

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

MU77 – Pila CVF esistente al pk 18+650,11

Relazione di calcolo – Verifica all'urto da traffico ferroviario

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 7 8 C L M U 7 7 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	P.MANNI	07/2019	N.MANCUSO <i>N. Mancuso</i>	07/2019	F.GERNONE <i>F. Gernone</i>	07/2019	D. TIBERTI 07/2019  ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Generale UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Danilo Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

File: IA5F01D78CLMU7700001A

n. Elab.:

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>Relazione di calcolo – Verifica all’urto da traffico ferroviario</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7700 001	REV. A	FOGLIO 2 DI 23

## INDICE

<b>1. GENERALITÀ.....</b>	<b>3</b>
1.1. PREMESSA.....	3
1.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
1.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
<b>2. PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO.....</b>	<b>6</b>
<b>3. ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>7</b>
3.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA.....	7
3.2. CARICHI PERMANENTI TRASMESSI DALL’IMPALCATO.....	7
3.3. CARICHI DA URTO FERROVIARIO.....	7
<b>4. COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>8</b>
<b>5. MODELLAZIONE STRUTTURALE.....</b>	<b>9</b>
5.1. CODICE DI CALCOLO.....	9
5.2. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	9
5.3. AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO.....	10
5.4. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	10
5.5. INFORMAZIONI GENERALI SULL’ELABORAZIONE.....	10
5.6. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	10
<b>6. VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>11</b>
6.1. VERIFICA DEL FUSTO.....	11
6.2. VERIFICA DELLA PLATEA.....	15
6.3. VERIFICA DEI PALI.....	17
<b>7. VERIFICHE GEOTECNICHE.....</b>	<b>20</b>
7.1. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE.....	21
7.2. VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	22

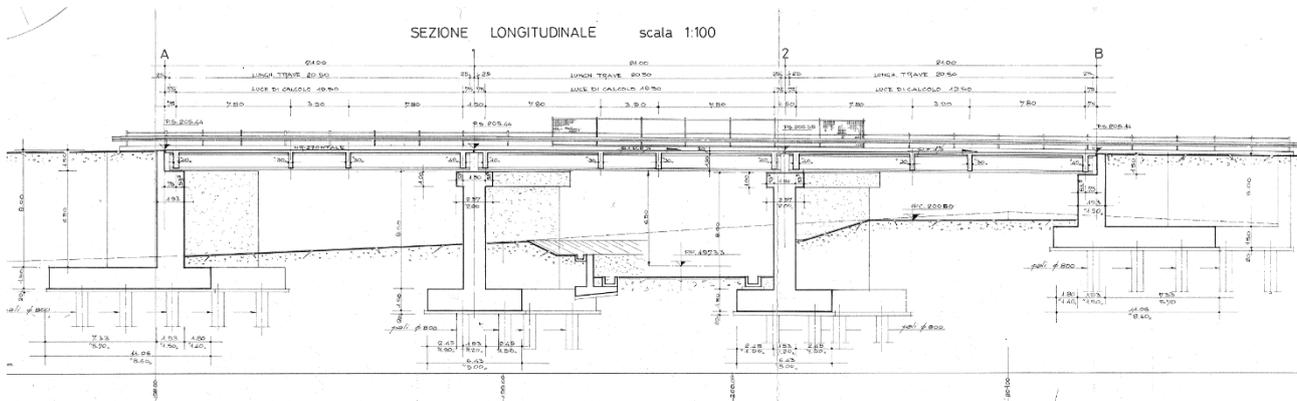
## 1. GENERALITÀ

Obiettivo della realizzazione della linea Ferrandina – Matera La Martella è il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto.

Il piano di interventi prevede l'adeguamento sismico della stazione di La Martella e l'adeguamento funzionale del Layout della stazione ai requisiti richiesti dalle normative attuali compresi quelli di interoperabilità, come meglio descritto negli elaborati di progetto architettonico.

### 1.1. PREMESSA

Nella presente relazione viene preso in considerazione il cavalcaferrovia esistente al km 18+650,11; nello specifico, si verificano le pile nei confronti delle azioni eccezionali da urto ferroviario (§ 3.6.3.4 NTC2018).



	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>Relazione di calcolo – Verifica all’urto da traffico ferroviario</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7700 001	REV. A

## 1.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- [1] *DM 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*
- [2] *Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*
- [3] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.*
- [4] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture*
- [5] *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 002 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 5 – Prescrizioni per marciapiedi e pensiline delle stazioni ferroviarie a servizio dei viaggiatori*
- [6] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea*
- [7] *Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici*
- [8] *UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione. prestazione. produzione e conformità” Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1*
- [9] *UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione. prestazione. produzione e conformità”*
- [10] *UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1:Regole generali e regole per edifici”*
- [11] *UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni. strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”*

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale  <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>				
	<b>Relazione di calcolo – Verifica all’urto          da traffico ferroviario</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL MU7700 001	DOCUMENTO REV. A

### 1.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si premette che nella presente vengono trattate strutture esistenti soggette ad azioni eccezionali, quindi le resistenze di progetto sono calcolate con un fattore di confidenza  $FC = 1$ .

Le resistenze medie sono assunte coincidenti con quelle caratteristiche di progetto.

- CALCESTRUZZO:**  $R_{ck} = 25 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = f_{cm} / FC = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / FC = \alpha_{cc} \cdot 0.83 \cdot R_{ck} / FC = 0.85 \cdot 0.83 \cdot 25 / 1 = 17.64 \text{ MPa}$
- ACCIAIO PER ARMATURE:** **FeB38k**  
 $f_{yd} = f_{yk} / FC = 375 / 1 = 375 \text{ MPa}$   
 $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 375 / 200000 = 0.001875 = 1.875\%$

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b> <b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
	<b>Relazione di calcolo – Verifica all'urto da traffico ferroviario</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7700 001	REV. A

## 2. PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO

Attraverso l'elaborato IA5F-01-D-78-F6-GE0005-006-A (profilo geotecnico), si determinano:

- la litologia interessata dalle fondazioni dell'opera in esame;
- la profondità della falda dal PC.

Quindi, per la caratterizzazione geotecnica della litologia individuata, si fa riferimento all'elaborato IA5F-01-D-78-RH-GE0005-001-A (relazione geotecnica generale).

STRATIGRAFIA - profondità da p.c. [m]		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]	E [MPa]
0 - ...	U2 (argille sub-appenniniche)	20	28.0	22.0	260	150

Il livello della falda è a 17m circa dal piano campagna.

La categoria del suolo è la C (vedere elaborati IA5F-01-D-78-RH-GE0005-001-A e IA5F-01-D-78-F6-GE0005-006-A).

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p><b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b></p>				
<p><b>Relazione di calcolo – Verifica all’urto da traffico ferroviario</b></p>	<p>PROGETTO IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D 78 CL</p>	<p>DOCUMENTO MU7700 001</p>	<p>REV. <b>A</b> FOGLIO <b>7 DI 23</b></p>

### 3. ANALISI DEI CARICHI

#### 3.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

Il peso proprio dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

#### 3.2. CARICHI PERMANENTI TRASMESSI DALL’IMPALCATO

Dalla relazione di calcolo del cavalcaferrovia si deduce che che il carico permanente complessivo trasmesso dall’impalcato sulla sommità della singola pila è pari a 4230 kN.

Tale carico deve ritenersi comprensivo del peso delle strutture dell’impalcato e dei sovraccarichi permanenti agenti sull’impalcato stesso.

#### 3.3. CARICHI DA URTO FERROVIARIO

Poiché la distanza minima delle pile dall’asse del binario è maggiore di 5 m, le azioni da urto ferroviario, ai sensi del § 3.6.3.4 delle NTC 2018, sono costituite dalle seguenti forze statiche:

- 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari.

Queste forze devono essere applicate a 1.80 m dal piano del ferro (nel caso in esame a 3.50 m dall’estradosso della platea) e non devono essere considerate agenti simultaneamente.

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>Relazione di calcolo – Verifica all’urto da traffico ferroviario</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7700 001	REV. A	FOGLIO 8 DI 23

#### 4. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico utilizzate per l’analisi della struttura sono definite in accordo alle indicazioni del § 2.5.3 delle NTC2018:

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:  
 $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$  [2.5.6]

##### Definizione delle condizioni di carico

- **PERM:**  
pesi degli elementi strutturali della pila e dell’impalcato e sovraccarichi permanenti gravanti sull’impalcato
- **URTO-//:**  
urto parallelo alla direzione di marcia dei convogli (carico applicato su un fianco del fusto della pila)
- **URTO-PERP\_1:**  
urto ortogonale alla direzione di marcia dei convogli (carico applicato sul fusto della pila ortogonalmente al suo piano medio in corrispondenza della mezzeria)
- **URTO-PERP\_2 e URTO-PERP\_3:**  
urto ortogonale alla direzione di marcia dei convogli (carico applicato sul fusto della pila ortogonalmente al suo piano medio in corrispondenza delle estremità)

##### Definizione delle combinazioni di carico

Combinazione	Condizioni di carico				
	PERM	URTO-//	URTO-PERP_1	URTO-PERP_2	URTO-PERP_3
COMB1	1	1	-	-	-
COMB2	1	-	1	-	-
COMB3	1	-	-	1	-
COMB4	1	-	-	-	1

## 5. MODELLAZIONE STRUTTURALE

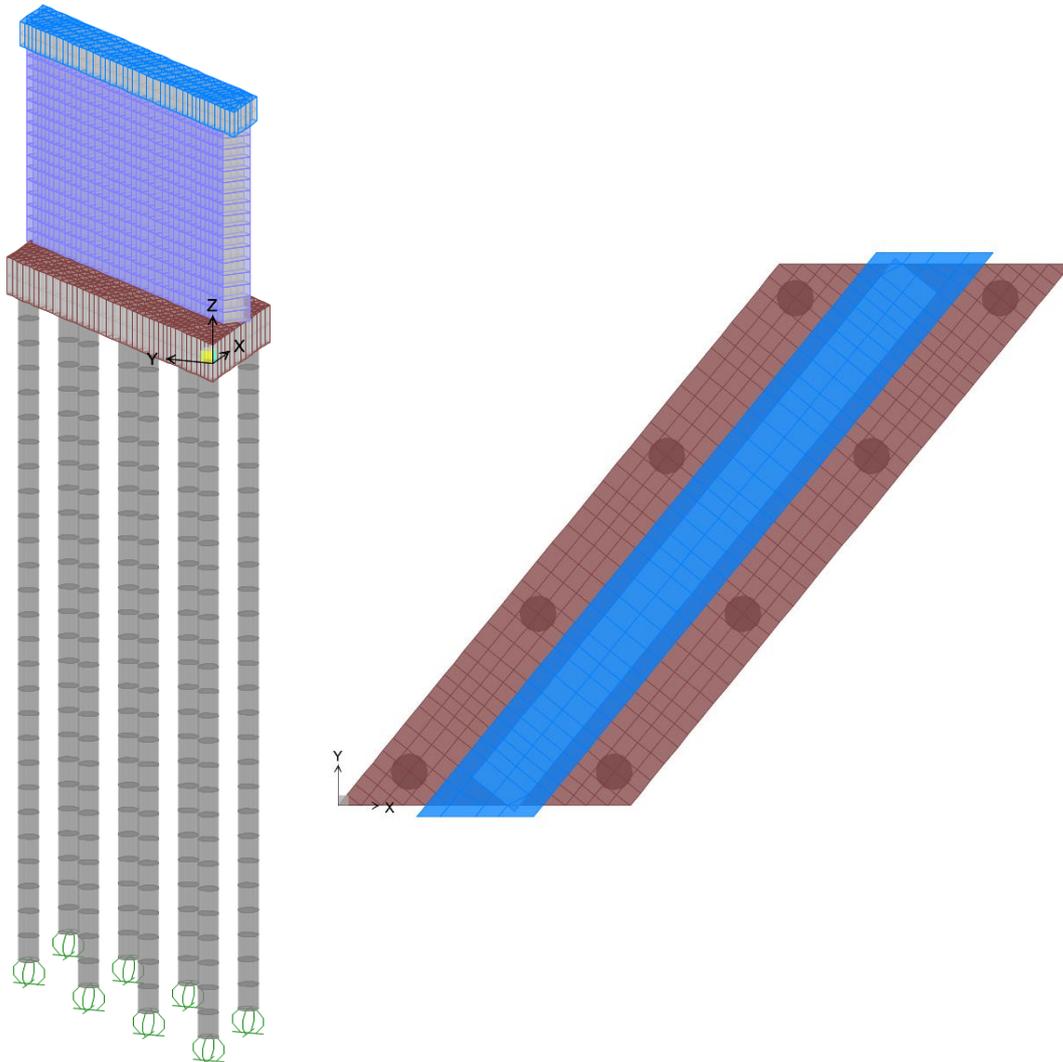
### 5.1. CODICE DI CALCOLO

L’analisi della struttura è stata condotta con il seguente codice di calcolo agli elementi finiti:

Titolo               SAP2000  
Versione            21.0.2  
Distributore        Computer and Structures, Inc.

### 5.2. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Per l’analisi della struttura, è stato sviluppato un modello di calcolo costituito da soli elementi tipo “shell” (elementi piani a tre o quattro nodi) e da bracci rigidi (link) utilizzati per connettere i vari elementi (pulvino-fusto, fusto-platea, platea-pali).



*Modello F.E.M. – Viste estruse 3D e in pianta*

I pesi degli elementi che formano il modello sono calcolati direttamente dal software, tramite le sezioni e i materiali ad essi assegnati, congruenti con quelli di progetto.

La struttura è stata vincolata tramite carrelli applicati alla base dei pali e molle orizzontali, anch’esse applicate

	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>Relazione di calcolo – Verifica all'urto da traffico ferroviario</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7700 001	REV. A	FOGLIO 10 DI 23

ai pali, su tutta la loro lunghezza nelle direzioni X e Y, di rigidità costante con la profondità.

Per determinare il modulo di reazione orizzontale si può fare riferimento a prove di carico su piastra, correlando il modulo  $k_h$  al risultato della prova attraverso la relazione:

$$k_h = k_h^* \cdot b / (1.5 \cdot D)$$

dove:

- $k_h^*$  è il modulo ottenuto da prove di carico su piastra;
- $b$  è la dimensione della piastra (lato o diametro) utilizzata nella prova.

Valori tipici di  $k_h^*$  per terreni coesivi ottenuti da prove di carico su piastra standard da 30cm sono riportati nella tabella seguente.

Consistenza	Compatta ( $c_u = 50 \div 100$ kPa)	Molto compatta ( $c_u = 100 \div 200$ kPa)	Dura ( $c_u > 200$ kPa)
Range [N/cm <sup>3</sup> ]	18÷35	35÷70	>70
Valore consigliato di $k_h^*$ [N/cm <sup>3</sup> ]	25	50	100

Nel caso in esame si ha:

- $c_u = 260$  kPa  $\rightarrow k_h^* = 100$  N/cm<sup>3</sup>;
- $D = 80$  cm;

e quindi:

$$k_h = 100 \cdot 30 / (1.5 \cdot 80) = 25 \text{ N/cm}^3 = 25000 \text{ kN/m}^3$$

da cui:

$$k = 25000(\text{kN/m}^3) \cdot 0.80(\text{m}) = 20000 \text{ kN/m/m.}$$

Si deve comunque osservare che non è necessaria una grande precisione del modulo  $k_h$ , poiché la lunghezza caratteristica  $\lambda$  è funzione della radice quadrata del modulo stesso, per cui l'errore nella stima di  $k_h$  è poco influente nel calcolo delle caratteristiche di sollecitazione del palo, pur risentendosi maggiormente nella valutazione degli spostamenti.

### 5.3. AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### 5.4. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

L'output di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma grafica e tabellare.

### 5.5. INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### 5.6. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con analisi semplificate. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di

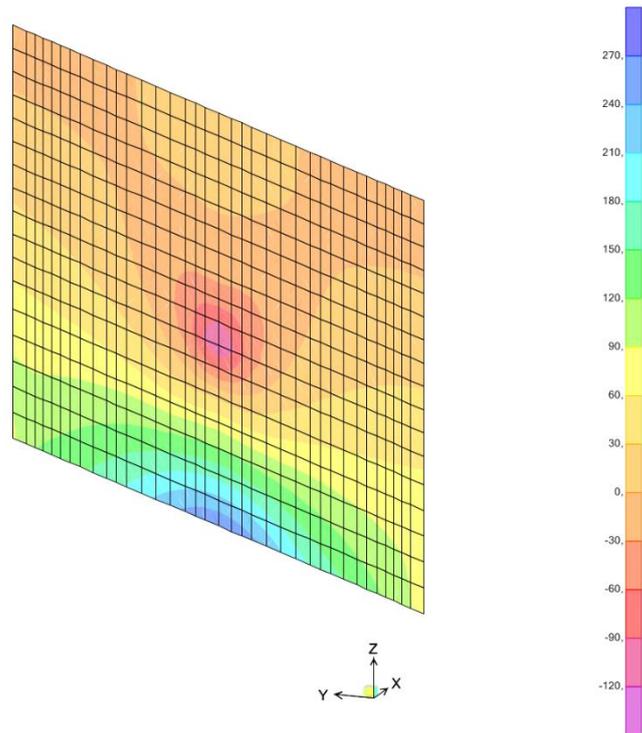
	<b>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</b>					
	<b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b>					
<b>Relazione di calcolo – Verifica all'urto da traffico ferroviario</b>	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7700 001	REV. A	FOGLIO 11 DI 23

schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

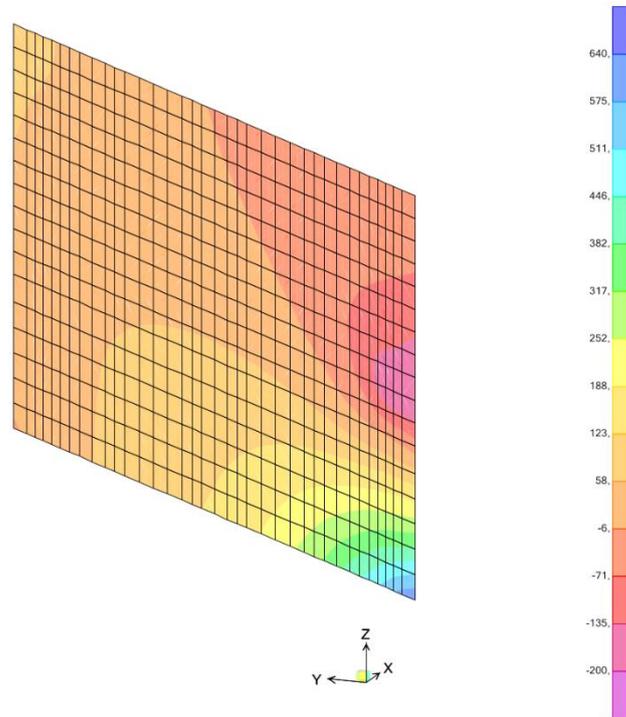
## 6. VERIFICHE STRUTTURALI

### 6.1. VERIFICA DEL FUSTO

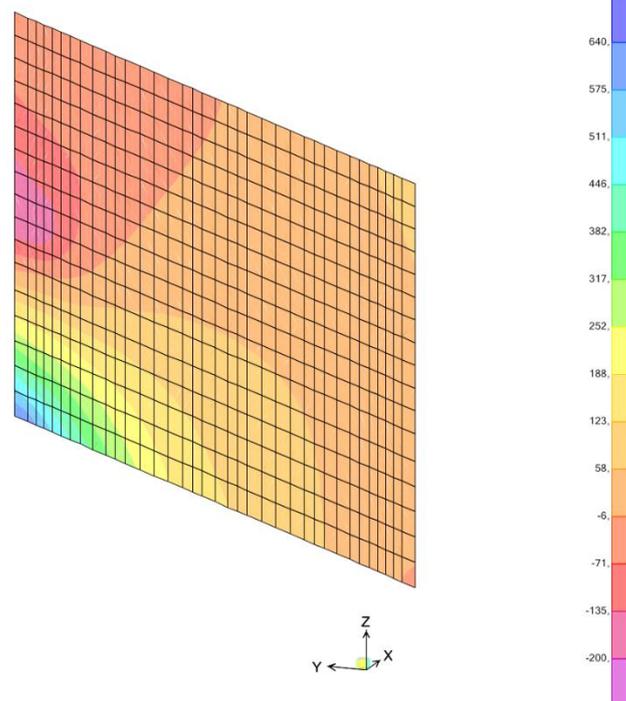
Verifica a presso-flessione nella sezione d'incastro



Mappatura dei momenti  $M_{22}$  in COMB2 - u.m. kNm/m



Mappatura dei momenti  $M_{22}$  in COMB3 - u.m. kNm/m



Mappatura dei momenti  $M_{22}$  in COMB4 - u.m. kNm/m

Il momento massimo è di 640 kNm/m.

La verifica viene svolta, a favore di sicurezza, trascurando lo sforzo assiale, che è di compressione su tutta la lunghezza della sezione d'incasto.

Ai fini della verifica, si considerano barre  $\varnothing 22/20$  su entrambe le facce.

Verifica C.A. S.L.U. - File: FUSTO

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : VERIFICA FUSTO

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	19,01	8
			2	19,01	112

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 640

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 791,3 kNm

Materiali FeB38k Rck 25

$\epsilon_{su}$ 67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰	$\sigma_c$ -17,64 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$ 375 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3,5 ‰	$\sigma_s$ 375 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$ 200.000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 17,64	$\epsilon_c$ 3,5 ‰
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0,8	$\epsilon_s$ 54,8 ‰
$\epsilon_{syd}$ 1,875 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 8,5	d 112 cm
$\sigma_{s,adm}$ 215 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0,5333	x 6,724 x/d 0,06004
	$\tau_{c1}$ 1,686	$\delta$ 0,7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo  
S.L.U.+ S.L.U.-  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100

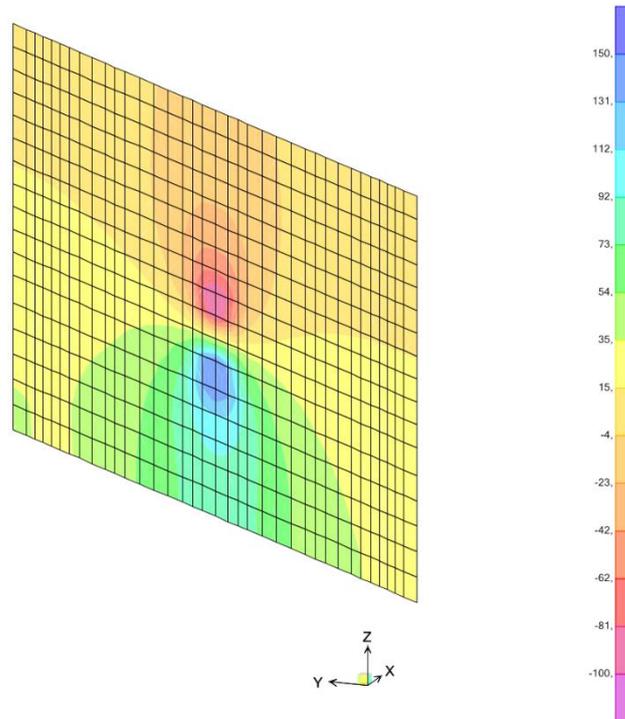
Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

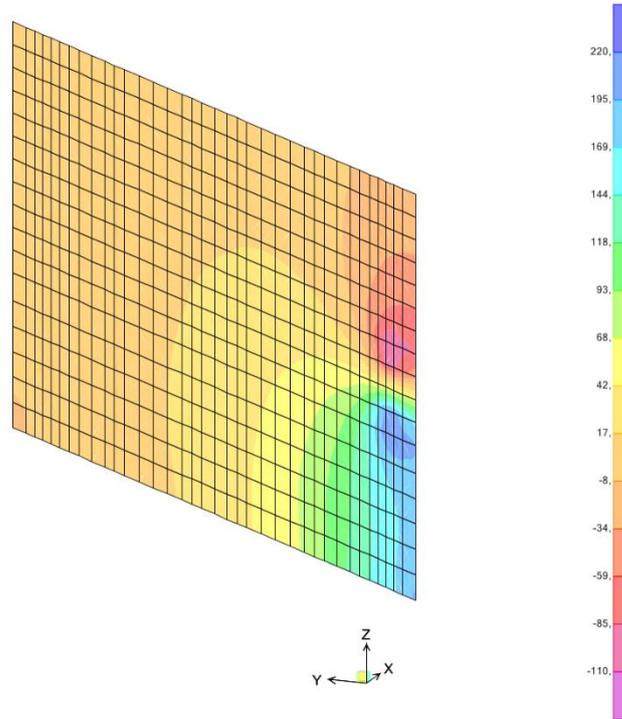
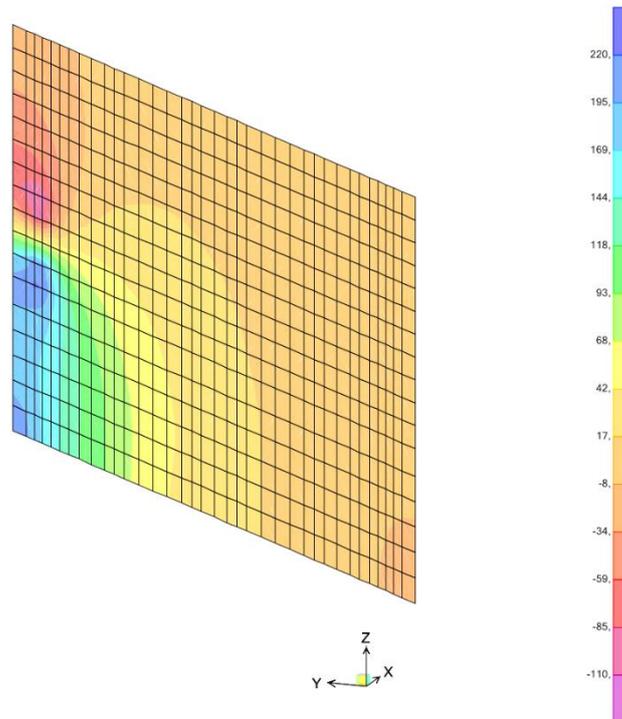
Precompresso

$M_{Rd} = 791 \text{ kNm} > M_{Ed} = 640 \text{ kNm} \rightarrow$  verifica soddisfatta

### Verifica a taglio



Mappatura degli sforzi di taglio V23 in COMB2 - u.m. kN/m

*Mappatura degli sforzi di taglio V23 in COMB3 - u.m. kN/m**Mappatura degli sforzi di taglio V23 in COMB4 - u.m. kN/m*

Lo sforzo di taglio massimo è di 220 kN/m.

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A.



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 – Verifica all'urto  
da traffico ferroviario**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	MU7700 001	A	15 DI 23

#### Materiali

CLS

Classe = **Rck 25**  
 $f_{ck} = 20,75$  MPa  
 $\alpha_{cc} = 0,85$   
 $\gamma_c = 1$   
 $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 17,64$  MPa  
 $f'_{cd} = 0,5 f_{cd} = 8,82$  MPa  
**ARMATURE**  
 $f_{yk} = 375$  MPa  
 $\gamma_s = 1$   
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 375,0$  MPa

#### Sollecitazioni

$N_{Ed} = 0$  kN  
 $V_{Ed} = 220$  kN  
 $T_{Ed} = 0$  kNm

#### Taglio

$B = b_w = 1000$ mm	$\kappa = \min [1 + \sqrt{(200 / d)}; 2] = 1,4226$
$H = 1200$ mm	$\rho_t = \min [A_{st} / (b_w d); 0,02] = 0,0017$
$d = 1120$ mm	$A_c = B H = 1200000$ mm <sup>2</sup>
$A_{st} = 1900$ mm <sup>2</sup>	$\sigma_{cp} = \min [N_{Ed} / A_c; 0,2 f_{cd}] = 0,0000$ MPa
$\alpha = 90$ °	$v_{min} = 0,035 \kappa^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,2705$ MPa
$ctg \theta = 1$	$\alpha_c = 1,0000$
	$ctg \alpha = 0,0000$

#### Resistenza senza armature trasversali

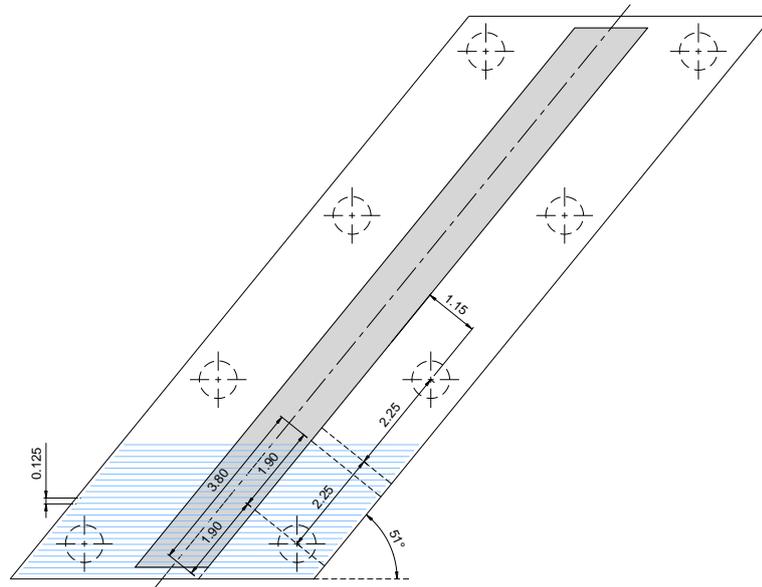
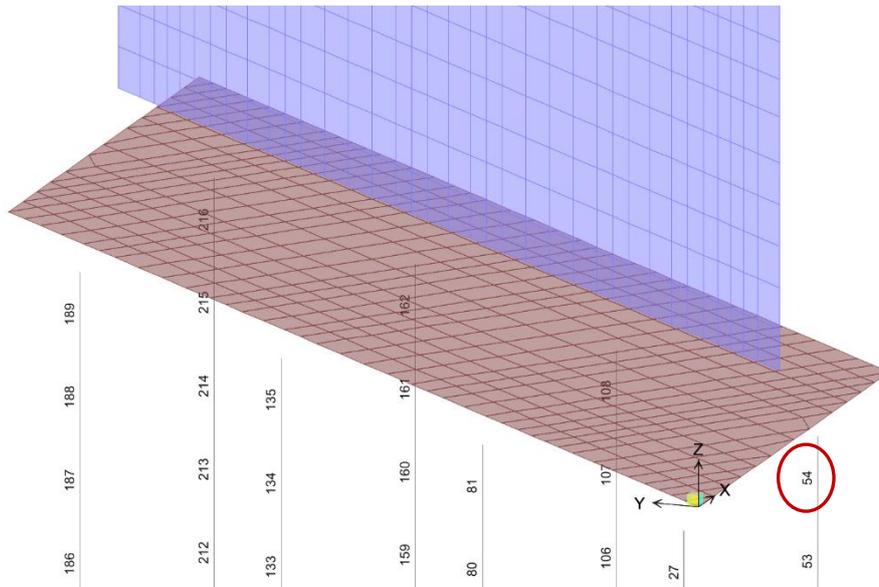
$V_{Rd} = \max \{0,18 \kappa (100 \rho_t f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}\} b_w d; (v_{min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d\} = 436$  kN  
 $V_{Rd} > V_{Ed} \rightarrow$  **Non sono richieste armature a taglio**

## 6.2. VERIFICA DELLA PLATEA

La platea viene verificata facendo riferimento ad un meccanismo a mensola tozza in cui il crico è costituito dallo sforzo assiale massimo agente in testa ai pali.

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P
Text	m	Text	Text	KN
27	1	COMB1	Combination	-906
27	1	COMB2	Combination	-1161
27	1	COMB3	Combination	-1140
27	1	COMB4	Combination	-1155
54	1	COMB1	Combination	-1030
54	1	COMB2	Combination	-1882
54	1	COMB3	Combination	-1921
54	1	COMB4	Combination	-1905
81	1	COMB1	Combination	-1317
81	1	COMB2	Combination	-1179
81	1	COMB3	Combination	-1155
81	1	COMB4	Combination	-1162
108	1	COMB1	Combination	-1341
108	1	COMB2	Combination	-1829
108	1	COMB3	Combination	-1856
108	1	COMB4	Combination	-1851
135	1	COMB1	Combination	-1608
135	1	COMB2	Combination	-1114
135	1	COMB3	Combination	-1092
135	1	COMB4	Combination	-1087
162	1	COMB1	Combination	-1612
162	1	COMB2	Combination	-1746
162	1	COMB3	Combination	-1763
162	1	COMB4	Combination	-1770
189	1	COMB1	Combination	-1872

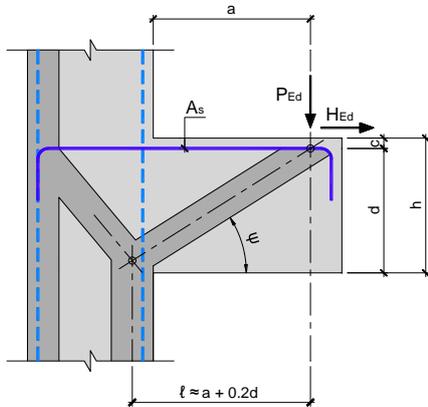
189	1	COMB2	Combination	-1020
189	1	COMB3	Combination	-998
189	1	COMB4	Combination	-982
216	1	COMB1	Combination	-1793
216	1	COMB2	Combination	-1549
216	1	COMB3	Combination	-1555
216	1	COMB4	Combination	-1570



Le armature all'intradosso della platea sono costituite da barre  $\varnothing 26/12.5$ ; di queste armature si considera l'area proiettata sul piano ortogonale all'asse della mensola:

$$A = 531 \cdot \sin(51^\circ) = 412.66 \text{ mm}^2 \rightarrow \varnothing_{eq} = 22.9 \text{ mm}$$

**VERIFICA MENSOLA TOZZA IN C.A.**



$P_{Ed} = 1.921 \text{ kN}$   
 $H_{Ed} = 0 \text{ kN}$

$a = 115 \text{ cm}$   
 $b = 380 \text{ cm}$  larghezza mensola  
 $h = 120 \text{ cm}$  altezza mensola  
 $c = 8 \text{ cm}$  copriferro  
 $d = 112 \text{ cm}$   
 $l = 137,4 \text{ cm}$   
 $\psi = 39,185^\circ$

Armatura ( $A_s$ )  
 $\varnothing_1 = 22,9 \text{ mm}$  diametro barre tipo 1  
 $n_1 = 23$  n° barre tipo 1  
 $\varnothing_2 = 0 \text{ mm}$  diametro barre tipo 2  
 $n_2 = 0$  n° barre tipo 2  
 $\varnothing_3 = 0 \text{ mm}$  diametro barre tipo 3  
 $n_3 = 0$  n° barre tipo 3  
 $A_s = 94,7 \text{ cm}^2$

Mensola con staffe: **NO** →  $c = 1$

**Materiali**

CLS		ARMATURE	
Classe =	<b>Rck 25</b>	$f_{yk} =$	<b>375 MPa</b>
$f_{ck} =$	<b>20,75 MPa</b>	$\gamma_s =$	<b>1</b>
$\alpha_{cc} =$	<b>0,85</b>	$f_{jd} = f_{yk} / \gamma_s =$	<b>375,0 MPa</b>
$\gamma_c =$	<b>1</b>		
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c =$	<b>17,64 MPa</b>		

**Verifica del tirante**

$P_{Rs} = (A_s f_{jd} - H_{Ed}) / \lambda$  con  $\lambda = \text{ctg}(\psi) \approx l / (0,9 d)$   
 $\lambda = 1,363$   
 $P_{Rs} = 2.606 \text{ kN}$   
 $P_{Rs} > P_{Ed} \rightarrow$  **verifica soddisfatta**

**Verifica del puntone di cls**

$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} c / (1 + \lambda^2) = 10.506 \text{ kN}$   
 $P_{Rc} > P_{Rs} \rightarrow$  **verifica soddisfatta**

**6.3. VERIFICA DEI PALI**

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime (e minime per gli sforzi assiali) nei pali relative alle quattro combinazioni di carico considerate:

- $N_{max} = 2260 \text{ kN}$ ;
- $N_{min} = 906 \text{ kN}$ ;
- $V_{max} = \max [\sqrt{V1^2 + V2^2}] = 223 \text{ kN}$ ;
- $M_{max} = \max [\sqrt{M1^2 + M2^2}] = 421 \text{ kNm}$ .

**Verifica a presso-flessione**

A favore di sicurezza, si considera lo sforzo assiale minimo.

$M_{Rd} = 814.5 \text{ kNm} > M_{Ed} = 421 \text{ kNm} \rightarrow$  verifica soddisfatta

### Verifica a taglio

#### VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A.

##### Materiali

CLS

Classe =

**Rck 25**

$f_{ck} = 20,75 \text{ MPa}$

$\alpha_{cc} = 0,85$

$\gamma_c = 1$

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 17,64 \text{ MPa}$

$f_{cd} = 0,5 f_{cd} = 8,82 \text{ MPa}$

##### ARMATURE

$f_{yk} = 375 \text{ MPa}$

$\gamma_s = 1$

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 375,0 \text{ MPa}$

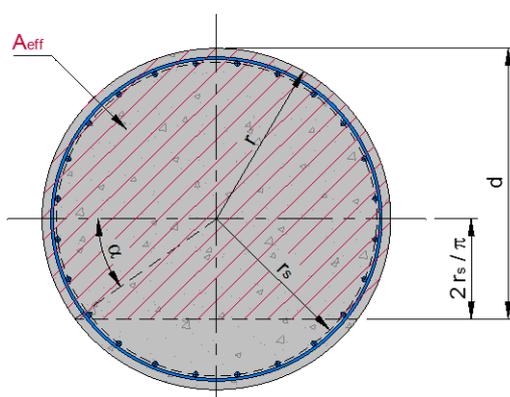
##### Sollecitazioni

$N_{Ed} = 906 \text{ kN}$

$V_{Ed} = 223 \text{ kN}$

$T_{Ed} = 0 \text{ kNm}$

#### TAGLIO SU SEZIONE CIRCOLARE IN C.A. - Metodo di Clarke & Birjandi (1993)





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 – Verifica all'urto  
da traffico ferroviario

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	MU7700 001	A	19 DI 23

#### Sezione effettiva

$r = 400$  mm  
 $r_s = 320$  mm

#### Sezione rettangolare equivalente

$d = r + 2 r_s / \pi = 604$  mm Altezza utile  
 $\alpha = \arcsin [2 r_s / (\pi r)] = 0,5344$  rad  
 $A_{eff} = r^2 (\pi / 2 + \alpha + \sin \alpha \cos \alpha) = 406953,3$  mm<sup>2</sup> Area  
 $B = A_{eff} / d = 674$  mm Base

#### Taglio

$B = b_w = 674$  mm  
 $H = 604$  mm  
 $d = 604$  mm  
 $A_{st} = 3556$  mm<sup>2</sup>  
 $\alpha = 90$  °  
 $\text{ctg } \theta = 1$

$\kappa = \min [1 + \sqrt{(200 / d)}; 2] = 1,5754$   
 $\rho_t = \min [A_{st} / (b_w d); 0,02] = 0,0087$   
 $A_c = B H = 407096$  mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{cp} = \min [N_{Ed} / A_c; 0,2 f_{cd}] = 2,2255$  MPa  
 $v_{min} = 0,035 \kappa^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,3153$  MPa  
 $\alpha_c = 1,1262$   
 $\text{ctg } \alpha = 0,0000$

#### Resistenza senza armature trasversali

$V_{Rd} = \max \{ [0,18 \kappa (100 \rho_t f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d; (v_{min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d \} = 439$  kN  
 $V_{Rd} > V_{Ed} \rightarrow$  **Non sono richieste armature a taglio**

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p><b>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</b></p>					
<p><b>Relazione di calcolo – Verifica all’urto da traffico ferroviario</b></p>	<p>PROGETTO IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D 78 CL</p>	<p>DOCUMENTO MU7700 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 20 DI 23</p>

## 7. VERIFICHE GEOTECNICHE

Vista la brevissima durata dell'azione eccezionale che si sta considerando, le verifiche geotecniche a carico limite verticale e orizzontale sono svolte solo in condizioni non drenate.

Le sollecitazioni massime, considerate nelle verifiche, sono:

- $N_{\max} = 2260 \text{ kN}$ ;
- $V_{\max} = \max [\sqrt{V1^2 + V2^2}] = 223 \text{ kN}$ .

## 7.1. VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE

### CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

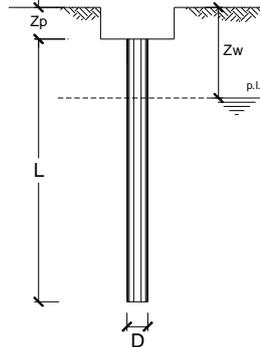
**CANTIERE:**

**OPERA:**

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 0,80 (m) Area del Palo (Ap): 0,503 (m<sup>2</sup>)  
 Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2,00 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 17,00 (m)  
 Carico Assiale Permanente (G): 2260 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
 Numero di strati 1  $\frac{1}{1}$  Lpalo = 27,00 (m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	$\gamma_b$	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{traz}}$
SLU	A1+M1+R1	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
	A2+M1+R2	1,00	1,30	1,70	1,45	1,60
	A1+M1+R3	1,30	1,50	1,35	1,15	1,25
	SISMA	1,00	1,00	1,35	1,15	1,25
DM88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista		1,00	1,00	1,35	1,15	1,25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A	prog.
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_{med}$ (kPa)	$\phi'_{med}$ (°)	$c_{u,med}$ (kPa)
1	27,00		20,00			260,0

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
0,00	0,00		0,35

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradesso del plinto)

**PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_{min}$ (kPa)	$\phi'_{min}$ (°)	$c_{u,min}$ (kPa)
1	27,00		20,00			260,0

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
0,00	0,00		0,35

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)					
			Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)
1	27,00		6175,1	0,00	9,00	2920,0	1467,8	6175,1	0,00	9,00	5800,0	2915,4

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$N_d = N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$   
 $N_d = 2260,0$  (kN)

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

base  $R_{b,cal\ med} = 1467,8$  (kN)  
 laterale  $R_{s,cal\ med} = 6175,1$  (kN)  
 totale  $R_{c,cal\ med} = 7642,9$  (kN)

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

base  $R_{b,cal\ min} = 2915,4$  (kN)  
 laterale  $R_{s,cal\ min} = 6175,1$  (kN)  
 totale  $R_{c,cal\ min} = 9090,5$  (kN)

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) = 863,4$  (kN)  
 $R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) = 3632,4$  (kN)  
 $R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 4495,8$  (kN)

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$   
 $R_{c,d} = 3798,2$  (kN)  
 $F_s = R_{c,d} / N_d = 1,68$

## 7.2. VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE

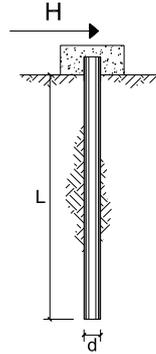
### CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

**OPERA:**

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali		A		M	R	
Metodo di calcolo		permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$	
S.U.	A1+M1+R1	○	1,30	1,50	1,00	1,00
	A2+M1+R2	○	1,00	1,30	1,00	1,60
	A1+M1+R3	○	1,30	1,50	1,00	1,30
	SISMA	○	1,00	1,00	1,00	1,30
DM88		○	1,00	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista		●	1,00	1,00	1,00	1,30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

Palo corto: 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio: 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4 M_y}{9 c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo: 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	27,00	(m)			
Diametro del palo	d =	0,80	(m)			
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	1171,78	(kN m)			
Coesione non drenata	$c_{u, med} =$	260,00	(kPa)	$c_{u, min} =$	260,00	(kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d} =$	260,00	(kPa)	$c_{u, min, d} =$	260,00	(kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	223	(kN)			
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)			

Palo corto:

$H1_{med} = 48297,60$  (kN)  $H1_{min} = 48297,60$  (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 18821,46$  (kN)  $H2_{min} = 18821,46$  (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 1471,20$  (kN)  $H3_{min} = 1471,20$  (kN)

$H_{med} = 1471,20$  (kN) palo lungo  $H_{min} = 1471,20$  (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 865,41$  (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T = 665,70$  (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 223,00$  (kN)

$FS = H_d / F_d = 2,99$

**Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare**

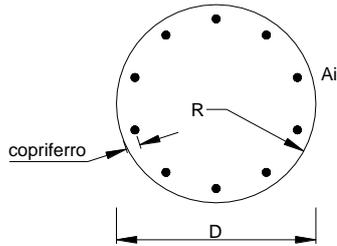
Diametro = 800 (mm)  
Raggio = 400 (mm)  
Sforzo Normale = 906 (kN)

**Caratteristiche dei Materiali**

calcestruzzo

Rck = 25 (Mpa)  
fck = 20 (Mpa)  
 $\gamma_c = 1,0$   
 $\alpha_{cc} = 0,85$

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 17,00$  (Mpa)



**Acciaio**

tipi di acciaio

$f_{yk} = 375$  (Mpa)  
 $\gamma_s = 1$   
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 375,0$  (Mpa)

$E_s = 206000$  (Mpa)

$\epsilon_{ys} = 0,182\%$   
 $\epsilon_{uk} = 10,000\%$

**Armature**

numero	diametro (mm)	area (mm <sup>2</sup> )	copriferro (mm)
22	$\phi$ 24	9953	80
0	$\phi$ 0	0	30
0	$\phi$ 0	0	30

Calcolo

**Momento di Plasticizzazione**

$M_y = 1171,8$  (kN m)

Inserisci