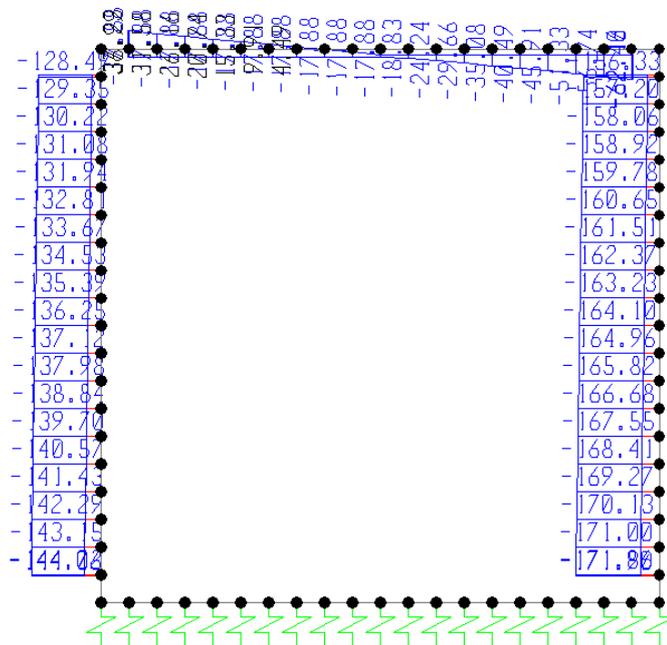


Fig. 6 – Involuppo azioni assiali SLE rara

10 VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i valori delle sollecitazioni massime e i valori delle sollecitazioni per la verifica a fessurazione risultanti dalle combinazioni di cui al capitolo precedente.

Per le verifiche in corrispondenza dei nodi si considerano le sollecitazioni a filo elemento rigido.

Elemento strutturale	SLU STR					SLU SISMA				
	ID Asta	C.C. M_{max}	N (kN)	M_{max} (kNm)	T_{max} (kN)	ID Asta	C.C. M_{max}	N (kN)	M_{max} (kNm)	T_{max} (kN)
soletta inferiore	1	SLU122	0.00	114.76	-202.91	1	SLU _{sisma} 25	0.00	36.73	-69.75
soletta inferiore	1	SLU124	0.00	-102.20	-	1	SLU _{sisma} 25	0.00	-25.20	-
soletta superiore	3	SLU122	85.73	-98.77	187.14	3	SLU _{sisma} 25	26.06	-23.64	51.00
soletta superiore	3	SLU217	-50.13	77.16	-	3	SLU _{sisma} 25	19.82	13.82	-
pieдрitti	2	SLU217	49.58	-76.64	113.30	2	SLU _{sisma} 9	13.32	-12.83	58.22
pieдрitti	4	SLU217	125.32	63.91	91.76	4	SLU _{sisma} 9	55.67	7.73	25.84
pieдрitti	2	SLU122	74.01	111.98	-	2	SLU _{sisma} 25	47.29	35.72	-



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

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 39 DI 73

Elemento strutturale	SLE RARA				SLE FREQUENTE				SLE QUASI PERMANENTE			
	ID Asta	C.C.	N (kN)	M _{max} (kNm)	ID Asta	C.C.	N (kN)	M _{max} (kNm)	ID Asta	C.C.	N (kN)	M _{max} (kNm)
soletta inferiore	1	SLEr39	0.00	83.20	1	SLEf19	0.00	19.51	1	SLEq1	0.00	9.19
soletta inferiore	1	SLEr39	0.00	-73.63	1	SLEf13	0.00	-35.19	1	SLEq1	0.00	-9.25
soletta superiore	3	SLEr39	62.40	-72.04	3	SLEf19	13.41	-12.98	3	SLEq1	12.36	-4.45
soletta superiore	3	SLEr39	-24.50	51.78	3	SLEf13	11.76	30.10	3	SLEq1	12.36	5.01
pedritti	2	SLEr39	40.07	-41.31	2	SLEf10	27.16	-2.79	2	SLEq1	30.69	-0.34
pedritti	4	SLEr39	171.90	29.04	4	SLEf7	35.07	0.62	4	SLEq1	30.69	0.34
pedritti	2	SLEr39	55.67	81.52	2	SLEf19	112.45	28.20	2	SLEq1	39.35	10.81



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	40 DI 73

10.1 VERIFICA SOLETTA INFERIORE

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	40.0
3	50.0	40.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.4	7.6	16
2	-42.4	32.4	16
3	42.4	32.4	16
4	42.4	7.6	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	41 DI 73

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	16
2	2	3	8	16

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	114.76	-202.91
2	0.00	-102.20	0.00
3	0.00	36.73	-69.75
4	0.00	-25.20	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	83.20	0.00
2	0.00	-73.63	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	19.51 (90.78)	0.00 (0.00)
2	0.00	-35.19 (-90.78)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	9.19 (90.78)	0.00 (0.00)
2	0.00	-9.25 (-90.78)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	42 DI 73

Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	114.76	0.00	239.90	2.09	40.2(12.0)
2	S	0.00	-102.20	0.00	-239.90	2.35	40.2(12.0)
3	S	0.00	36.73	0.00	239.90	6.53	40.2(12.0)
4	S	0.00	-25.20	0.00	-239.90	9.52	40.2(12.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	40.0	-0.00039	-42.4	32.4	-0.01306	-42.4	7.6
2	0.00350	-50.0	0.0	-0.00039	-42.4	7.6	-0.01306	42.4	32.4
3	0.00350	-50.0	40.0	-0.00039	-42.4	32.4	-0.01306	-42.4	7.6
4	0.00350	-50.0	0.0	-0.00039	-42.4	7.6	-0.01306	42.4	32.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000511251	-0.016950028		
2	0.000000000	-0.000511251	0.003500000		
3	0.000000000	0.000511251	-0.016950028		
4	0.000000000	-0.000511251	0.003500000		

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 43 DI 73

E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vvd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	202.91	869.39	203.99	37.3 29.7	100.0	2.500	1.000	7.0	7.0(0.0)
2	S	0.00	1260.62	81.60	37.3 29.7	100.0	1.000	1.000	0.0	7.0(0.0)
3	S	69.75	869.39	203.99	37.3 29.7	100.0	2.500	1.000	2.4	7.0(0.0)
4	S	0.00	1260.62	81.60	37.3 29.7	100.0	1.000	1.000	0.0	7.0(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.76	-50.0	40.0	-146.3	-33.0	7.6	1000	20.1
2	S	4.21	-50.0	0.0	-129.4	33.0	32.4	1000	20.1

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00099	0	0.500	16.0	68	0.00044 (0.00044)	366	0.161 (0.20)	90.78	0.00
2	S	-0.00087	0	0.500	16.0	68	0.00039 (0.00039)	366	0.142 (0.20)	-90.78	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.12	-50.0	40.0	-34.3	-33.0	7.6	1000	20.1
2	S	2.01	-50.0	0.0	-61.9	33.0	32.4	1000	20.1



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 44 DI 73

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00023	0	0.500	16.0	68	0.00010 (0.00010)	366	0.038 (0.20)	90.78	0.00
2	S	-0.00042	0	0.500	16.0	68	0.00019 (0.00019)	366	0.068 (0.20)	-90.78	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.53	-50.0	40.0	-16.2	-42.4	7.6	1000	20.1
2	S	0.53	-50.0	0.0	-16.3	33.0	32.4	1000	20.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00011	0	0.500	16.0	68	0.00005 (0.00005)	366	0.018 (0.20)	90.78	0.00
2	S	-0.00011	0	0.500	16.0	68	0.00005 (0.00005)	366	0.018 (0.20)	-90.78	0.00

10.2 VERIFICA SOLETTA SUPERIORE

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0



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

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	45 DI 73

2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.4	7.6	16
2	-42.4	22.4	16
3	42.4	22.4	16
4	42.4	7.6	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	16
2	2	3	8	16

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	85.73	-98.77	187.14
2	-50.13	77.16	0.00
3	26.06	-23.64	51.00
4	19.82	13.82	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	66.41	-72.04	0.00
2	-20.49	51.78	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	17.43	-12.98 (-53.30)	0.00 (0.00)
2	15.77	30.10 (51.17)	0.00 (0.00)



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 46 DI 73

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	16.45	-4.45 (-60.58)	0.00 (0.00)
2	16.45	5.01 (59.16)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.8 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	85.73	-98.77	85.61	-168.12	1.70	40.2(9.0)
2	S	-50.13	77.16	-50.09	157.12	2.04	40.2(9.0)
3	S	26.06	-23.64	26.21	-163.32	6.91	40.2(9.0)
4	S	19.82	13.82	19.64	162.78	11.78	40.2(9.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	0.0	-0.00026	-42.4	7.6	-0.00757	42.4	22.4
2	0.00350	-50.0	30.0	-0.00046	-42.4	22.4	-0.00818	-42.4	7.6
3	0.00350	-50.0	0.0	-0.00035	-42.4	7.6	-0.00784	42.4	22.4
4	0.00350	-50.0	30.0	-0.00036	-42.4	22.4	-0.00787	-42.4	7.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 47 DI 73

x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000494189	0.003500000	----	----
2	0.000000000	0.000521395	-0.012141841	----	----
3	0.000000000	-0.000506115	0.003500000	----	----
4	0.000000000	0.000507419	-0.011722579	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	187.14	583.16	188.66	27.2 19.6	100.0	2.500	1.017	9.8	9.9(0.0)
2	S	0.00	837.88	76.03	27.3 19.7	100.0	1.000	1.000	0.0	9.9(0.0)
3	S	51.00	578.41	189.30	27.2 19.6	100.0	2.500	1.005	2.7	9.9(0.0)
4	S	0.00	837.98	75.75	27.2 19.6	100.0	1.000	1.004	0.0	9.9(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.93	-50.0	0.0	-169.9	33.0	22.4	750	20.1
2	S	5.72	-50.0	30.0	-140.2	-33.0	7.6	800	20.1

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
Ver. Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 48 DI 73

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00134	0	0.500	16.0	68	0.00051 (0.00051)	333	0.170 (0.20)	-52.18	0.00
2	S	-0.00108	0	0.500	16.0	68	0.00042 (0.00042)	339	0.143 (0.20)	48.96	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.43	-50.0	0.0	-29.2	33.0	22.4	900	20.1
2	S	3.32	-50.0	30.0	-74.1	-42.4	7.6	750	20.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00023	0	0.500	16.0	68	0.00009 (0.00009)	353	0.031 (0.20)	-53.30	0.00
2	S	-0.00058	0	0.500	16.0	68	0.00022 (0.00022)	333	0.074 (0.20)	51.17	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.48	-50.0	0.0	-7.4	33.0	22.4	800	20.1
2	S	0.54	-50.0	30.0	-8.8	-42.4	7.6	850	20.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00006	0	0.500	16.0	68	0.00002 (0.00002)	339	0.007 (0.20)	-60.58	0.00
2	S	-0.00007	0	0.500	16.0	68	0.00003 (0.00003)	346	0.009 (0.20)	59.16	0.00

10.3 VERIFICA PIEDRITTI

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	49 DI 73

Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.0	7.0	16
2	-43.0	23.0	16
3	43.0	23.0	16
4	43.0	7.0	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	16
2	2	3	8	16

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	49.58	-76.64	113.30
2	125.32	63.91	91.76
3	74.01	111.98	0.00
4	13.32	-12.83	58.22
5	55.67	7.73	25.84
6	47.29	35.72	0.00



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	50 DI 73

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	40.07	-41.31	0.00
2	171.90	29.04	0.00
3	55.67	81.52	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	27.16	-2.79 (-97.03)	0.00 (0.00)
2	35.07	0.62 (51.17)	0.00 (0.00)
3	112.45	28.20 (63.27)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	30.69	-0.34 (-60.58)	0.00 (0.00)
2	30.69	0.34 (59.16)	0.00 (0.00)
3	39.35	10.81 (61.96)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	49.58	-76.64	49.53	-168.55	2.20	40.2(9.0)
2	S	125.32	63.91	125.35	175.02	2.74	40.2(9.0)
3	S	74.01	111.98	74.10	170.65	1.52	40.2(9.0)



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 51 DI 73

4	S	13.32	-12.83	13.06	-165.42	12.89	40.2(9.0)
5	S	55.67	7.73	55.49	169.06	21.87	40.2(9.0)
6	S	47.29	35.72	47.54	168.37	4.71	40.2(9.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	0.0	-0.00019	-43.0	7.0	-0.00863	43.0	23.0
2	0.00350	-50.0	30.0	-0.00008	-43.0	23.0	-0.00825	-43.0	7.0
3	0.00350	-50.0	30.0	-0.00015	-43.0	23.0	-0.00850	-43.0	7.0
4	0.00350	-50.0	0.0	-0.00025	-43.0	7.0	-0.00882	43.0	23.0
5	0.00350	-50.0	30.0	-0.00018	-43.0	23.0	-0.00860	-43.0	7.0
6	0.00350	-50.0	30.0	-0.00019	-43.0	23.0	-0.00864	-43.0	7.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000527384	0.003500000	----	----
2	0.000000000	0.000510886	-0.011826590	----	----
3	0.000000000	0.000521764	-0.012152916	----	----
4	0.000000000	-0.000535633	0.003500000	----	----
5	0.000000000	0.000526024	-0.012280727	----	----
6	0.000000000	0.000527837	-0.012335115	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	113.30	602.13	113.68	27.3 20.3	100.0	2.500	1.010	5.7	5.7(0.0)



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 52 DI 73

2	S	91.76	608.41	113.21	27.3	20.3	100.0	2.500	1.025	4.6	5.7(0.0)
3	S	0.00	875.99	45.41	27.3	20.3	100.0	1.000	1.015	0.0	5.7(0.0)
4	S	58.22	599.09	113.91	27.4	20.4	100.0	2.500	1.003	2.9	5.7(0.0)
5	S	25.84	602.64	113.65	27.3	20.3	100.0	2.500	1.011	1.3	5.7(0.0)
6	S	0.00	872.79	45.48	27.3	20.3	100.0	1.000	1.009	0.0	5.7(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.27	-50.0	0.0	-94.4	33.4	23.0	750	20.1
2	S	2.92	-50.0	30.0	-32.0	-43.0	7.0	700	20.1
3	S	8.42	-50.0	30.0	-192.3	-43.0	7.0	750	20.1

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00071	0	0.500	16.0	62	0.00028 (0.00028)	312	0.088 (0.20)	-53.49	0.00
2	S	-0.00028	0	0.500	16.0	62	0.00010 (0.00010)	305	0.029 (0.20)	71.65	0.00
3	S	-0.00145	0	0.500	16.0	62	0.00058 (0.00058)	312	0.182 (0.20)	52.72	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.27	-50.0	0.0	-1.1	33.4	23.0	750	20.1
2	S	0.13	-50.0	30.0	1.2	-33.4	7.0	---	---
3	S	2.88	-50.0	30.0	-43.4	-43.0	7.0	800	20.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	16.0	62	0.00000 (0.00000)	312	0.001 (0.20)	-97.03	0.00
2	S	-0.00058	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	51.17	0.00



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

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	53 DI 73

3 S -0.00035 0 0.500 16.0 62 0.00013 (0.00013) 319 0.042 (0.20) 63.27 0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.10	-50.0	0.0	1.1	33.4	23.0	---	---
2	S	0.10	-50.0	30.0	1.1	-23.9	7.0	---	---
3	S	1.11	-50.0	30.0	-17.5	-43.0	7.0	800	20.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00006	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	-60.58	0.00
2	S	-0.00007	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	59.16	0.00
3	S	-0.00014	0	0.500	16.0	62	0.00005 (0.00005)	319	0.017 (0.20)	61.96	0.00

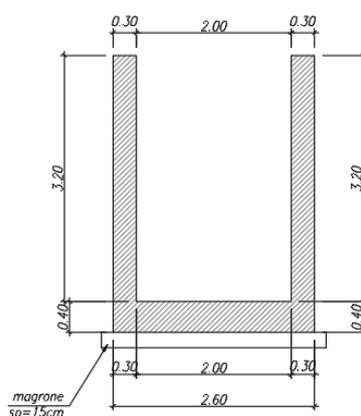
10.4 TABELLA RIASSUNTIVA ARMATURE

Tabella armature				
Elemento strutturale	Arm. Sup.	Arm. Inf.	Spille	Incidenza
soletta inferiore	Φ16/10	Φ16/10	Φ10/30x30	130 kg/m3
soletta superiore	Φ16/10	Φ16/10	Φ12/30x30	180 kg/m3
pedritti	Φ16/10	Φ16/10	Φ10/30x30	170 kg/m3

11 TOMBINO SEZIONE AD “U”

La dimensione interna è di 2.00m e l'altezza interna pari a 3.20m, , piedritti di spessore 0.30m e soletta inferiore di spessore 0.40m.

Nel seguito verrà esaminata una striscia di sezione ad “U” avente lunghezza di 1.00 m. In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.



11.1 GEOMETRIA

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
larghezza totale scatolare	L_{tot}	2.60	m
larghezza utile scatolare	L_{int}	2.00	m
larghezza interasse	L_a	2.30	m
spessore soletta superiore	S_s	0.00	m
spessore piedritti	S_p	0.30	m
spessore fondazione	S_f	0.40	m
altezza totale scatolare	H_{tot}	3.60	m
altezza libera scatolare	H_{int}	3.20	m
spessore pacchetto stradale superiore	$H_{p_{sup}}$	0.00	m
spessore ricoprimento superiore	$H_{R_{sup}}$	0.00	m
spessore pacchetto stradale inferiore	$H_{p_{inf}}$	0.00	m
spessore ricoprimento inferiore	$H_{R_{inf}}$	0.00	m

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 55 DI 73

11.2 MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello del telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Il modello considerato per l'analisi è quello di una sezione ad "U" di profondità unitaria (1.00m) soggetto alle azioni da traffico di norma e quelle permanenti. In corrispondenza dei vertici della sezione ad "U" sono state inserite delle zone rigide pari a metà spessore degli elementi.

Il terreno di fondazione è stato modellato utilizzando la schematizzazione alla Winkler con un opportuno coefficiente di sottofondo.

11.2.1 VALUTAZIONE DELLA RIGIDEZZA DELLE MOLLE

Si considera la sezione ad "U" appoggiata su di un letto di molle (schematizzazione alla Winkler) assegnando alle aste di fondazione del modello un valore di "linear spring" pari a $K = 70000 \text{ kN/mc}$.

11.3 ANALISI DEI CARICHI

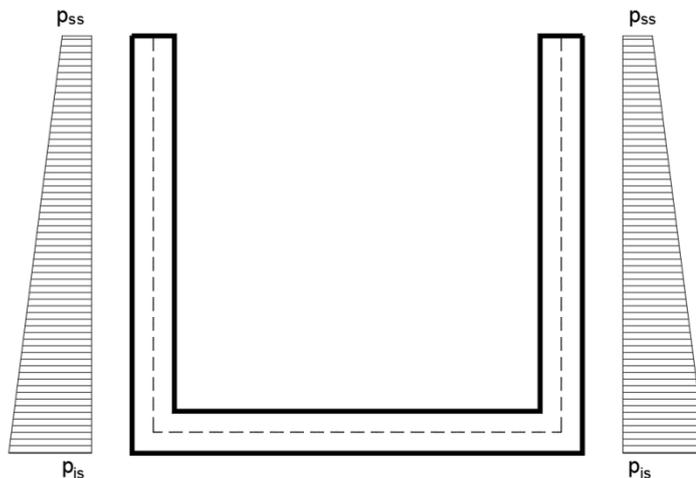
11.3.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA E CARICHI PERMANENTI PORTATI

<u>Soletta inferiore</u>	- Peso proprio	10.00 kN/m
	- Totale	10.00 kN/m
	- Peso pacchetto pavimentazione 0 cm	0.00 kN/m
	- Peso terreno ricoprimento	0.00 kN/m
	- Totale	0.00 kN/m
<u>Piedritti</u>	- Peso proprio	7.50 kN/m
	- Totale	7.50 kN/m

11.3.2 SPINTA SULLE PARETI DOVUTA AL TERRENO ED AL SOVRACCARICO PERMANENTE

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito $\varphi = 35^\circ$ ed un peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidità della sezione ad "U", utilizzando la formula $K_0 = 1 - \sin\varphi'$, per cui si ottiene un valore di $K_0 = 0.43$. Le spinte in asse soletta superiore ed asse soletta inferiore valgono:

$$\begin{aligned}
 p_{ss} &= K_0 * (H_t + H_p + S_s/2) * \gamma = 0.0 \text{ kN/m} \\
 p_{is} &= p_{ss} + K_0 * \gamma * (S_s/2 + H_{int} + S_f/2) = 29.0 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto e soletta inferiore con valore pari a 5.97 kN.

11.4 SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO $Q_1=10 \text{ KN/M}$

$$q_1 = 10.00 \text{ kN/m}^2$$

$$p_1(\text{str}) = q_1 * K_0 = 4.26 \text{ kN/m}^2$$

Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta inferiore con valore pari a 0.00 kN

11.5 AZIONE SISMICA INERZIALE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

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

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

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni: $k_h = a_{\text{max}}/g$

$$k_v = \pm 0.5 * k_h$$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B	FOGLIO 57 DI 73

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 14/01/2008 viene assegnata all'opera una vita nominale $V_N \geq 75$ anni ed una classe d'uso II $C_u=1.0$; segue un periodo di riferimento $V_R = V_N * C_u = 75$ anni

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari a $a_g = 0.182$ g.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S * a = S_s * S_t * a_g$$

dove assumendo un terreno di tipo C ed in base al fattore di amplificazione del sito F_o si ottiene:

$$S_s = 1.429 \quad \text{Coefficiente di amplificazione stratigrafica}$$

$$S_T = 1 \quad \text{Coefficiente di amplificazione topografica}$$

ne deriva che:

$$a_{max} = 1.429 * 1 * 0.182 \text{ g} = 0.260 \text{ g}$$

$$k_h = a_{max} / g = 0.260$$

$$k_v = \pm 0.5 * k_h = 0.130$$

Sisma orizzontale

$F_{sis} = a_{max} * \gamma * H_{tot}$		12.33	kN/m	(carico applicato sulla parete)
$F_{inp} = \alpha * S_p * \gamma * 1m$	=	2.28	kN/m	(inerzia piedritti)
Totale =		14.60	kN/m	(piederitto sx)
Totale =		2.28	kN/m	(piederitto dx)

Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta inferiore con valore pari a 4.14 kN. Si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto destro e soletta inferiore con valore pari a 0.39 kN.

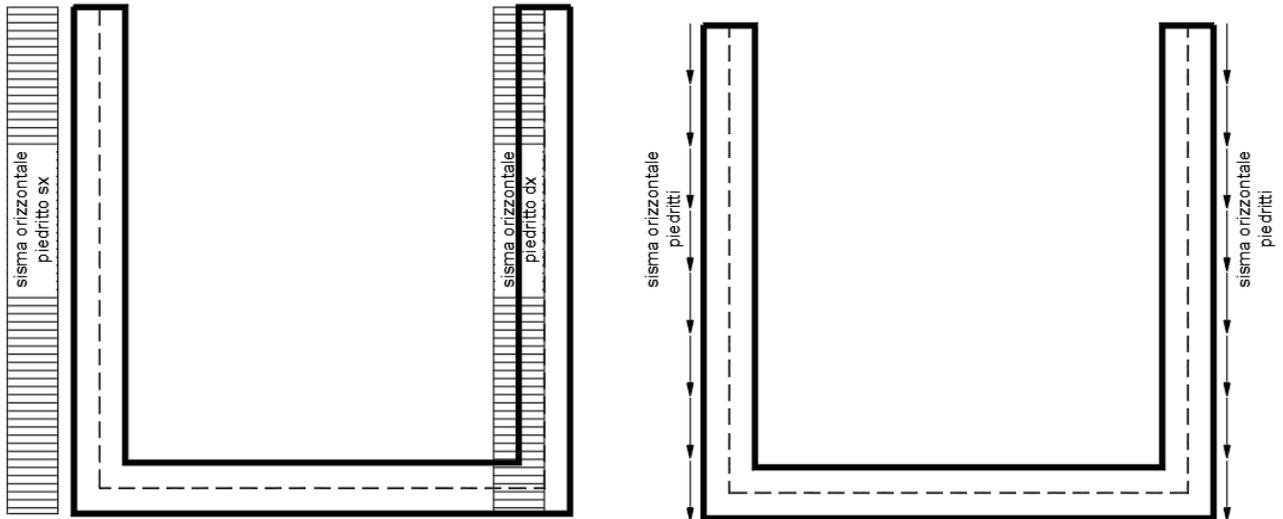
Sisma verticale

$$F_{inp} = 0.5 * \alpha * S_p * \gamma * 1m = 1.14 \text{ kN/m} \quad \text{(inerzia piedritti)}$$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
	Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL IN2100 001	REV. B

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

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



Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto e soletta inferiore con valore pari a 1.71 kN.

11.6 SPINTA SISMICA TERRENO

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

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) * \gamma * H_{\text{tot}}^2 = 67 \text{ kN/m}$$

Tale risultante applicata ad un'altezza pari ad $H_{\text{tot}}/2$. sarà considerata agente su uno solo dei piedritti dell'opera.

12 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

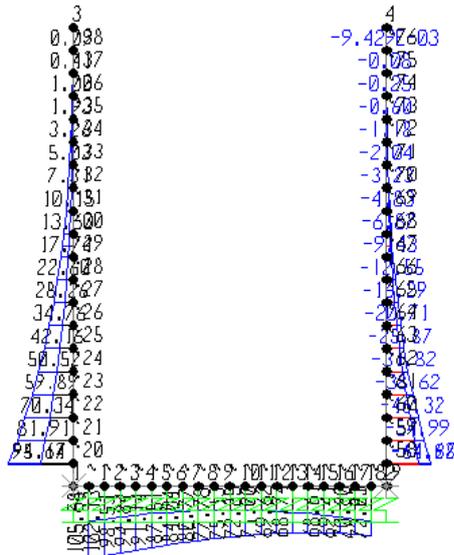


Fig. 7 – Involuppo momenti flettenti SLU

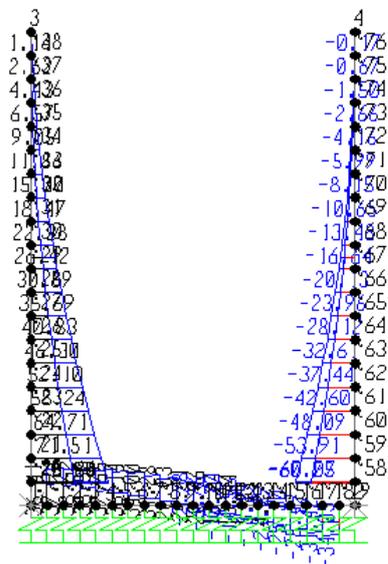


Fig. 8 – Involuppo sforzi taglienti SLU

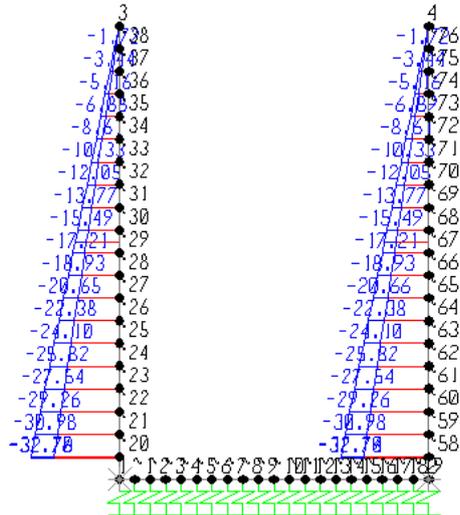
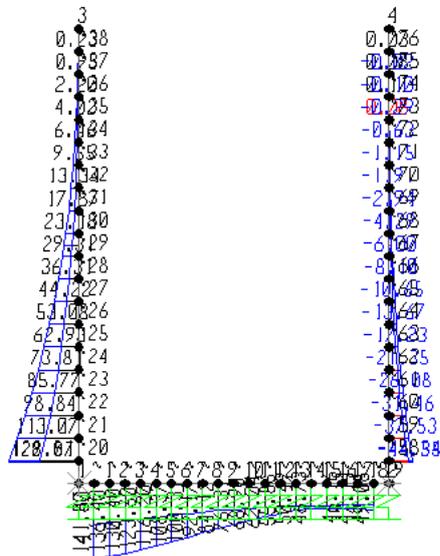


Fig. 9 – Inviluppo azioni assiali SLU



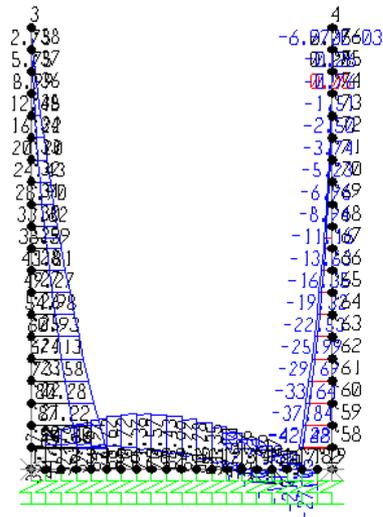


Fig. 11 – Inviluppato sforzi taglianti SLV

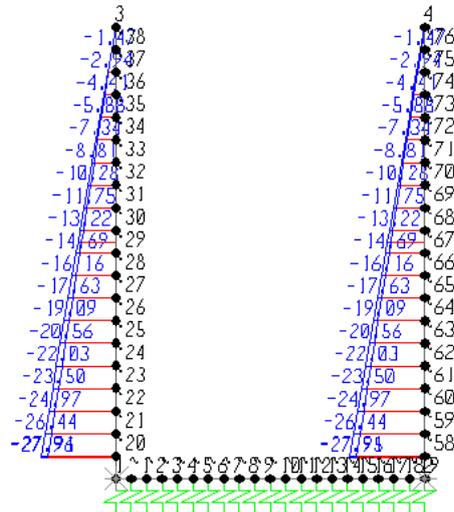


Fig. 12 – Inviluppato azioni assiali SLV

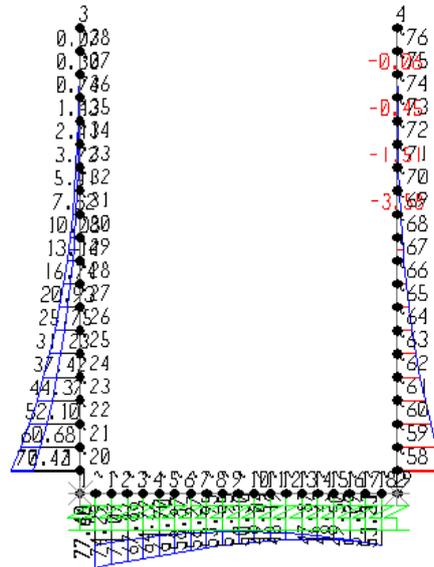


Fig. 13 – Inviluppo momenti flettenti SLE rara

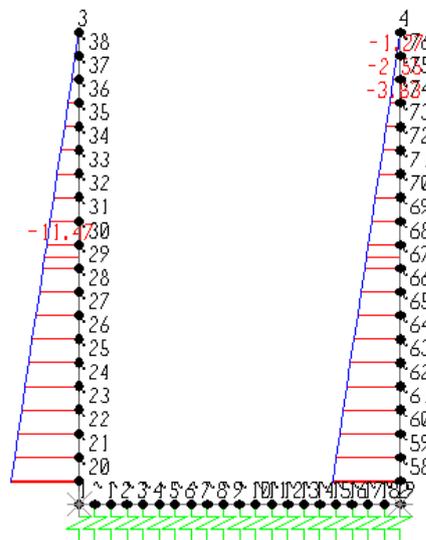


Fig. 14 – Inviluppo azioni assiali SLE rara

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B

13 VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i valori delle sollecitazioni massime e i valori delle sollecitazioni per la verifica a fessurazione risultanti dalle combinazioni di cui al capitolo precedente.

Per le verifiche in corrispondenza dei nodi si considerano le sollecitazioni a filo elemento rigido.

Elemento strutturale	SLU STR					SLU SISMA				
	ID Asta	C.C. M _{max}	N (kN)	M _{max} (kNm)	T _{max} (kN)	ID Asta	C.C. M _{max}	N (kN)	M _{max} (kNm)	T _{max} (kN)
soletta inferiore	1	SLU27	0.00	105.68	38.62	1	SLUsisma9	0.00	141.57	71.36
soletta inferiore	1	SLU4	0.00	35.00	-	1	SLUsisma1	0.00	39.69	-
piedritti	2	SLU4	0.00	0.00	78.90	2	SLEq1	0.00	0.00	94.66
piedritti	4	SLU25	0.00	0.00	-60.26	4	SLUsisma1	4.00	0.11	-44.63
piedritti	2	SLU26	32.76	95.14	-	2	SLUsisma9	25.38	129.07	-

Elemento strutturale	SLE RARA				SLE FREQUENTE				SLE QUASI PERMANENTE			
	ID Asta	C.C.	N (kN)	M _{max} (kNm)	ID Asta	C.C.	N (kN)	M _{max} (kNm)	ID Asta	C.C.	N (kN)	M _{max} (kNm)
soletta inferiore	1	SLEr11	0.00	77.60	1	SLEf7	0.00	67.83	1	SLEq1	0.00	53.17
soletta inferiore	1	SLEr1	0.00	39.99	1	SLEf1	0.00	39.99	1	SLEq1	0.00	39.99
piedritti	2	SLU328	0.00	0.00	2	SLEf1	0.00	0.00	2	SLEf14	0.00	0.00
piedritti	4	SLEr11	0.00	0.00	4	SLEr39	0.00	0.00	4	SLEf7	0.00	0.00
piedritti	2	SLEr11	24.27	70.47	2	SLEf7	24.27	61.55	2	SLEf19	24.27	54.86



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	64 DI 73

13.1 VERIFICA SOLETTA INFERIORE

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	40.0
3	50.0	40.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.4	7.6	16
2	-42.4	32.4	16
3	42.4	32.4	16
4	42.4	7.6	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



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

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	65 DI 73

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	16
2	2	3	3	16

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
Passo staffe: 19.1 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	105.68	38.62
2	0.00	35.00	0.00
3	0.00	141.57	71.36
4	0.00	39.69	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	77.60	0.00
2	0.00	39.99	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	67.83 (89.18)	0.00 (0.00)
2	0.00	39.99 (89.18)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	53.17 (89.18)	0.00 (0.00)
2	0.00	39.99 (89.18)	0.00 (0.00)



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	66 DI 73

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	105.68	0.00	239.05	2.26	30.2(12.0)
2	S	0.00	35.00	0.00	239.05	6.83	30.2(12.0)
3	S	0.00	141.57	0.00	239.05	1.69	30.2(12.0)
4	S	0.00	39.69	0.00	239.05	6.02	30.2(12.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	40.0	-0.00057	-42.4	32.4	-0.01384	-42.4	7.6
2	0.00350	-50.0	40.0	-0.00057	-42.4	32.4	-0.01384	-42.4	7.6
3	0.00350	-50.0	40.0	-0.00057	-42.4	32.4	-0.01384	-42.4	7.6
4	0.00350	-50.0	40.0	-0.00057	-42.4	32.4	-0.01384	-42.4	7.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000535135	-0.017905393		
2	0.000000000	0.000535135	-0.017905393		
3	0.000000000	0.000535135	-0.017905393		
4	0.000000000	0.000535135	-0.017905393		

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 67 DI 73

Passo staffe: 19.1 cm [Passo massimo di normativa = 19.2 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	38.62	872.97	153.35	37.4 29.8	100.0	2.500	1.000	1.3	5.3(0.0)
2	S	0.00	1265.81	61.34	37.4 29.8	100.0	1.000	1.000	0.0	5.3(0.0)
3	S	71.36	872.97	153.35	37.4 29.8	100.0	2.500	1.000	2.4	5.3(0.0)
4	S	0.00	1265.81	61.34	37.4 29.8	100.0	1.000	1.000	0.0	5.3(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.60	-50.0	40.0	-135.7	-42.4	7.6	950	20.1
2	S	2.37	-50.0	40.0	-69.9	-42.4	7.6	950	20.1

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00092	0	0.500	16.0	68	0.00041 (0.00041)	360	0.146 (0.20)	89.18	0.00



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 68 DI 73

2 S -0.00047 0 0.500 16.0 68 0.00021 (0.00021) 360 0.075 (0.20) 89.18 0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.02	-50.0	40.0	-118.6	-33.0	7.6	950	20.1
2	S	2.37	-50.0	40.0	-69.9	-42.4	7.6	950	20.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00080	0	0.500	16.0	68	0.00036 (0.00036)	360	0.128 (0.20)	89.18	0.00
2	S	-0.00047	0	0.500	16.0	68	0.00021 (0.00021)	360	0.075 (0.20)	89.18	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.15	-50.0	40.0	-93.0	-42.4	7.6	950	20.1
2	S	2.37	-50.0	40.0	-69.9	-42.4	7.6	950	20.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00063	0	0.500	16.0	68	0.00028 (0.00028)	360	0.100 (0.20)	89.18	0.00
2	S	-0.00047	0	0.500	16.0	68	0.00021 (0.00021)	360	0.075 (0.20)	89.18	0.00

13.2 VERIFICA PIEDRITTI

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	69 DI 73

Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.8	7.2	16
2	-42.8	22.8	16
3	42.8	22.8	16
4	42.8	7.2	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	16
2	2	3	3	16

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
Passo staffe: 19.1 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	0.10	78.90
2	0.00	0.10	-60.26
3	32.76	95.14	0.00
4	0.00	0.10	94.66
5	4.00	0.11	-44.63
6	25.38	129.07	0.00



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2100 001	B	70 DI 73

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	24.27	70.47	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	24.27	61.55 (50.81)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	24.27	54.86 (50.92)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.9 cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	0.10	0.00	162.62	999.00	30.2(9.0)
2	S	0.00	0.10	0.00	162.62	999.00	30.2(9.0)
3	S	32.76	95.14	32.69	165.49	1.74	30.2(9.0)
4	S	0.00	0.10	0.00	162.62	999.00	30.2(9.0)
5	S	4.00	0.11	4.01	162.97	999.00	30.2(9.0)
6	S	25.38	129.07	25.29	164.84	1.28	30.2(9.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 71 DI 73

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	30.0	-0.00045	-42.8	22.8	-0.00902	-42.8	7.2
2	0.00350	-50.0	30.0	-0.00045	-42.8	22.8	-0.00902	-42.8	7.2
3	0.00350	-50.0	30.0	-0.00038	-42.8	22.8	-0.00878	-42.8	7.2
4	0.00350	-50.0	30.0	-0.00045	-42.8	22.8	-0.00902	-42.8	7.2
5	0.00350	-50.0	30.0	-0.00044	-42.8	22.8	-0.00899	-42.8	7.2
6	0.00350	-50.0	30.0	-0.00039	-42.8	22.8	-0.00883	-42.8	7.2

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000548965	-0.012968960		
2	0.000000000	0.000548965	-0.012968960		
3	0.000000000	0.000538537	-0.012656125	----	----
4	0.000000000	0.000548965	-0.012968960		
5	0.000000000	0.000547685	-0.012930542	----	----
6	0.000000000	0.000540916	-0.012727473	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm
Passo staffe: 19.1 cm [Passo massimo di normativa = 19.2 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	78.90	593.53	104.26	27.4 20.2	100.0	2.500	1.000	4.0	5.3(0.0)
2	S	60.26	593.53	104.26	27.4 20.2	100.0	2.500	1.000	3.0	5.3(0.0)
3	S	0.00	864.03	41.60	27.4 20.2	100.0	1.000	1.006	0.0	5.3(0.0)



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

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

Relazione di calcolo

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IA5F 01 D 78 CL IN2100 001 B 72 DI 73

4	S	94.66	593.53	104.26	27.4	20.2	100.0	2.500	1.000	4.8	5.3(0.0)
5	S	44.63	593.35	104.23	27.4	20.2	100.0	2.500	1.000	2.3	5.3(0.0)
6	S	0.00	863.28	41.63	27.4	20.2	100.0	1.000	1.005	0.0	5.3(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.63	-50.0	30.0	-172.5	-42.8	7.2	750	20.1

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00132	0	0.500	16.0	64	0.00052 (0.00052)	319	0.165 (0.20)	50.69	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.67	-50.0	30.0	-149.9	-42.8	7.2	750	20.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00114	0	0.500	16.0	64	0.00045 (0.00045)	319	0.143 (0.20)	50.81	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.95	-50.0	30.0	-132.9	-42.8	7.2	750	20.1

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

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2100 001	REV. B

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00101	0	0.500	16.0	64	0.00041 (0.00040)	319	0.132 (0.20)	50.92	0.00

13.3 TABELLA RIASSUNTIVA ARMATURE

Tabella armature				
Elemento strutturale	Arm. Sup.	Arm. Inf.	Spille	Incidenza
soletta inferiore	Φ16/20	Φ16/10	Φ8/30x30	95 kg/m3
pie dritti	Φ16/10	Φ16/20	Φ8/30x30	125 kg/m3