

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

IN26 – Tombino in c.a. sotto NV02

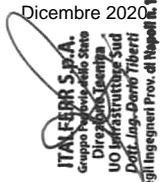
Relazione di calcolo

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	6	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 CSLPP	E.SELLARI	Dicembre 2020	N.MANCUSO <i>Nicol Mancuso</i>	Dicembre 2020	F.GERNONE <i>Felice Gernone</i>	Dicembre 2020	 ITALFERR S.p.A. gruppo ferroviario stato Direzione Geniera UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Donato Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

File: DOCUMENTO1

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 D 78 CL	DOCUMENTO IN2600 001	REV. B	FOGLIO 3 DI 94

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	MATERIALI.....	7
3.1	CALCESTRUZZO	7
3.2	ACCIAIO B450C.....	7
3.3	VERIFICA S.L.E.	8
3.3.1	VERIFICHE ALLE TENSIONI	8
3.3.2	VERIFICHE A FESSURAZIONE	9
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	11
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO	11
4.2	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	11
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	13
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	13
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	13
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 1.72X1.72M	19
7.1	GEOMETRIA	19
7.2	MODELLO DI CALCOLO	19
7.2.1	VALUTAZIONE DELLA RIGIDEZZA DELLE MOLLE.....	20
7.3	ANALISI DEI CARICHI.....	20
7.3.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA E CARICHI PERMANENTI PORTATI	20
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 Q1=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.....	32
8.1	CONDIZIONI DI CARICO:.....	33
	DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI.....	37
9	VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	41
9.1	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	42
9.2	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE.....	46
9.3	VERIFICA PIEDRITTI	51
10	MURO DI SOSTEGNO.....	57

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01</td> <td>D 78 CL</td> <td>IN2600 001</td> <td>B</td> <td>4 DI 94</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01	D 78 CL	IN2600 001	B	4 DI 94
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01	D 78 CL	IN2600 001	B	4 DI 94								

10.1 TABULATO DI CALCOLO MURO 65

	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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 5 DI 94

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo delle opere relative alla nuova linea Ferrandina-Matera La Martella per il collegamento di matera con la rete ferroviaria nazionale.

In particolare, ha per oggetto le verifiche secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) del tombino scatolare sulla viabilità IN26 alla progressiva 2+341.55.

Il tombino si rende necessario per garantire la continuità idraulica del nuovo tracciato stradale.

L'opera consiste in un tombino circolare che in fase di calcolo viene assimilato ad una sezione scatolare come descritto successivamente.

La sezione trasversale retta ha una larghezza interna di $L_{int} = 1.72$ m ed un'altezza netta di $H_{int} = 1.72$ m; lo spessore della platea di fondazione è di $S_f = 0.35$ m, lo spessore dei piedritti è di $S_p = 0.35$ m e lo spessore della soletta di copertura è di $S_s = 0.30$ m.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

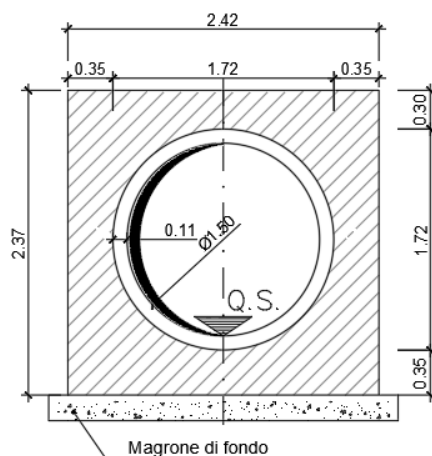


Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera


	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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 6 DI 94

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 D 78 CL IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 7 DI 94

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 D 78 CL	DOCUMENTO IN2600 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 "Specifica 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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 9 DI 94

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

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

Risultando:

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 10 DI 94

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

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:

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura 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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 11 DI 94

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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 12 DI 94

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

dove:

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

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

$$\nu = 0.3$$

$$B = 2.4 \text{ m}$$

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

$$L/B = 6.20$$

$$c_t = 1.83$$

$$K_w = 74557 \text{ kN/m}^3$$

Cautelativamente si limita, ai fini del calcolo, il valore della costante di sottofondo a circa 74000 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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 13 DI 94

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 IN2600 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 14 DI 94

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: LATITUDINE:

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

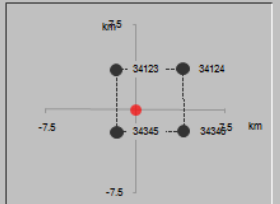
Grafici spettri di risposta

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 - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

Strategia di progettazione

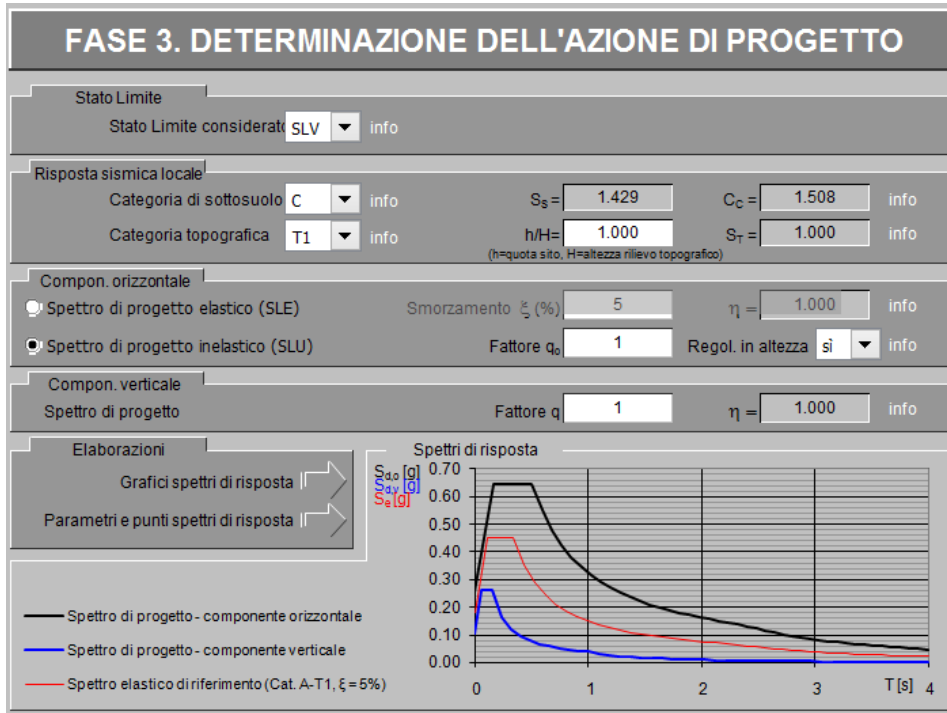


LEGENDA GRAFICO

- 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_g	0.182 g
F_a	2.489
T_a	0.334 s
S_a	1.429
C_a	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

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

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

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

$$T_b = 4.0 \cdot a_g / \xi + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

$$T_b \leq T < T_c \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

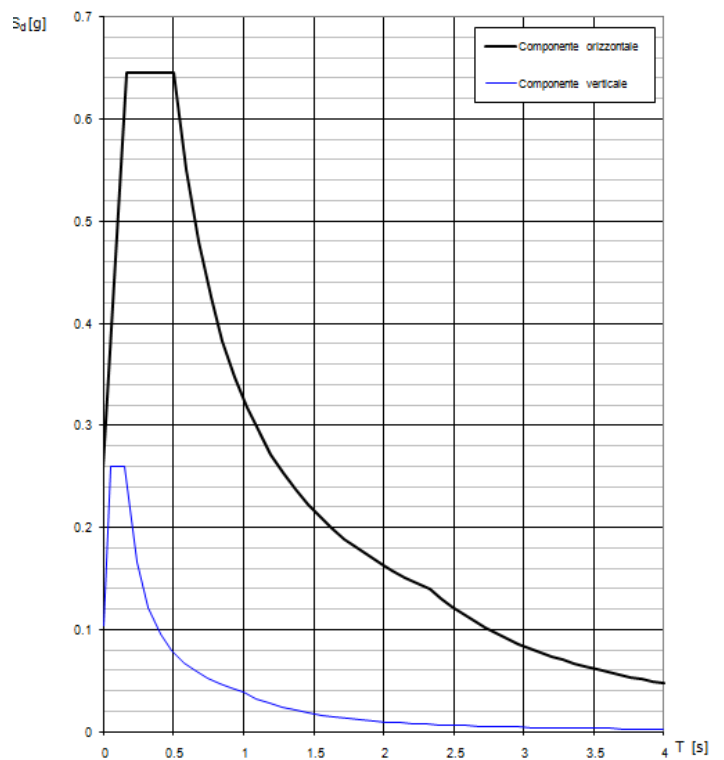
$$T_c \leq T < T_b \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_b \leq T \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_b}{T^2} \right)$$

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
2.488	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



	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
<p>Relazione di calcolo</p>	<p>PROGETTO IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D 78 CL</p>	<p>DOCUMENTO IN2600 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 16 DI 94</p>

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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 17 DI 94

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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 18 DI 94

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

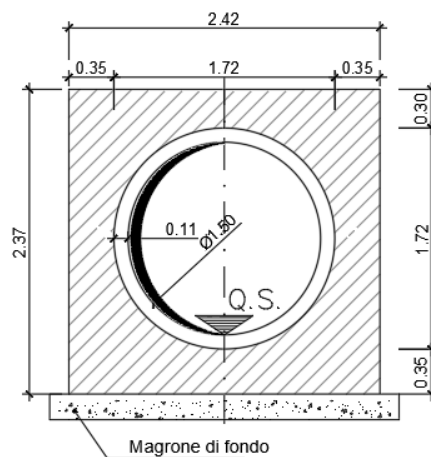
Per le verifiche delle sezioni si adotta il programma: "RC-SEC" – Autore GEOSTRU Software. ANALISI DEI CARICHI E FASI

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 19 DI 94

7 TOMBINO SCATOLARE 1.72X1.72M

La dimensione interna è di 1.72m e l'altezza interna pari a 1.72m, con soletta superiore di spessore 0.30m, piedritti di spessore 0.35m e soletta inferiore di spessore 0.35m.

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}	2.42	m
larghezza utile scatolare	L_{int}	1.72	m
larghezza interasse	L_a	2.07	m
spessore soletta superiore	S_s	0.30	m
spessore piedritti	S_p	0.35	m
spessore fondazione	S_f	0.35	m
altezza totale scatolare	H_{tot}	2.37	m
altezza libera scatolare	H_{int}	1.72	m
spessore pacchetto stradale superiore	$H_{p_{sup}}$	0.15	m
spessore ricoprimento superiore	$H_{R_{sup}}$	3.57	m
spessore pacchetto stradale inferiore	$H_{p_{inf}}$	0.00	m
spessore ricoprimento inferiore	$H_{R_{inf}}$	0.00	m

7.2 MODELLO DI CALCOLO

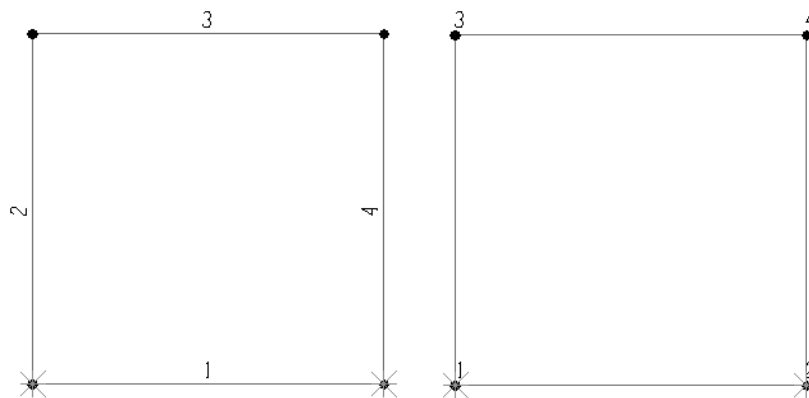
	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 20 DI 94

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 RIGIDEZZA DELLE MOLLE

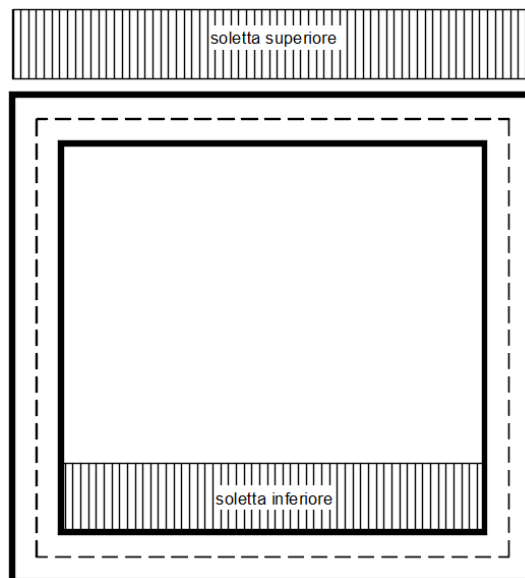
Si considera lo scatolare appoggiato su di un letto di molle (schematizzazione alla Winkler) assegnando alle aste di fondazione del modello un valore di “linear spring” pari a $K= 74000$ kN/mc.

7.3 ANALISI DEI CARICHI

7.3.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA E CARICHI PERMANENTI PORTATI

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 21 DI 94

<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	71.40 kN/m
	- Totale	74.40 kN/m
<u>Soletta inferiore</u>	- Peso proprio	8.75 kN/m
	- Totale	8.75 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	8.75 kN/m
	- Totale	8.75 kN/m



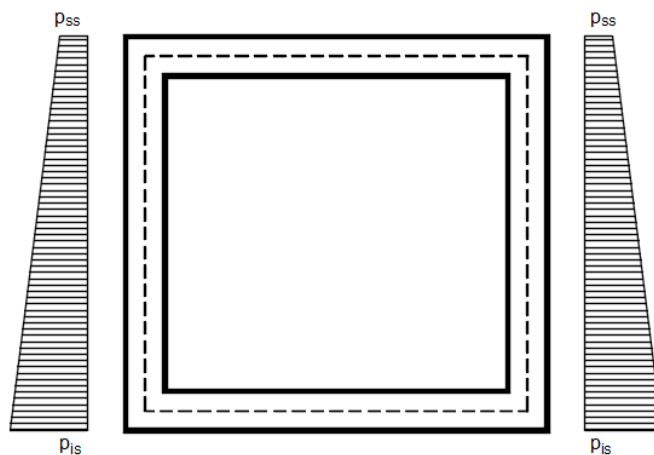
Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra soletta superiore e piedritti con valore pari a 13.02 kN. Al fine di considerare le porzioni di struttura relative al cerchio inscritto nella sezione scatolare, nei quattro nodi di vertice si considera un carico, dovuto al peso proprio, pari a 4.00 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 D 78 CL IN2600 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 22 DI 94

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:

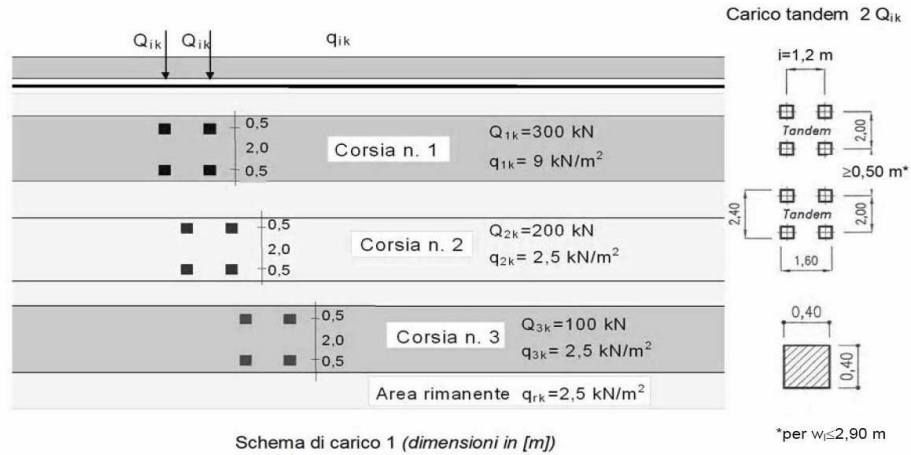
$$\begin{aligned}
 p_{ss} &= K_0 * (H_t + H_p + S_s/2) * \gamma = 33.0 \text{ kN/m} \\
 p_{is} &= p_{ss} + K_0 * \gamma * (S_s/2 + H_{int} + S_f/2) = 50.4 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



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 4.85 kN ed inferiore con valore pari a 8.96 kN.

7.4 RIPARTIZIONE DEI CARICHI MOBILI VERTICALI

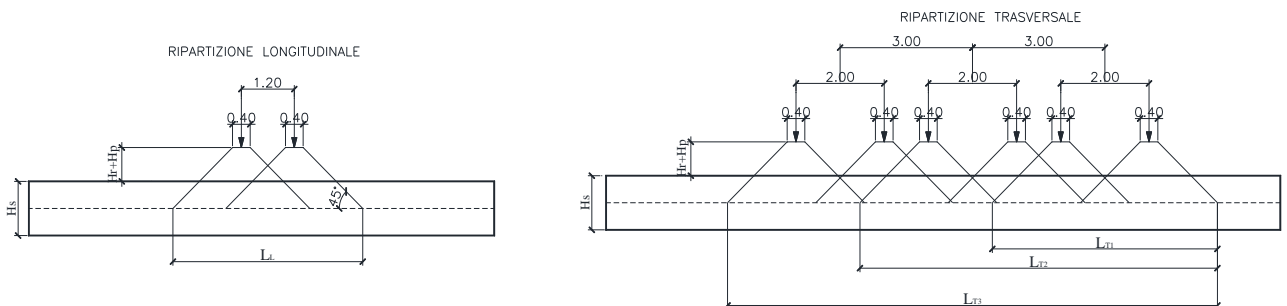
Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.



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:

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

	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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 24 DI 94

$L_L =$	6.20 m	$q_{2k} =$	9.0 kN/m ²
$L_{T1} =$	7.00 m	$q_{1k} =$	13.8 kN/m ²
$L_{T2} =$	10.00 m	$q_{1k} =$	16.1 kN/m ²
$L_{T3} =$	13.00 m	$q_{1k} =$	14.9 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 2.42 kN per i carichi concentrati e valore pari a 1.58 kN per il carico distribuito.

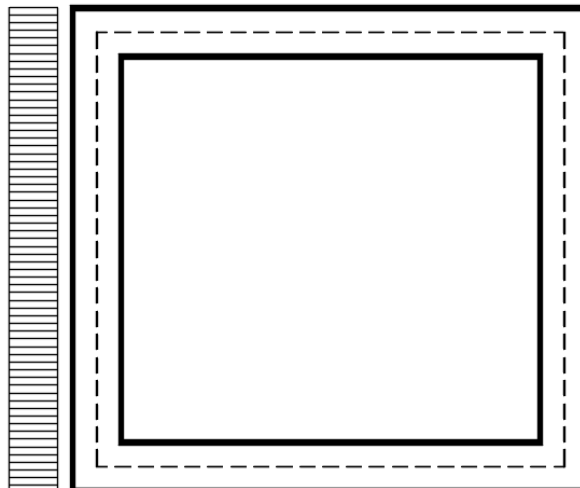
Il calcolo dello scatolare viene eseguito per una striscia trasversale di 1.00m.

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

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

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

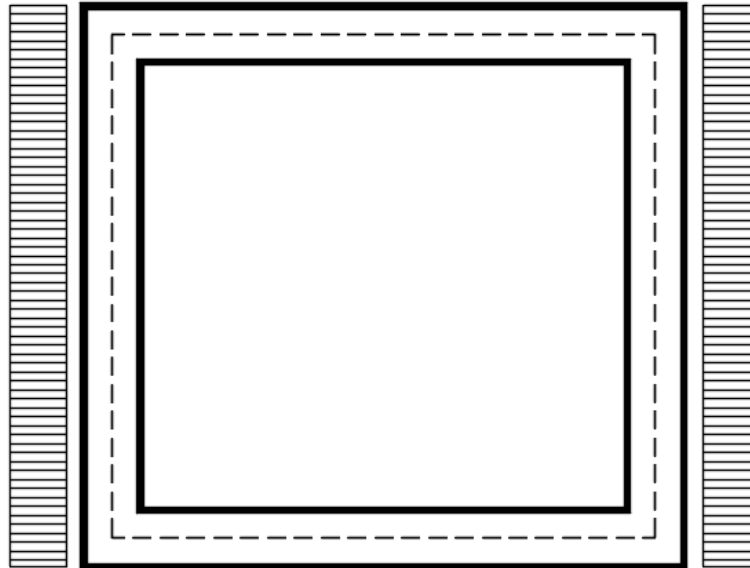
a) Spinta sul piedritto sinistro



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 1.49 kN.

b) Spinta su entrambi i 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 D 78 CL IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 25 DI 94



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 1.49 kN.

7.5.1 FRENATURA

L'opera risulta molto interrata per cui si ritiene trascurabile l'effetto della frenatura sulla struttura 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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 26 DI 94

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"

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

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

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

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

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

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

2.700 *coeff che tiene conto della resistenza del c/c*

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

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 D 78 CL IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 28 DI 94

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

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

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

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

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6$$

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

$$\alpha_{ds2} = 0.11$$

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

$$k_v = \pm 0.5 * k_h$$

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 29 DI 94

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

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)
$F_{inr} = \alpha * (H_p + H_r) * \gamma_r * 1m$	=	19.35	kN/m	(inerzia pavimentazione e riempimento)
$F_{ins} = \alpha * S_s * \gamma_{cls} * 1m$	=	1.56	kN/m	(inerzia soletta superiore)
Totale	=	20.91	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 2.19 kN ed inferiore con valore pari a 2.56 kN. Si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto destro e soletta superiore con valore pari a 0.34 kN ed inferiore con valore pari a 0.40 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 D 78 CL IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 30 DI 94

Sisma verticale

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

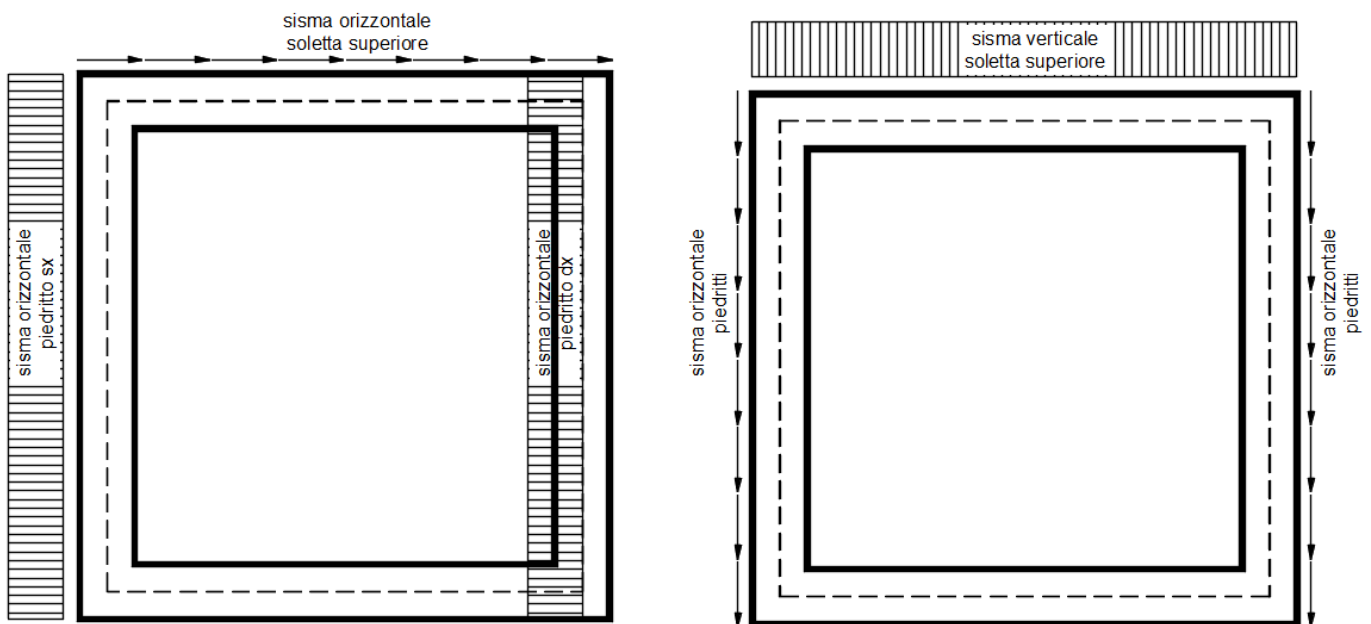
$$F_{inr} = 0.5 * \alpha * (H_p + H_r) * \gamma_r * 1m = 9.67 \text{ kN/m} \quad (\text{inerzia pavimentazione e riempimento})$$

$$F_{ins} = 0.5 * \alpha * S_s * \gamma_{cls} * 1m = 0.78 \text{ kN/m} \quad (\text{inerzia soletta superiore})$$

$$\text{Totale} = 10.46 \text{ kN/m} \quad (\text{soletta superiore})$$

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 1.83 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 1.49 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:

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione di calcolo</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01</td> <td>D 78 CL</td> <td>IN2600 001</td> <td>B</td> <td>31 DI 94</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01	D 78 CL	IN2600 001	B	31 DI 94
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01	D 78 CL	IN2600 001	B	31 DI 94								

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) * \gamma * H_{\text{tot}}^2 = 29 \text{ kN/m}$$

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

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 32 DI 94

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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 33 DI 94

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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B

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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 35 DI 94

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	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

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 36 DI 94

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

	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 IN2600 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 37 DI 94

DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

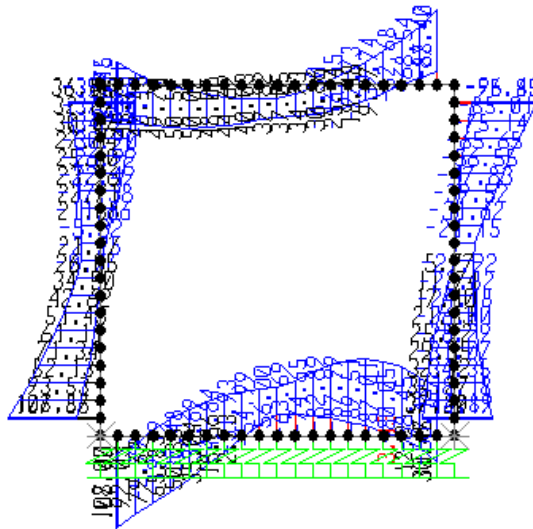


Fig. 2 – Involuppo momenti flettenti SLU

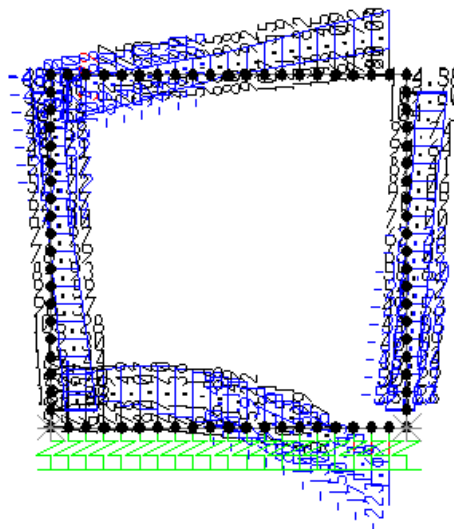


Fig. 3 – Involuppo sforzi taglienti SLU

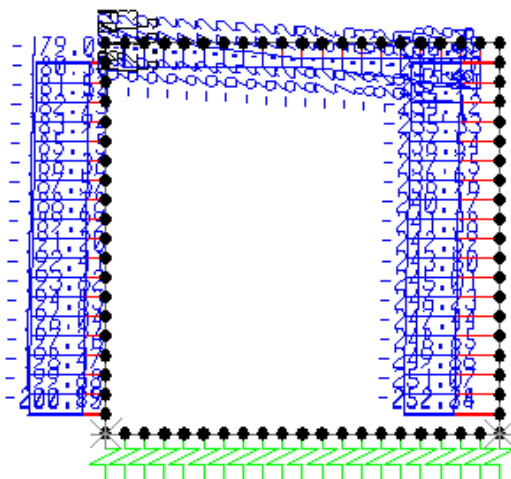


Fig. 4 – Involuppo azioni assiali SLU

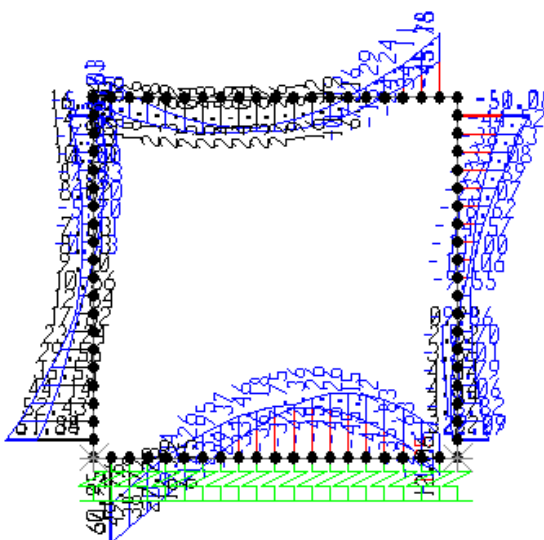
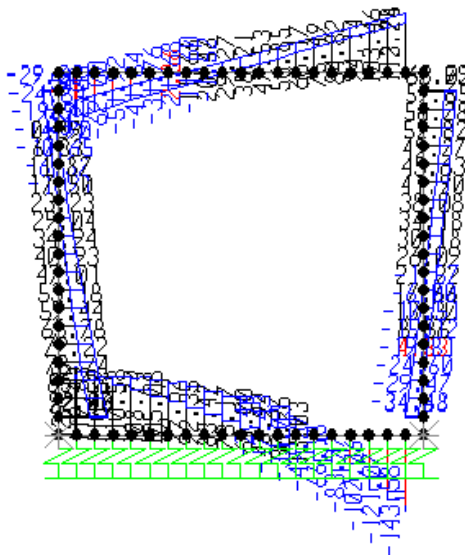
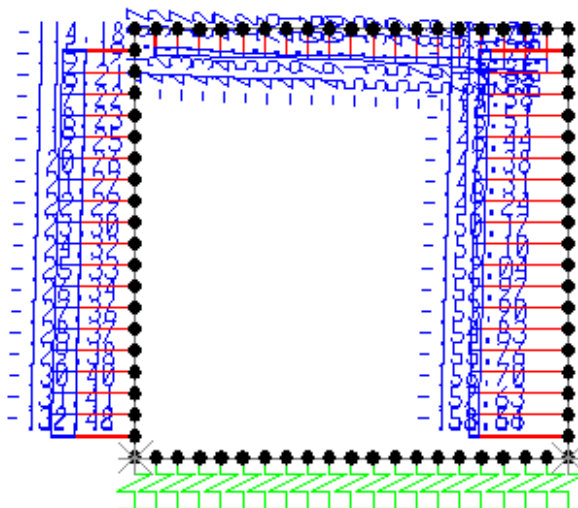
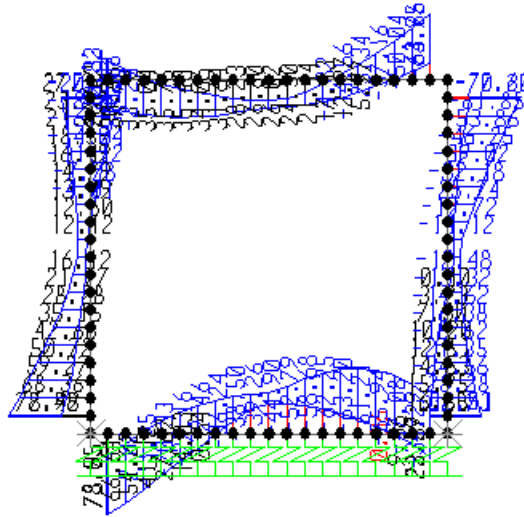
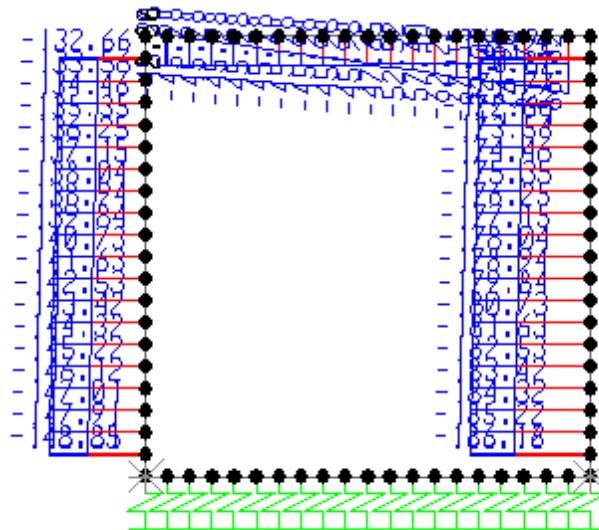


Fig. 5 – Involuppo momenti flettenti SLV


Fig. 6 – Inviluppo sforzi taglienti SLV

Fig. 7 – Inviluppo azioni assiali SLV


Fig. 8 – Inviluppo momenti flettenti SLE rara

Fig. 9 – 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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 41 DI 94

9 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	108.07	-223.69	1	SLUsisma9	0.00	60.95	-143.58
soletta inferiore	1	SLU124	0.00	-89.51	-	1	SLUsisma25	0.00	-46.26	-
soletta superiore	3	SLU122	118.61	-88.40	190.03	3	SLUsisma25	68.16	-45.75	113.24
soletta superiore	3	SLU124	11.11	50.57	-	3	SLUsisma25	42.08	25.43	-
pedritti	2	SLU217	41.88	-39.98	134.46	2	SLUsisma9	80.43	-8.00	92.40
pedritti	4	SLU217	191.40	37.22	114.58	4	SLUsisma9	151.08	4.54	63.09
pedritti	2	SLU122	119.04	107.55	-	2	SLUsisma25	100.83	61.84	-

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	78.55	1	SLEf7	0.00	25.11	1	SLEq1	0.00	20.62
soletta inferiore	1	SLEr39	0.00	-63.20	1	SLEf13	0.00	-35.57	1	SLEq1	0.00	-29.47
soletta superiore	3	SLEr39	86.89	-64.66	3	SLEf19	42.78	-20.18	3	SLEq1	41.12	-16.66
soletta superiore	3	SLEr39	18.40	35.76	3	SLEf13	41.32	23.84	3	SLEq1	41.12	19.26
pedritti	2	SLEr39	72.69	-20.46	2	SLEf10	107.61	4.51	2	SLEq1	110.76	6.29
pedritti	4	SLEr39	186.16	16.88	4	SLEf7	113.01	-5.98	4	SLEq1	110.76	-6.29
pedritti	2	SLEr39	88.93	78.48	2	SLEf19	136.42	32.44	2	SLEq1	118.87	27.23

	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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 42 DI 94

9.1 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	35.0
3	50.0	35.0
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	27.4	16
3	42.4	27.4	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	IN2600 001	B	43 DI 94

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

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
Passo staffe: 10.7 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	108.07	-223.69
2	0.00	-89.51	0.00
3	0.00	60.95	-143.58
4	0.00	-46.26	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	78.55	0.00
2	0.00	-63.20	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	25.11 (69.01)	0.00 (0.00)
2	0.00	-35.57 (-69.01)	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	20.62 (69.01)	0.00 (0.00)
2	0.00	-29.47 (-69.01)	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 44 DI 94

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	108.07	0.00	200.52	1.86	40.2(10.5)
2	S	0.00	-89.51	0.00	-200.52	2.24	40.2(10.5)
3	S	0.00	60.95	0.00	200.52	3.29	40.2(10.5)
4	S	0.00	-46.26	0.00	-200.52	4.33	40.2(10.5)

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	35.0	-0.00039	42.4	27.4	-0.01051	-42.4	7.6
2	0.00350	-50.0	0.0	-0.00039	-42.4	7.6	-0.01051	42.4	27.4
3	0.00350	-50.0	35.0	-0.00039	42.4	27.4	-0.01051	-42.4	7.6
4	0.00350	-50.0	0.0	-0.00039	-42.4	7.6	-0.01051	42.4	27.4

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	0.000511304	-0.014395644		
2	0.000000000	-0.000511304	0.003500000		
3	0.000000000	0.000511304	-0.014395644		
4	0.000000000	-0.000511304	0.003500000		

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	8 mm
---------------	------

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2600 001	B	45 DI 94

Passo staffe: 10.7 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.[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	223.69	722.85	226.67	32.3 24.7	100.0	2.500	1.000	9.3	9.4(0.0)
2	S	0.00	1048.13	90.67	32.3 24.7	100.0	1.000	1.000	0.0	9.4(0.0)
3	S	143.58	722.85	226.67	32.3 24.7	100.0	2.500	1.000	6.0	9.4(0.0)
4	S	0.00	1048.13	90.67	32.3 24.7	100.0	1.000	1.000	0.0	9.4(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	6.04	-50.0	35.0	-165.2	-33.0	7.6	850	20.1
2	S	4.86	-50.0	0.0	-132.9	33.0	27.4	850	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	-0.00118	0	0.500	16.0	68	0.00050 (0.00050)	346	0.172 (0.20)	69.01	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IN2600 001	REV. B	FOGLIO 46 DI 94

2 S -0.00095 0 0.500 16.0 68 0.00040 (0.00040) 346 0.138 (0.20) -69.01 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	1.93	-50.0	35.0	-52.8	-42.4	7.6	850	20.1
2	S	2.73	-50.0	0.0	-74.8	33.0	27.4	850	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	-0.00038	0	0.500	16.0	68	0.00016 (0.00016)	346	0.055 (0.20)	69.01	0.00
2	S	-0.00053	0	0.500	16.0	68	0.00022 (0.00022)	346	0.078 (0.20)	-69.01	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	1.58	-50.0	35.0	-43.4	-42.4	7.6	850	20.1
2	S	2.26	-50.0	0.0	-62.0	33.0	27.4	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	-0.00031	0	0.500	16.0	68	0.00013 (0.00013)	346	0.045 (0.20)	69.01	0.00
2	S	-0.00044	0	0.500	16.0	68	0.00019 (0.00019)	346	0.064 (0.20)	-69.01	0.00

9.2 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:
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

	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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 47 DI 94

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	-42.4	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

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
 Passo staffe: 10.0 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	118.61	-88.40	190.03
2	11.11	50.57	0.00
3	68.16	-45.75	113.24
4	42.08	25.43	0.00

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

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 48 DI 94

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	86.89	-64.66	0.00
2	18.40	35.76	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	42.78	-20.18 (-55.50)	0.00 (0.00)
2	41.32	23.84 (54.39)	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	41.12	-16.66 (-56.55)	0.00 (0.00)
2	41.12	19.26 (55.55)	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	118.61	-88.40	118.46	-170.77	1.93	40.2(9.0)
2	S	11.11	50.57	11.16	162.10	3.21	40.2(9.0)
3	S	68.16	-45.75	68.11	-166.71	3.64	40.2(9.0)
4	S	42.08	25.43	42.11	164.60	6.47	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

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2600 001	B	49 DI 94

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	-0.00020	-42.4	7.6	-0.00742	42.4	22.4
2	0.00350	-50.0	30.0	-0.00037	-42.4	22.4	-0.00790	-42.4	7.6
3	0.00350	-50.0	0.0	-0.00028	-42.4	7.6	-0.00765	42.4	22.4
4	0.00350	-50.0	30.0	-0.00032	-42.4	22.4	-0.00777	-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	-0.000487481	0.003500000	----	----
2	0.000000000	0.000509096	-0.011772890	----	----
3	0.000000000	-0.000497730	0.003500000	----	----
4	0.000000000	0.000502947	-0.011588415	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	8 mm
Passo staffe:	10.0 cm [Passo massimo di normativa = 19.2 cm]

Ver	S = comb. verificata / 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	190.03	585.69	192.05	27.1 19.5	100.0	2.500	1.023	9.9	10.1(0.0)
2	S	0.00	836.95	77.30	27.3 19.7	100.0	1.000	1.002	0.0	10.1(0.0)
3	S	113.24	581.78	192.63	27.2 19.6	100.0	2.500	1.013	5.9	10.1(0.0)
4	S	0.00	840.58	77.17	27.2 19.6	100.0	1.000	1.008	0.0	10.1(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]



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 IN2600 001 B 50 DI 94

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	7.11	-50.0	0.0	-145.4	33.0	22.4	900	20.1
2	S	3.94	-50.0	30.0	-88.2	-42.4	7.6	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	-0.00115	0	0.500	16.0	68	0.00044 (0.00044)	353	0.154 (0.20)	-53.31	0.00
2	S	-0.00069	0	0.500	16.0	68	0.00026 (0.00026)	333	0.088 (0.20)	51.14	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	2.21	-50.0	0.0	-41.3	33.0	22.4	850	20.1
2	S	2.62	-50.0	30.0	-51.2	-42.4	7.6	850	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	-0.00033	0	0.500	16.0	68	0.00012 (0.00012)	346	0.043 (0.20)	-55.50	0.00
2	S	-0.00041	0	0.500	16.0	68	0.00015 (0.00015)	346	0.053 (0.20)	54.39	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	1.82	-50.0	0.0	-32.7	33.0	22.4	850	20.1
2	S	2.11	-50.0	30.0	-39.4	-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	-0.00027	0	0.500	16.0	68	0.00010 (0.00010)	346	0.034 (0.20)	-56.55	0.00
2	S	-0.00032	0	0.500	16.0	68	0.00012 (0.00012)	346	0.041 (0.20)	55.55	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 51 DI 94

9.3 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
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	35.0
3	50.0	35.0
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	27.8	16
3	42.8	27.8	16
4	42.8	7.2	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE



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	IN2600 001	B	52 DI 94

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: 18.6 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	41.88	-39.98	134.46
2	191.40	37.22	114.58
3	119.04	107.55	0.00
4	80.43	-8.00	92.40
5	151.08	4.54	63.09
6	100.83	61.84	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	72.69	-20.46	0.00
2	186.16	16.88	0.00
3	88.93	78.48	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	107.61	4.51 (0.00)	0.00 (0.00)
2	113.01	-5.98 (0.00)	0.00 (0.00)
3	136.42	32.44 (89.69)	0.00 (0.00)

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

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 53 DI 94

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	110.76	6.29 (4487.84)	0.00 (0.00)
2	110.76	-6.29 (0.00)	0.00 (0.00)
3	118.87	27.23 (90.76)	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	41.88	-39.98	41.74	-123.34	3.10	30.2(10.5)
2	S	191.40	37.22	191.53	223.36	5.86	30.2(10.5)
3	S	119.04	107.55	119.25	215.34	2.00	30.2(10.5)
4	S	80.43	-8.00	80.18	-127.60	16.86	30.2(10.5)
5	S	151.08	4.54	151.09	218.88	40.70	30.2(10.5)
6	S	100.83	61.84	100.94	213.30	3.43	30.2(10.5)

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	-0.00088	-42.8	7.2	-0.01342	42.8	27.8
2	0.00350	-50.0	35.0	-0.00003	-42.8	27.8	-0.01011	-42.8	7.2
3	0.00350	-50.0	35.0	-0.00018	-42.8	27.8	-0.01071	-42.8	7.2
4	0.00350	-50.0	0.0	-0.00082	-42.8	7.2	-0.01317	42.8	27.8
5	0.00350	-50.0	35.0	-0.00011	-42.8	27.8	-0.01045	-42.8	7.2
6	0.00350	-50.0	35.0	-0.00022	-42.8	27.8	-0.01086	-42.8	7.2

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	IN2600 001	B	54 DI 94

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	-0.000608495	0.003500000	----	----
2	0.000000000	0.000489721	-0.013640250	----	----
3	0.000000000	0.000511140	-0.014389887	----	----
4	0.000000000	-0.000599808	0.003500000	----	----
5	0.000000000	0.000501853	-0.014064869	----	----
6	0.000000000	0.000516382	-0.014573364	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm
Passo staffe: 18.6 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	134.46	752.65	134.82	32.7 25.5	100.0	2.500	1.007	5.4	5.4(0.0)
2	S	114.58	754.55	131.87	32.1 24.9	100.0	2.500	1.032	4.7	5.4(0.0)
3	S	0.00	1086.40	53.00	32.3 25.1	100.0	1.000	1.020	0.0	5.4(0.0)
4	S	92.40	756.50	134.65	32.7 25.5	100.0	2.500	1.014	3.7	5.4(0.0)
5	S	63.09	751.68	132.24	32.2 25.0	100.0	2.500	1.025	2.6	5.4(0.0)
6	S	0.00	1084.34	53.06	32.3 25.1	100.0	1.000	1.017	0.0	5.4(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	1.87	-50.0	0.0	-45.1	21.4	27.8	773	10.1
2	S	1.32	-50.0	35.0	-1.1	-42.8	7.2	750	20.1
3	S	6.09	-50.0	35.0	-138.8	-42.8	7.2	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 f_{ctm}



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 IN2600 001 B 55 DI 94

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00032	0	0.500	16.0	64	0.00014 (0.00014)	427	0.058 (0.20)	-83.79	0.00
2	S	-0.00003	0	0.500	16.0	64	0.00000 (0.00000)	319	0.001 (0.20)	178.99	0.00
3	S	-0.00099	0	0.500	16.0	64	0.00042 (0.00042)	326	0.136 (0.20)	73.24	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	0.49	-50.0	35.0	2.3	-42.8	7.2	----	----
2	S	0.52	-50.0	0.0	2.1	21.4	27.8	----	----
3	S	2.53	-50.0	35.0	-34.0	-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	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
3	S	-0.00026	0	0.500	16.0	64	0.00010 (0.00010)	319	0.033 (0.20)	89.69	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	0.58	-50.0	35.0	1.7	-42.8	7.2	0	0.0
2	S	0.53	-50.0	0.0	1.9	21.4	27.8	----	----
3	S	2.12	-50.0	35.0	-27.6	-42.8	7.2	750	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	0.00000	0	0.500	16.0	64	0.00010 (0.00010)	0	0.000 (0.20)	4487.84	0.00
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
3	S	-0.00022	0	0.500	16.0	64	0.00008 (0.00008)	319	0.026 (0.20)	90.76	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	IN2600 001	B	56 DI 94

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 57 DI 94

10 MURO DI SOSTEGNO

Richiami teorici

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 58 DI 94

disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma_a = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

Spinta in presenza di sisma

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 59 DI 94

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(C)$ essendo C il coefficiente di intensità sismica.

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 60 DI 94

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s .

	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 IN2600 001	REV. B

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 62 DI 94

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 63 DI 94

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} K_p^{0.5}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} K_p^{0.5} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^\phi \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 64 DI 94

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

	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 IN2600 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 65 DI 94

10.1 TABULATO DI CALCOLO MURO

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale

Calcestruzzo armato

C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [N/mm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [N/mm ²]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R_{ck} [N/mm ²]	E [N/mm ²]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25.0000	40.000	33642.6	0.30	15.00	0.50
5	C32/40	C32/40	B450C	25.0000	40.000	33642.6	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk} [N/mm ²]	f_{uk} [N/mm ²]
B450C	450.000	540.000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 66 DI 94

A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	4.40	2.93	33.660
3	5.40	2.93	0.000
4	11.70	2.93	0.000
5	12.70	2.93	0.000
6	20.00	-2.29	-35.567

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto
 X ascissa del punto espressa in [m]
 Y ordinata del punto espressa in [m]
 A inclinazione del tratto espressa in [°]


n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-3.00	-8.80	0.000
2	18.00	-8.80	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	2.30	[m]
Altezza paramento libero	2.30	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.40	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 67 DI 94

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0.00	[m]
Lunghezza mensola di monte	2.10	[m]
Lunghezza totale	2.50	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.40	[m]
Spessore magrone	0.15	[m]

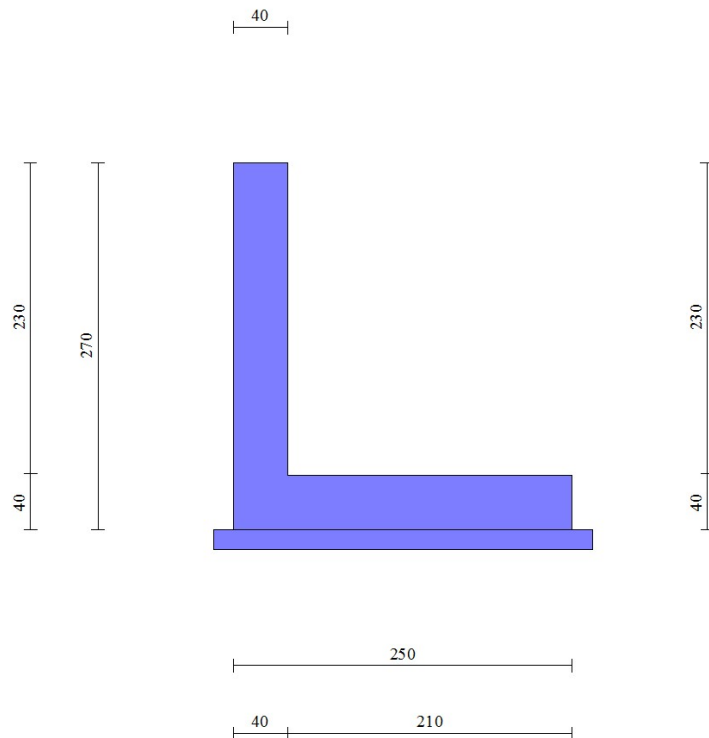


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]



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 IN2600 001 B 68 DI 94

c Coesione espressa in [N/mmq]

ca Adesione terra-muro espressa in [N/mmq]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)

τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [N/mmq]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [N/mmq]	ca [N/mmq]	Cesp	τ_l [N/mmq]
1	Riempimento	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0.000	0.000		
2	Unità 1c	19.0000	19.0000	30.000	20.000	0.015	0.008		
3	Unità 2	19.0000	19.0000	22.000	14.670	0.030	0.015		

Stratigrafia

Simbologia adottata

n° Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

α Inclinazione espressa in [°]

Terreno Terreno dello strato

Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cm

Per calcolo pali (solo se presenti)

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm

Ks Coefficiente di spinta

Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	2.70	0.000	Riempimento	1.000	0.330	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
2	6.00	0.000	Unità 1c	1.000	0.330	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
3	3.00	0.000	Unità 2	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B

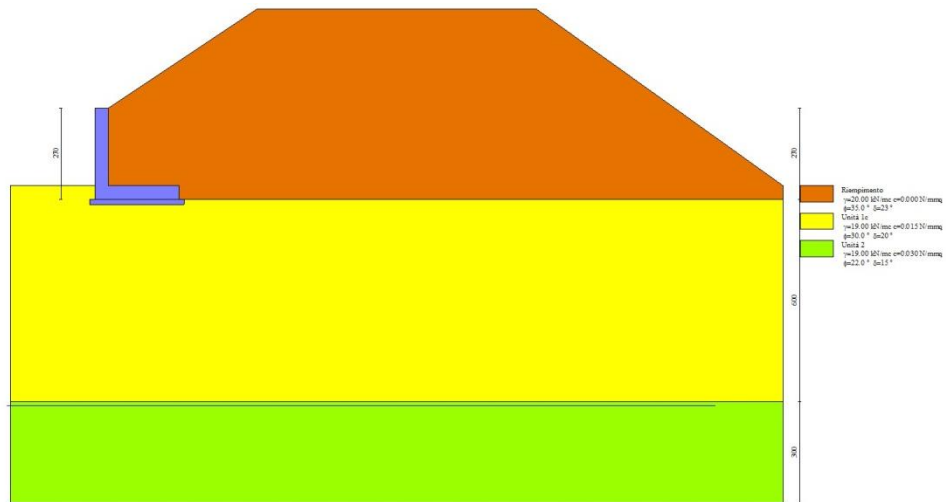


Fig. 2 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75$ - $\Psi_1=0.75$ - $\Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F _x	F _y	M	X _i	X _f	Q _i	Q _f
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					5.37	10.98	20.0000	20.0000

Normativa

	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 IN2600 001	REV. B

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico


Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 71 DI 94

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

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili. per I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
------------	----------	--------	---------



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 IN2600 001 B 72 DI 94

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 73 DI 94

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEO

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Matera
Provincia	Matera
Regione	Molise
Latitudine	40.561810
Longitudine	16.536080
Indice punti di interpolazione	34345 - 34346 - 34124 - 34123
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.542	0.538
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.157	0.055
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.480	2.490
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.332	0.307
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.466	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	8.759	4.380
Ultimo - Ribaltamento	0.570	13.139	6.569
Esercizio	0.470	3.864	1.932

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 74 DI 94

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_r$)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 75 DI 94

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Paramento e fondazione muro

Condizioni ambientali Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura Poco sensibile

Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.20$$

$$w_3=0.20$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.55 f_{ck}	0.75 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.40 f_{ck}	1.00 f_{yk}

	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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 76 DI 94

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	90.25	23.33	82.87	35.74	2.10	-1.27
	Peso/Inerzia muro			0.00	48.00/0.00	0.35	-1.85
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	125.97/0.00	1.13	-0.77
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00

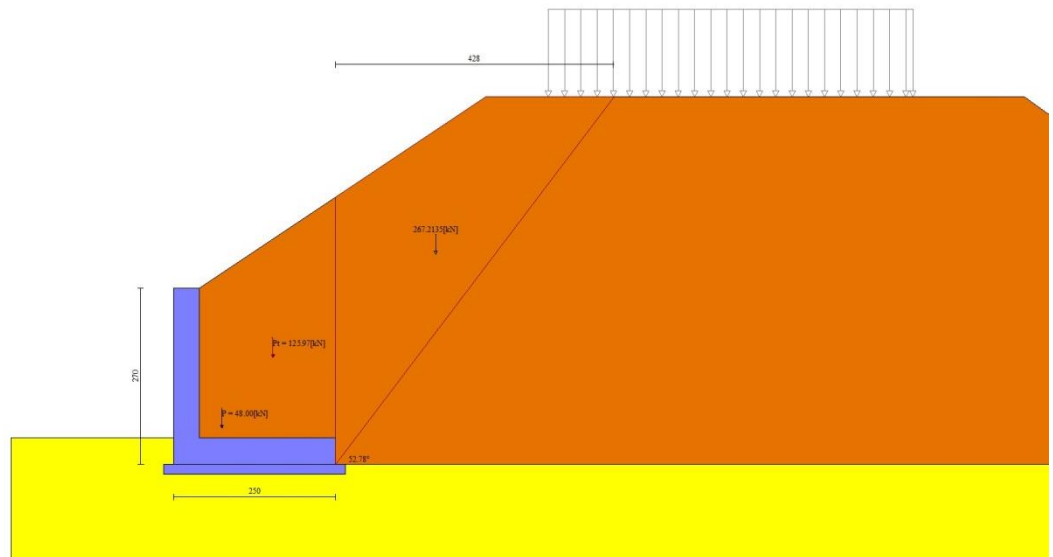


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 77 DI 94

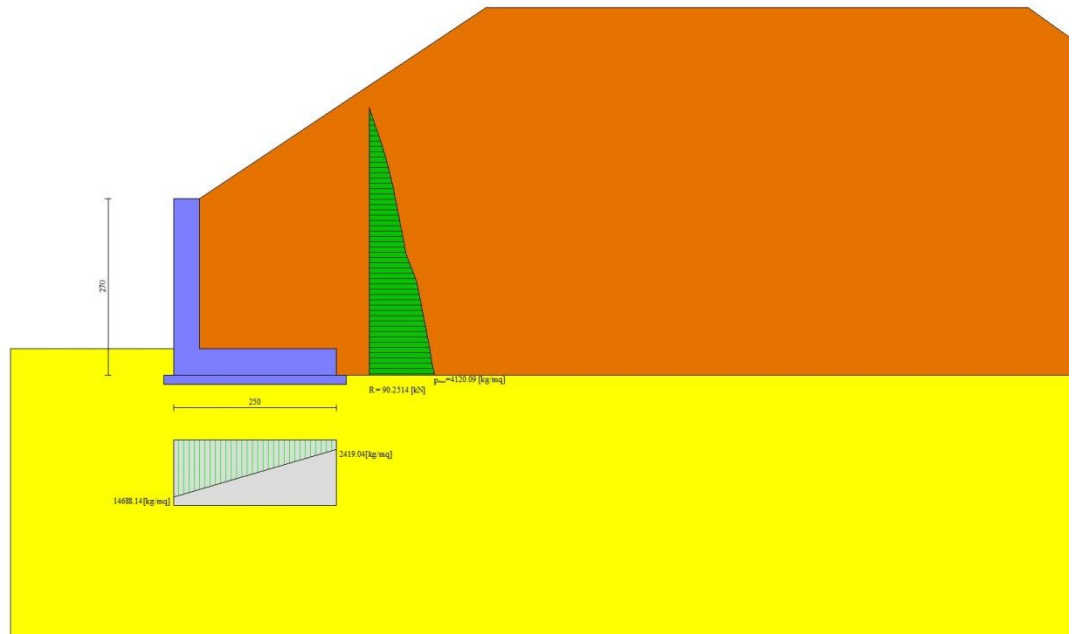


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{SUPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.147		3.460			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.059		2.868			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.047		2.983			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.512		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.770		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.785		
7 - EQU (A1-M1-R3)			2.681				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.079				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.879				

Verifica a scorrimento fondazione

	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 IN2600 001	REV. B	FOGLIO 78 DI 94

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	90.47	0.00	0.00	--	--	90.47	86.43	1.047

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	214.45	615.16	512.63	2.868

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa



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	IN2600 001	B	79 DI 94

s_c, s_q, s_γ Fattori di forma della fondazione

p_c, p_q, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic

r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_\gamma N_c$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]

H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]

γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]

ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]

c Coesione del terreno medio, espresso in [N/mm^q]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	$\frac{N_c}{N_q}$ $\frac{N_c}{N_\gamma}$	$\frac{i_c}{i_q}$ $\frac{i_c}{i_\gamma}$	$\frac{d_c}{d_q}$ $\frac{d_c}{d_\gamma}$	$\frac{g_c}{g_q}$ $\frac{g_c}{g_\gamma}$	$\frac{b_c}{b_q}$ $\frac{b_c}{b_\gamma}$	$\frac{s_c}{s_q}$ $\frac{s_c}{s_\gamma}$	$\frac{p_c}{p_q}$ $\frac{p_c}{p_\gamma}$	r_γ	D	B' H	γ	ϕ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[N/mm ^q]
2	30.140 18.401 15.668	0.553 0.553 0.053	1.055 1.028 1.028	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.976	0.40	1.72 2.17	19.00	30.00	0.015

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

M_s Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

M_r Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	M _s	M _r	FS
	[kNm]	[kNm]	
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	313.68	166.98	1.879

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

I_c Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza



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 IN2600 001 B 80 DI 94

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	0.00; 4.50	7.51	1.512

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mmq]

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[N/mmq]	[N/mmq]	[kN]
1	5.62	9.72	7.35 - 0.42	72.377	29.256	0.000	0.0000	
2	14.84	9.72	0.42	63.654	29.256	0.000	0.0000	
3	21.19	9.72	0.42	57.056	29.256	0.000	0.0000	
4	26.19	9.72	0.42	51.503	29.256	0.000	0.0000	
5	30.32	6.68	0.42	46.569	29.256	0.000	0.0000	
6	33.81	0.00	0.42	42.054	29.256	0.000	0.0000	
7	36.81	0.00	0.42	37.842	29.256	0.000	0.0000	
8	38.16	0.00	0.42	33.861	29.256	0.000	0.0000	
9	38.02	0.00	0.42	30.058	29.256	0.000	0.0000	
10	37.56	0.00	0.42	26.397	29.256	0.000	0.0000	
11	36.82	0.00	0.42	22.849	29.256	0.000	0.0000	
12	35.82	0.00	0.42	19.392	29.256	0.000	0.0000	
13	33.44	0.00	0.42	16.007	24.791	0.012	0.0000	
14	33.92	0.00	0.42	12.678	24.791	0.012	0.0000	
15	32.20	0.00	0.42	9.393	24.791	0.012	0.0000	
16	30.29	0.00	0.42	6.139	24.791	0.012	0.0000	
17	28.18	0.00	0.42	2.905	24.791	0.012	0.0000	
18	29.22	0.00	0.42	-0.321	24.791	0.012	0.0000	
19	14.46	0.00	0.42	-3.547	24.791	0.012	0.0000	
20	5.42	0.00	0.42	-6.784	24.791	0.012	0.0000	
21	4.92	0.00	0.42	-10.044	24.791	0.012	0.0000	
22	4.22	0.00	0.42	-13.336	24.791	0.012	0.0000	
23	3.30	0.00	0.42	-16.675	24.791	0.012	0.0000	
24	2.12	0.00	0.42	-20.073	24.791	0.012	0.0000	
25	0.69	0.00	-3.21 - 0.42	-22.328	24.791	0.012	0.0000	

	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 IN2600	DOCUMENTO 001	REV. B	FOGLIO 81 DI 94

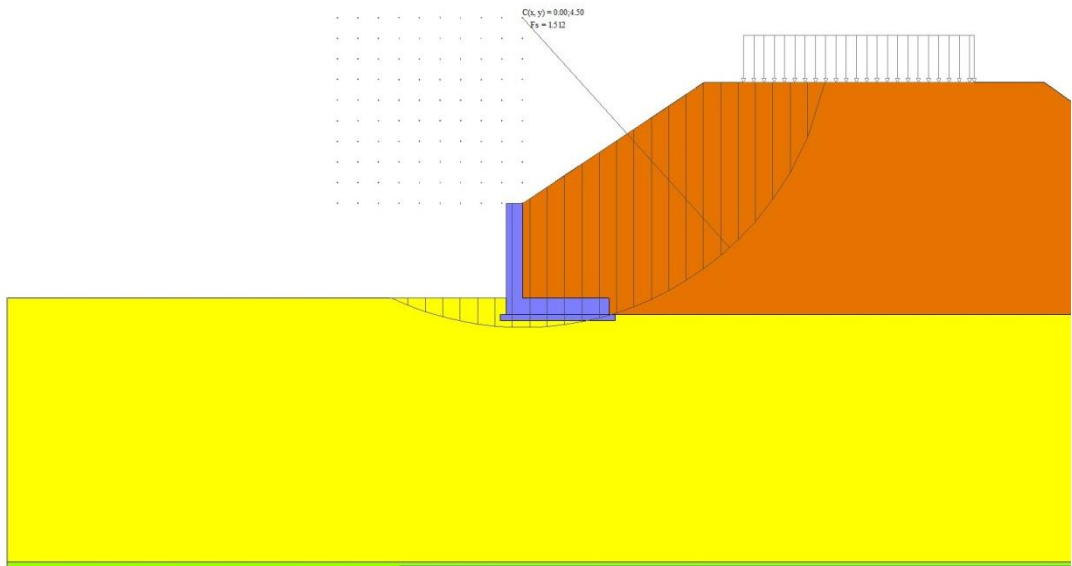


Fig. 5 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	1.00	1.00	0.05	0.16	0.00	0.01
3	-0.20	2.00	2.00	0.20	0.46	0.01	0.04
4	-0.30	3.00	3.00	0.45	0.91	0.05	0.10
5	-0.40	4.00	4.00	0.80	1.50	0.11	0.22
6	-0.50	5.00	5.00	1.25	2.24	0.21	0.41
7	-0.60	6.00	6.00	1.80	3.11	0.36	0.68
8	-0.70	7.00	7.00	2.44	4.13	0.57	1.04
9	-0.80	8.00	8.00	3.19	5.29	0.85	1.51
10	-0.90	9.00	9.00	4.03	6.60	1.21	2.10
11	-1.00	10.00	10.00	4.98	8.05	1.66	2.83
12	-1.10	11.00	11.00	6.02	9.63	2.21	3.71
13	-1.20	12.00	12.00	7.14	11.35	2.87	4.76
14	-1.30	13.00	13.00	8.36	13.21	3.64	5.99
15	-1.40	14.00	14.00	9.65	15.18	4.54	7.41
16	-1.50	15.00	15.00	11.03	17.28	5.58	9.03
17	-1.60	16.00	16.00	12.48	19.50	6.75	10.87
18	-1.70	17.00	17.00	14.00	21.84	8.07	12.93
19	-1.80	18.00	18.00	15.60	24.29	9.55	15.24
20	-1.90	19.00	19.00	17.27	26.86	11.20	17.80
21	-2.00	20.00	20.00	19.00	29.54	13.01	20.61
22	-2.10	21.00	21.00	20.81	32.33	15.00	23.71
23	-2.20	22.00	22.00	22.68	35.23	17.17	27.08
24	-2.30	23.00	23.00	24.62	38.24	19.54	30.76

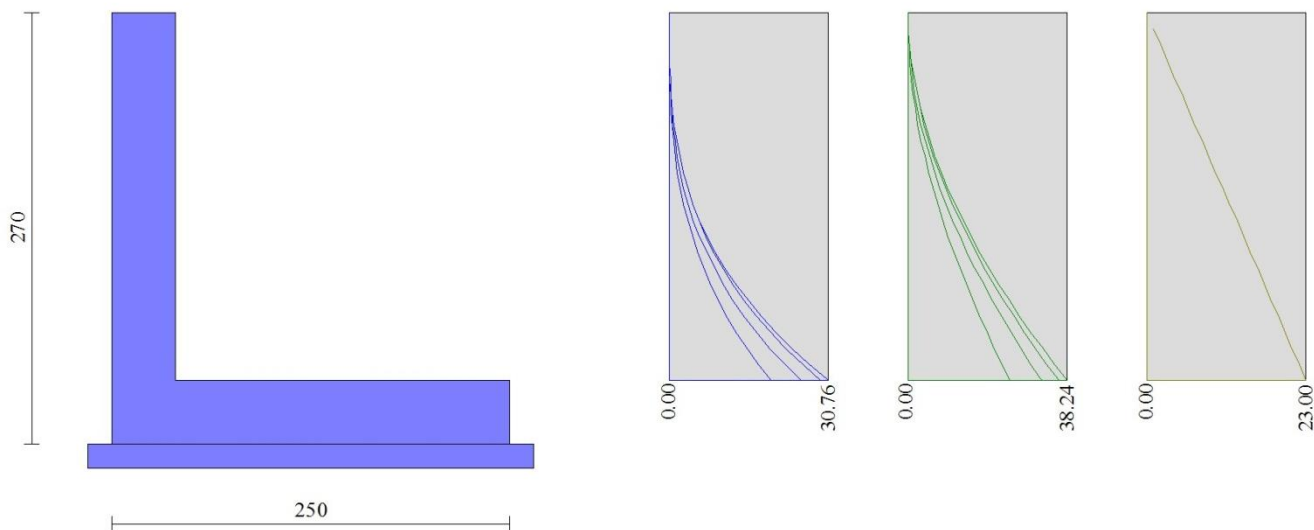


Fig. 6 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	-28.82	7.50	-80.76	-29.38
2	0.10	0.00	0.00	-33.99	2.32	-77.62	-29.86
3	0.20	0.00	0.00	-38.50	-2.38	-73.99	-29.86
4	0.30	0.00	0.00	-42.37	-6.60	-69.94	-29.40
5	0.40	0.00	0.00	-45.58	-10.34	-65.53	-28.53
6	0.50	0.00	0.00	-48.13	-13.59	-60.84	-27.32
7	0.60	0.00	0.00	-50.03	-16.36	-55.93	-25.81
8	0.70	0.00	0.00	-51.28	-18.65	-50.86	-24.05
9	0.80	0.00	0.00	-51.87	-20.46	-45.70	-22.08
10	0.90	0.00	0.00	-51.80	-21.78	-40.51	-19.97
11	1.00	0.00	0.00	-51.09	-22.60	-35.36	-17.74
12	1.10	0.00	0.00	-49.71	-22.94	-30.31	-15.46
13	1.20	0.00	0.00	-47.69	-22.80	-25.44	-13.17
14	1.30	0.00	0.00	-45.01	-22.19	-20.80	-10.92
15	1.40	0.00	0.00	-41.67	-21.09	-16.46	-8.75
16	1.50	0.00	0.00	-37.68	-19.51	-12.48	-6.72
17	1.60	0.00	0.00	-33.04	-17.46	-8.94	-4.86
18	1.70	0.00	0.00	-27.74	-14.93	-5.90	-3.24
19	1.80	0.00	0.00	-21.79	-11.91	-3.42	-1.89
20	1.90	0.00	0.00	-15.18	-8.42	-1.56	-0.87
21	2.00	0.00	0.00	-7.92	-4.45	-0.40	-0.23
22	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL IN2600 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 83 DI 94

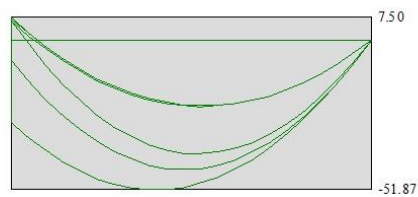
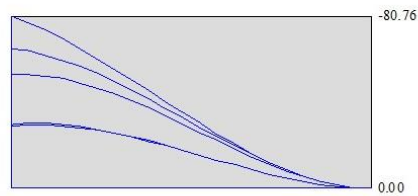
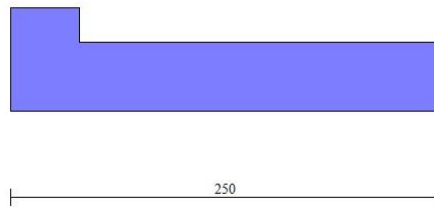


Fig. 7 - Fondazione

Verifiche strutturali *Verifiche a flessione*

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)



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 IN2600 001 B 84 DI 94

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	40	8.04	12.57	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	100	40	8.04	12.57	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
3	100	40	8.04	12.57	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
4	100	40	8.04	12.57	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
5	100	40	8.04	12.57	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
6	100	40	8.04	12.57	0.41	5.00	408.23	4981.53	996.307
7	100	40	8.04	12.57	0.68	6.00	467.12	4146.52	691.087
8	100	40	8.04	12.57	1.04	7.00	500.42	3378.24	482.605
9	100	40	8.04	12.57	1.51	8.00	478.50	2540.09	317.511
10	100	40	8.04	12.57	2.10	9.00	427.66	1832.32	203.591
11	100	40	8.04	12.57	2.83	10.00	375.63	1326.44	132.644
12	100	40	8.04	12.57	3.71	11.00	329.47	975.60	88.691
13	100	40	8.04	12.57	4.76	12.00	292.90	737.92	61.493
14	100	40	8.04	12.57	5.99	13.00	268.37	582.42	44.802
15	100	40	8.04	12.57	7.41	14.00	251.44	475.16	33.940
16	100	40	8.04	25.13	9.03	15.00	448.14	744.37	49.625
17	100	40	8.04	12.57	10.87	16.00	229.86	338.39	21.149
18	100	40	8.04	12.57	12.93	17.00	222.64	292.62	17.213
19	100	40	8.04	12.57	15.24	18.00	216.89	256.18	14.232
20	100	40	8.04	12.57	17.80	19.00	212.03	226.38	11.915
21	100	40	8.04	12.57	20.61	20.00	207.80	201.60	10.080
22	100	40	8.04	12.57	23.71	21.00	204.26	180.94	8.616
23	100	40	8.04	12.57	27.08	22.00	201.28	163.50	7.432
24	100	40	8.04	12.57	30.76	23.00	198.74	148.62	6.462

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	40	12.57	12.57	-80.76	0.00	-173.17	0.00	2.144
2	100	40	12.57	12.57	-77.62	0.00	-173.17	0.00	2.231
3	100	40	12.57	12.57	-73.99	0.00	-173.17	0.00	2.341
4	100	40	12.57	12.57	-69.94	0.00	-173.17	0.00	2.476
5	100	40	12.57	12.57	-65.53	0.00	-173.17	0.00	2.643
6	100	40	12.57	12.57	-60.84	0.00	-173.17	0.00	2.846
7	100	40	12.57	12.57	-55.93	0.00	-173.17	0.00	3.096
8	100	40	12.57	12.57	-50.86	0.00	-173.17	0.00	3.405
9	100	40	12.57	12.57	-45.70	0.00	-173.17	0.00	3.790
10	100	40	12.57	12.57	-40.51	0.00	-173.17	0.00	4.275
11	100	40	12.57	12.57	-35.36	0.00	-173.17	0.00	4.898
12	100	40	12.57	12.57	-30.31	0.00	-173.17	0.00	5.713
13	100	40	12.57	12.57	-25.44	0.00	-173.17	0.00	6.808
14	100	40	12.57	12.57	-20.80	0.00	-173.17	0.00	8.328
15	100	40	12.57	12.57	-16.46	0.00	-173.17	0.00	10.524
16	100	40	12.57	12.57	-12.48	0.00	-173.17	0.00	13.873
17	100	40	12.57	12.57	-8.94	0.00	-173.17	0.00	19.368
18	100	40	12.57	12.57	-5.90	0.00	-173.17	0.00	29.367
19	100	40	12.57	12.57	-3.42	0.00	-173.17	0.00	50.708
20	100	40	12.57	12.57	-1.56	0.00	-173.17	0.00	110.905
21	100	40	12.57	12.57	-0.40	0.00	-173.17	0.00	431.561
22	100	40	12.57	12.57	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000

	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 IN2600 001	DOCUMENTO	REV. B	FOGLIO 85 DI 94

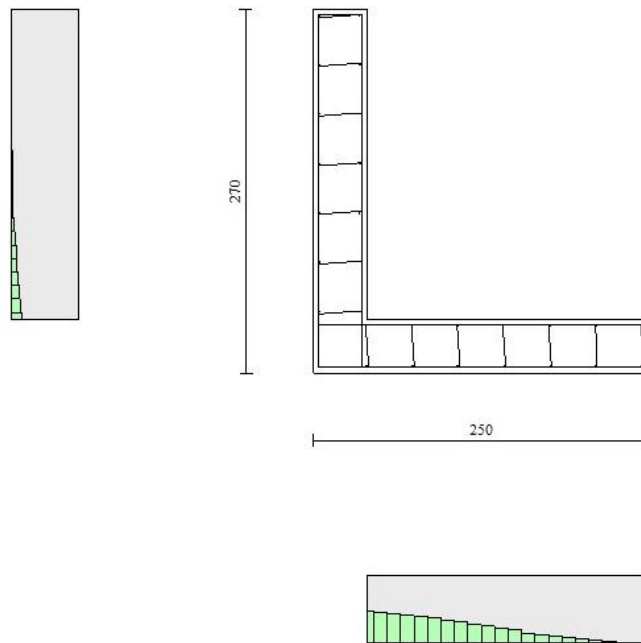


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

I_s	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A_{sw}	area ferri a taglio espressa in [cm ²]
$\cotg\theta$	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V_{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V_{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V_{Rd}	resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ($A_{sw} > 0.0$) $V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$.
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)



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 IN2600 001 B 86 DI 94

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	40	0.00	--	0.00	0.00	205.21	0.00	100.000
2	100	40	0.00	--	0.00	0.00	205.35	0.16	1284.344
3	100	40	0.00	--	0.00	0.00	205.48	0.46	442.516
4	100	40	0.00	--	0.00	0.00	205.62	0.91	225.358
5	100	40	0.00	--	0.00	0.00	205.76	1.50	136.926
6	100	40	0.00	--	0.00	0.00	205.90	2.24	92.100
7	100	40	0.00	--	0.00	0.00	206.04	3.11	66.210
8	100	40	0.00	--	0.00	0.00	206.18	4.13	49.903
9	100	40	0.00	--	0.00	0.00	206.32	5.29	38.967
10	100	40	0.00	--	0.00	0.00	206.46	6.60	31.278
11	100	40	0.00	--	0.00	0.00	206.59	8.05	25.671
12	100	40	0.00	--	0.00	0.00	206.73	9.63	21.457
13	100	40	0.00	--	0.00	0.00	206.87	11.35	18.219
14	100	40	0.00	--	0.00	0.00	207.01	13.21	15.676
15	100	40	0.00	--	0.00	0.00	207.15	15.18	13.645
16	100	40	0.00	--	0.00	0.00	242.58	17.28	14.038
17	100	40	0.00	--	0.00	0.00	207.43	19.50	10.638
18	100	40	0.00	--	0.00	0.00	207.57	21.84	9.506
19	100	40	0.00	--	0.00	0.00	207.70	24.29	8.552
20	100	40	0.00	--	0.00	0.00	207.84	26.86	7.739
21	100	40	0.00	--	0.00	0.00	207.98	29.54	7.042
22	100	40	0.00	--	0.00	0.00	208.12	32.33	6.438
23	100	40	0.00	--	0.00	0.00	208.26	35.23	5.912
24	100	40	0.00	--	0.00	0.00	208.40	38.24	5.449

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-28.82	7.608
2	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-33.99	6.451
3	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-38.50	5.694
4	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-42.37	5.175
5	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-45.58	4.810
6	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-48.13	4.555
7	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-50.03	4.382
8	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-51.28	4.276
9	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-51.87	4.227
10	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-51.80	4.232
11	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-51.09	4.292
12	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-49.71	4.410
13	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-47.69	4.597
14	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-45.01	4.871
15	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-41.67	5.261
16	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-37.68	5.818
17	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-33.04	6.636
18	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-27.74	7.904
19	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-21.79	10.063
20	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-15.18	14.444
21	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	-7.92	27.695
22	100	40	0.00	--	0.00	0.00	219.24	0.00	100.000

	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 IN2600 001	DOCUMENTO 	REV. B	FOGLIO 87 DI 94

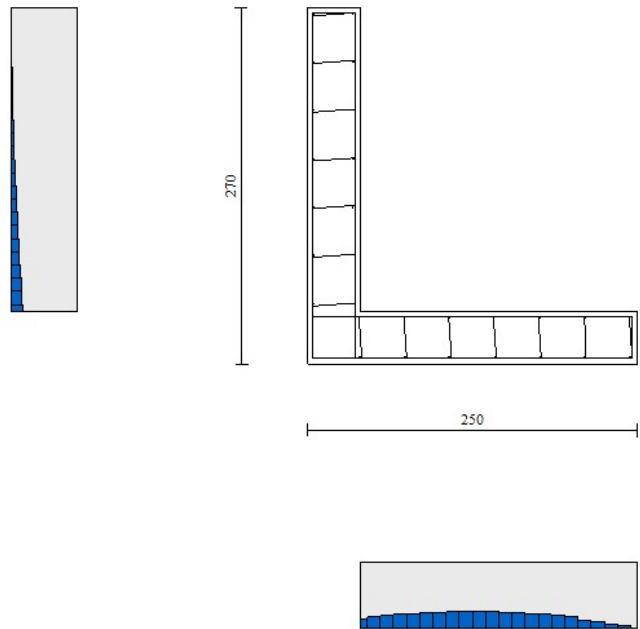


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A _{fi}	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
A _{fs}	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σ _c	tensione di compressione nel cls, espressa in [N/mm ²]
σ _{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [N/mm ²]
σ _{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [N/mm ²]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	18.260	[N/mm ²]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337.500	[N/mm ²]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	40	8.04	12.57	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)
2	100	40	8.04	12.57	0.00	1.00	0.002 (10)	0.033 (10)	0.037 (10)
3	100	40	8.04	12.57	0.01	2.00	0.005 (10)	0.062 (10)	0.077 (10)
4	100	40	8.04	12.57	0.05	3.00	0.009 (10)	0.083 (10)	0.127 (10)
5	100	40	8.04	12.57	0.11	4.00	0.013 (10)	0.092 (10)	0.188 (10)
6	100	40	8.04	12.57	0.21	5.00	0.019 (10)	0.084 (10)	0.267 (10)
7	100	40	8.04	12.57	0.36	6.00	0.026 (10)	0.057 (10)	0.365 (10)
8	100	40	8.04	12.57	0.57	7.00	0.036 (10)	0.000 (1)	0.491 (10)
9	100	40	8.04	12.57	0.85	8.00	0.049 (10)	0.136 (10)	0.663 (10)
10	100	40	8.04	12.57	1.21	9.00	0.068 (10)	0.428 (10)	0.899 (10)
11	100	40	8.04	12.57	1.66	10.00	0.093 (10)	0.949 (10)	1.204 (10)
12	100	40	8.04	12.57	2.21	11.00	0.125 (10)	1.742 (10)	1.575 (10)
13	100	40	8.04	12.57	2.87	12.00	0.163 (10)	2.824 (10)	2.011 (10)
14	100	40	8.04	12.57	3.64	13.00	0.207 (10)	4.205 (10)	2.512 (10)
15	100	40	8.04	12.57	4.54	14.00	0.258 (10)	5.898 (10)	3.081 (10)
16	100	40	8.04	25.13	5.58	15.00	0.263 (10)	4.326 (10)	3.277 (10)
17	100	40	8.04	12.57	6.75	16.00	0.382 (10)	10.275 (10)	4.438 (10)
18	100	40	8.04	12.57	8.07	17.00	0.456 (10)	12.989 (10)	5.234 (10)
19	100	40	8.04	12.57	9.55	18.00	0.538 (10)	16.074 (10)	6.114 (10)
20	100	40	8.04	12.57	11.20	19.00	0.629 (10)	19.545 (10)	7.083 (10)
21	100	40	8.04	12.57	13.01	20.00	0.729 (10)	23.419 (10)	8.143 (10)
22	100	40	8.04	12.57	15.00	21.00	0.838 (10)	27.710 (10)	9.299 (10)
23	100	40	8.04	12.57	17.17	22.00	0.957 (10)	32.435 (10)	10.555 (10)
24	100	40	8.04	12.57	19.54	23.00	1.086 (10)	37.608 (10)	11.913 (10)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 18.260 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 337.500 [N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	40	12.57	12.57	-29.38	0.00	1.491 (10)	14.968 (10)	68.795 (10)
2	100	40	12.57	12.57	-29.86	0.00	1.515 (10)	15.216 (10)	69.935 (10)
3	100	40	12.57	12.57	-29.86	0.00	1.515 (10)	15.212 (10)	69.918 (10)
4	100	40	12.57	12.57	-29.40	0.00	1.492 (10)	14.981 (10)	68.856 (10)
5	100	40	12.57	12.57	-28.55	0.00	1.449 (10)	14.548 (10)	66.863 (10)
6	100	40	12.57	12.57	-27.35	0.00	1.388 (10)	13.936 (10)	64.051 (10)
7	100	40	12.57	12.57	-25.85	0.00	1.312 (10)	13.171 (10)	60.534 (10)
8	100	40	12.57	12.57	-24.09	0.00	1.223 (10)	12.277 (10)	56.425 (10)
9	100	40	12.57	12.57	-22.13	0.00	1.123 (10)	11.278 (10)	51.836 (10)
10	100	40	12.57	12.57	-20.02	0.00	1.016 (10)	10.200 (10)	46.881 (10)
11	100	40	12.57	12.57	-17.79	0.00	0.903 (10)	9.067 (10)	41.673 (10)
12	100	40	12.57	12.57	-15.51	0.00	0.787 (10)	7.903 (10)	36.324 (10)
13	100	40	12.57	12.57	-13.22	0.00	0.671 (10)	6.734 (10)	30.949 (10)
14	100	40	12.57	12.57	-10.96	0.00	0.556 (10)	5.583 (10)	25.659 (10)
15	100	40	12.57	12.57	-8.78	0.00	0.446 (10)	4.475 (10)	20.568 (10)
16	100	40	12.57	12.57	-6.74	0.00	0.342 (10)	3.435 (10)	15.790 (10)
17	100	40	12.57	12.57	-4.88	0.00	0.248 (10)	2.488 (10)	11.436 (10)
18	100	40	12.57	12.57	-3.25	0.00	0.165 (10)	1.658 (10)	7.621 (10)
19	100	40	12.57	12.57	-1.90	0.00	0.097 (10)	0.970 (10)	4.456 (10)
20	100	40	12.57	12.57	-0.88	0.00	0.045 (10)	0.447 (10)	2.056 (10)
21	100	40	12.57	12.57	-0.23	0.00	0.012 (10)	0.116 (10)	0.533 (10)
22	100	40	12.57	12.57	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)

Combinazioni SLEF

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33.200 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	40	8.04	12.57	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)
2	100	40	8.04	12.57	0.00	1.00	0.002 (11)	0.033 (11)	0.037 (11)
3	100	40	8.04	12.57	0.01	2.00	0.005 (11)	0.062 (11)	0.077 (11)
4	100	40	8.04	12.57	0.05	3.00	0.009 (11)	0.083 (11)	0.127 (11)
5	100	40	8.04	12.57	0.11	4.00	0.013 (11)	0.092 (11)	0.188 (11)
6	100	40	8.04	12.57	0.21	5.00	0.019 (11)	0.084 (11)	0.267 (11)
7	100	40	8.04	12.57	0.36	6.00	0.026 (11)	0.057 (11)	0.365 (11)
8	100	40	8.04	12.57	0.57	7.00	0.036 (11)	0.000 (1)	0.491 (11)
9	100	40	8.04	12.57	0.85	8.00	0.049 (11)	0.136 (11)	0.663 (11)
10	100	40	8.04	12.57	1.21	9.00	0.068 (11)	0.428 (11)	0.899 (11)
11	100	40	8.04	12.57	1.66	10.00	0.093 (11)	0.949 (11)	1.204 (11)
12	100	40	8.04	12.57	2.21	11.00	0.125 (11)	1.742 (11)	1.575 (11)
13	100	40	8.04	12.57	2.87	12.00	0.163 (11)	2.824 (11)	2.011 (11)
14	100	40	8.04	12.57	3.64	13.00	0.207 (11)	4.205 (11)	2.512 (11)
15	100	40	8.04	12.57	4.54	14.00	0.258 (11)	5.898 (11)	3.081 (11)
16	100	40	8.04	25.13	5.58	15.00	0.263 (11)	4.326 (11)	3.277 (11)
17	100	40	8.04	12.57	6.75	16.00	0.382 (11)	10.275 (11)	4.438 (11)
18	100	40	8.04	12.57	8.07	17.00	0.456 (11)	12.989 (11)	5.234 (11)
19	100	40	8.04	12.57	9.55	18.00	0.538 (11)	16.074 (11)	6.114 (11)
20	100	40	8.04	12.57	11.20	19.00	0.629 (11)	19.545 (11)	7.083 (11)
21	100	40	8.04	12.57	13.01	20.00	0.729 (11)	23.419 (11)	8.143 (11)
22	100	40	8.04	12.57	15.00	21.00	0.838 (11)	27.710 (11)	9.299 (11)
23	100	40	8.04	12.57	17.17	22.00	0.957 (11)	32.435 (11)	10.555 (11)
24	100	40	8.04	12.57	19.54	23.00	1.086 (11)	37.608 (11)	11.913 (11)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33.200 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
1	100	40	12.57	12.57	-29.46	0.00	1.495 (11)	15.009 (11)	68.985 (11)
2	100	40	12.57	12.57	-29.91	0.00	1.518 (11)	15.241 (11)	70.051 (11)
3	100	40	12.57	12.57	-29.88	0.00	1.516 (11)	15.224 (11)	69.972 (11)
4	100	40	12.57	12.57	-29.40	0.00	1.492 (11)	14.982 (11)	68.859 (11)
5	100	40	12.57	12.57	-28.53	0.00	1.448 (11)	14.539 (11)	66.824 (11)
6	100	40	12.57	12.57	-27.32	0.00	1.386 (11)	13.921 (11)	63.981 (11)
7	100	40	12.57	12.57	-25.81	0.00	1.310 (11)	13.150 (11)	60.440 (11)
8	100	40	12.57	12.57	-24.05	0.00	1.220 (11)	12.253 (11)	56.315 (11)
9	100	40	12.57	12.57	-22.08	0.00	1.121 (11)	11.253 (11)	51.718 (11)
10	100	40	12.57	12.57	-19.97	0.00	1.013 (11)	10.174 (11)	46.760 (11)
11	100	40	12.57	12.57	-17.74	0.00	0.900 (11)	9.041 (11)	41.554 (11)
12	100	40	12.57	12.57	-15.46	0.00	0.785 (11)	7.879 (11)	36.212 (11)
13	100	40	12.57	12.57	-13.17	0.00	0.668 (11)	6.711 (11)	30.846 (11)
14	100	40	12.57	12.57	-10.92	0.00	0.554 (11)	5.563 (11)	25.569 (11)
15	100	40	12.57	12.57	-8.75	0.00	0.444 (11)	4.459 (11)	20.493 (11)
16	100	40	12.57	12.57	-6.72	0.00	0.341 (11)	3.422 (11)	15.729 (11)



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 IN2600 001 B 90 DI 94

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
17	100	40	12.57	12.57	-4.86	0.00	0.247 (11)	2.478 (11)	11.390 (11)
18	100	40	12.57	12.57	-3.24	0.00	0.164 (11)	1.651 (11)	7.589 (11)
19	100	40	12.57	12.57	-1.89	0.00	0.096 (11)	0.965 (11)	4.437 (11)
20	100	40	12.57	12.57	-0.87	0.00	0.044 (11)	0.445 (11)	2.047 (11)
21	100	40	12.57	12.57	-0.23	0.00	0.011 (11)	0.115 (11)	0.530 (11)
22	100	40	12.57	12.57	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13.280 [N/mm²]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mm²]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	100	40	8.04	12.57	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)
2	100	40	8.04	12.57	0.00	1.00	0.002 (12)	0.033 (12)	0.037 (12)
3	100	40	8.04	12.57	0.01	2.00	0.005 (12)	0.062 (12)	0.077 (12)
4	100	40	8.04	12.57	0.05	3.00	0.009 (12)	0.083 (12)	0.127 (12)
5	100	40	8.04	12.57	0.11	4.00	0.013 (12)	0.092 (12)	0.188 (12)
6	100	40	8.04	12.57	0.21	5.00	0.019 (12)	0.084 (12)	0.267 (12)
7	100	40	8.04	12.57	0.36	6.00	0.026 (12)	0.057 (12)	0.365 (12)
8	100	40	8.04	12.57	0.57	7.00	0.036 (12)	0.000 (1)	0.491 (12)
9	100	40	8.04	12.57	0.85	8.00	0.049 (12)	0.136 (12)	0.663 (12)
10	100	40	8.04	12.57	1.21	9.00	0.068 (12)	0.428 (12)	0.899 (12)
11	100	40	8.04	12.57	1.66	10.00	0.093 (12)	0.949 (12)	1.204 (12)
12	100	40	8.04	12.57	2.21	11.00	0.125 (12)	1.742 (12)	1.575 (12)
13	100	40	8.04	12.57	2.87	12.00	0.163 (12)	2.824 (12)	2.011 (12)
14	100	40	8.04	12.57	3.64	13.00	0.207 (12)	4.205 (12)	2.512 (12)
15	100	40	8.04	12.57	4.54	14.00	0.258 (12)	5.898 (12)	3.081 (12)
16	100	40	8.04	25.13	5.58	15.00	0.263 (12)	4.326 (12)	3.277 (12)
17	100	40	8.04	12.57	6.75	16.00	0.382 (12)	10.275 (12)	4.438 (12)
18	100	40	8.04	12.57	8.07	17.00	0.456 (12)	12.989 (12)	5.234 (12)
19	100	40	8.04	12.57	9.55	18.00	0.538 (12)	16.074 (12)	6.114 (12)
20	100	40	8.04	12.57	11.20	19.00	0.629 (12)	19.545 (12)	7.083 (12)
21	100	40	8.04	12.57	13.01	20.00	0.729 (12)	23.419 (12)	8.143 (12)
22	100	40	8.04	12.57	15.00	21.00	0.838 (12)	27.710 (12)	9.299 (12)
23	100	40	8.04	12.57	17.17	22.00	0.957 (12)	32.435 (12)	10.555 (12)
24	100	40	8.04	12.57	19.54	23.00	1.086 (12)	37.608 (12)	11.913 (12)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13.280 [N/mm²]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mm²]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	100	40	12.57	12.57	-30.18	0.00	1.531 (12)	15.378 (12)	70.679 (12)
2	100	40	12.57	12.57	-30.54	0.00	1.550 (12)	15.560 (12)	71.514 (12)
3	100	40	12.57	12.57	-30.41	0.00	1.543 (12)	15.497 (12)	71.226 (12)
4	100	40	12.57	12.57	-29.86	0.00	1.515 (12)	15.214 (12)	69.925 (12)
5	100	40	12.57	12.57	-28.92	0.00	1.467 (12)	14.735 (12)	67.722 (12)
6	100	40	12.57	12.57	-27.64	0.00	1.403 (12)	14.083 (12)	64.729 (12)
7	100	40	12.57	12.57	-26.07	0.00	1.323 (12)	13.284 (12)	61.057 (12)
8	100	40	12.57	12.57	-24.26	0.00	1.231 (12)	12.362 (12)	56.816 (12)
9	100	40	12.57	12.57	-22.26	0.00	1.129 (12)	11.340 (12)	52.119 (12)
10	100	40	12.57	12.57	-20.10	0.00	1.020 (12)	10.242 (12)	47.075 (12)

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
11	100	40	12.57	12.57	-17.85	0.00	0.906 (12)	9.094 (12)	41.796 (12)
12	100	40	12.57	12.57	-15.54	0.00	0.789 (12)	7.918 (12)	36.394 (12)
13	100	40	12.57	12.57	-13.23	0.00	0.671 (12)	6.740 (12)	30.979 (12)
14	100	40	12.57	12.57	-10.96	0.00	0.556 (12)	5.583 (12)	25.662 (12)
15	100	40	12.57	12.57	-8.78	0.00	0.445 (12)	4.472 (12)	20.555 (12)
16	100	40	12.57	12.57	-6.73	0.00	0.342 (12)	3.431 (12)	15.768 (12)
17	100	40	12.57	12.57	-4.87	0.00	0.247 (12)	2.483 (12)	11.413 (12)
18	100	40	12.57	12.57	-3.25	0.00	0.165 (12)	1.654 (12)	7.601 (12)
19	100	40	12.57	12.57	-1.90	0.00	0.096 (12)	0.966 (12)	4.442 (12)
20	100	40	12.57	12.57	-0.87	0.00	0.044 (12)	0.446 (12)	2.048 (12)
21	100	40	12.57	12.57	-0.23	0.00	0.011 (12)	0.115 (12)	0.531 (12)
22	100	40	12.57	12.57	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
ε	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLER

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (10)
2	100	40	0.00	0.00	0.00	2.41	0.0000000	0.00	0.000 (10)
3	100	40	0.00	0.00	0.01	10.38	0.0000000	0.00	0.000 (10)
4	100	40	0.00	0.00	0.05	26.87	0.0000000	0.00	0.000 (10)
5	100	40	0.00	0.00	0.11	60.42	0.0000000	0.00	0.000 (10)
6	100	40	0.00	0.00	0.21	143.28	0.0000000	0.00	0.000 (10)
7	100	40	0.00	0.00	0.36	565.29	0.0000000	0.00	0.000 (10)
8	100	40	0.00	0.00	0.57	725.24	0.0000000	0.00	0.000 (10)
9	100	40	12.57	750.00	0.85	291.95	0.0000000	0.00	0.000 (10)
10	100	40	12.57	750.00	1.21	207.04	0.0000000	0.00	0.000 (10)
11	100	40	12.57	750.00	1.66	171.37	0.0000000	0.00	0.000 (10)
12	100	40	12.57	750.00	2.21	151.99	0.0000000	0.00	0.000 (10)
13	100	40	12.57	750.00	2.87	139.96	0.0000000	0.00	0.000 (10)
14	100	40	12.57	750.00	3.64	131.85	0.0000000	0.00	0.000 (10)
15	100	40	12.57	750.00	4.54	126.07	0.0000000	0.00	0.000 (10)
16	100	40	25.13	750.00	5.58	135.80	0.0000000	0.00	0.000 (10)
17	100	40	12.57	750.00	6.75	118.47	0.0000000	0.00	0.000 (10)
18	100	40	12.57	750.00	8.07	115.87	0.0000000	0.00	0.000 (10)
19	100	40	12.57	750.00	9.55	113.79	0.0000000	0.00	0.000 (10)



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 IN2600 001 B 92 DI 94

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
20	100	40	12.57	750.00	11.20	112.08	0.0000000	0.00	0.000 (10)
21	100	40	12.57	750.00	13.01	110.67	0.0000000	0.00	0.000 (10)
22	100	40	12.57	750.00	15.00	109.48	0.0000000	0.00	0.000 (10)
23	100	40	12.57	750.00	17.17	108.47	0.0000000	0.00	0.000 (10)
24	100	40	12.57	750.00	19.54	107.60	0.0000000	0.00	0.000 (10)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	12.57	750.00	-29.38	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
2	100	40	12.57	750.00	-29.86	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
3	100	40	12.57	750.00	-29.86	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
4	100	40	12.57	750.00	-29.40	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
5	100	40	12.57	750.00	-28.55	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
6	100	40	12.57	750.00	-27.35	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
7	100	40	12.57	750.00	-25.85	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
8	100	40	12.57	750.00	-24.09	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
9	100	40	12.57	750.00	-22.13	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
10	100	40	12.57	750.00	-20.02	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
11	100	40	12.57	750.00	-17.79	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
12	100	40	12.57	750.00	-15.51	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
13	100	40	12.57	750.00	-13.22	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
14	100	40	12.57	750.00	-10.96	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
15	100	40	12.57	750.00	-8.78	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
16	100	40	12.57	750.00	-6.74	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
17	100	40	12.57	750.00	-4.88	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
18	100	40	12.57	750.00	-3.25	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
19	100	40	12.57	750.00	-1.90	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
20	100	40	12.57	750.00	-0.88	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
21	100	40	12.57	750.00	-0.23	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (10)
22	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (10)

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (11)
2	100	40	0.00	0.00	0.00	2.41	0.0000000	0.00	0.000 (11)
3	100	40	0.00	0.00	0.01	10.38	0.0000000	0.00	0.000 (11)
4	100	40	0.00	0.00	0.05	26.87	0.0000000	0.00	0.000 (11)
5	100	40	0.00	0.00	0.11	60.42	0.0000000	0.00	0.000 (11)
6	100	40	0.00	0.00	0.21	143.28	0.0000000	0.00	0.000 (11)
7	100	40	0.00	0.00	0.36	565.29	0.0000000	0.00	0.000 (11)
8	100	40	0.00	0.00	0.57	725.24	0.0000000	0.00	0.000 (11)
9	100	40	12.57	750.00	0.85	291.95	0.0000000	0.00	0.000 (11)
10	100	40	12.57	750.00	1.21	207.04	0.0000000	0.00	0.000 (11)
11	100	40	12.57	750.00	1.66	171.37	0.0000000	0.00	0.000 (11)
12	100	40	12.57	750.00	2.21	151.99	0.0000000	0.00	0.000 (11)
13	100	40	12.57	750.00	2.87	139.96	0.0000000	0.00	0.000 (11)
14	100	40	12.57	750.00	3.64	131.85	0.0000000	0.00	0.000 (11)
15	100	40	12.57	750.00	4.54	126.07	0.0000000	0.00	0.000 (11)
16	100	40	25.13	750.00	5.58	135.80	0.0000000	0.00	0.000 (11)
17	100	40	12.57	750.00	6.75	118.47	0.0000000	0.00	0.000 (11)
18	100	40	12.57	750.00	8.07	115.87	0.0000000	0.00	0.000 (11)
19	100	40	12.57	750.00	9.55	113.79	0.0000000	0.00	0.000 (11)
20	100	40	12.57	750.00	11.20	112.08	0.0000000	0.00	0.000 (11)
21	100	40	12.57	750.00	13.01	110.67	0.0000000	0.00	0.000 (11)
22	100	40	12.57	750.00	15.00	109.48	0.0000000	0.00	0.000 (11)
23	100	40	12.57	750.00	17.17	108.47	0.0000000	0.00	0.000 (11)



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 IN2600 001 B 93 DI 94

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
24	100	40	12.57	750.00	19.54	107.60	0.0000000	0.00	0.000 (11)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	12.57	750.00	-29.46	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
2	100	40	12.57	750.00	-29.91	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
3	100	40	12.57	750.00	-29.88	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
4	100	40	12.57	750.00	-29.40	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
5	100	40	12.57	750.00	-28.53	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
6	100	40	12.57	750.00	-27.32	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
7	100	40	12.57	750.00	-25.81	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
8	100	40	12.57	750.00	-24.05	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
9	100	40	12.57	750.00	-22.08	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
10	100	40	12.57	750.00	-19.97	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
11	100	40	12.57	750.00	-17.74	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
12	100	40	12.57	750.00	-15.46	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
13	100	40	12.57	750.00	-13.17	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
14	100	40	12.57	750.00	-10.92	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
15	100	40	12.57	750.00	-8.75	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
16	100	40	12.57	750.00	-6.72	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
17	100	40	12.57	750.00	-4.86	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
18	100	40	12.57	750.00	-3.24	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
19	100	40	12.57	750.00	-1.89	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
20	100	40	12.57	750.00	-0.87	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
21	100	40	12.57	750.00	-0.23	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (11)
22	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)
2	100	40	0.00	0.00	0.00	2.41	0.0000000	0.00	0.000 (12)
3	100	40	0.00	0.00	0.01	10.38	0.0000000	0.00	0.000 (12)
4	100	40	0.00	0.00	0.05	26.87	0.0000000	0.00	0.000 (12)
5	100	40	0.00	0.00	0.11	60.42	0.0000000	0.00	0.000 (12)
6	100	40	0.00	0.00	0.21	143.28	0.0000000	0.00	0.000 (12)
7	100	40	0.00	0.00	0.36	565.29	0.0000000	0.00	0.000 (12)
8	100	40	0.00	0.00	0.57	725.24	0.0000000	0.00	0.000 (12)
9	100	40	12.57	750.00	0.85	291.95	0.0000000	0.00	0.000 (12)
10	100	40	12.57	750.00	1.21	207.04	0.0000000	0.00	0.000 (12)
11	100	40	12.57	750.00	1.66	171.37	0.0000000	0.00	0.000 (12)
12	100	40	12.57	750.00	2.21	151.99	0.0000000	0.00	0.000 (12)
13	100	40	12.57	750.00	2.87	139.96	0.0000000	0.00	0.000 (12)
14	100	40	12.57	750.00	3.64	131.85	0.0000000	0.00	0.000 (12)
15	100	40	12.57	750.00	4.54	126.07	0.0000000	0.00	0.000 (12)
16	100	40	25.13	750.00	5.58	135.80	0.0000000	0.00	0.000 (12)
17	100	40	12.57	750.00	6.75	118.47	0.0000000	0.00	0.000 (12)
18	100	40	12.57	750.00	8.07	115.87	0.0000000	0.00	0.000 (12)
19	100	40	12.57	750.00	9.55	113.79	0.0000000	0.00	0.000 (12)
20	100	40	12.57	750.00	11.20	112.08	0.0000000	0.00	0.000 (12)
21	100	40	12.57	750.00	13.01	110.67	0.0000000	0.00	0.000 (12)



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 IN2600 001 B 94 DI 94

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
22	100	40	12.57	750.00	15.00	109.48	0.0000000	0.00	0.000 (12)
23	100	40	12.57	750.00	17.17	108.47	0.0000000	0.00	0.000 (12)
24	100	40	12.57	750.00	19.54	107.60	0.0000000	0.00	0.000 (12)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	40	12.57	750.00	-30.18	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
2	100	40	12.57	750.00	-30.54	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
3	100	40	12.57	750.00	-30.41	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
4	100	40	12.57	750.00	-29.86	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
5	100	40	12.57	750.00	-28.92	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
6	100	40	12.57	750.00	-27.64	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
7	100	40	12.57	750.00	-26.07	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
8	100	40	12.57	750.00	-24.26	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
9	100	40	12.57	750.00	-22.26	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
10	100	40	12.57	750.00	-20.10	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
11	100	40	12.57	750.00	-17.85	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
12	100	40	12.57	750.00	-15.54	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
13	100	40	12.57	750.00	-13.23	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
14	100	40	12.57	750.00	-10.96	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
15	100	40	12.57	750.00	-8.78	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
16	100	40	12.57	750.00	-6.73	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
17	100	40	12.57	750.00	-4.87	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
18	100	40	12.57	750.00	-3.25	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
19	100	40	12.57	750.00	-1.90	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
20	100	40	12.57	750.00	-0.87	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
21	100	40	12.57	750.00	-0.23	-100.46	0.0000000	0.00	0.000 (12)
22	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)