

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

MU76 – Spalla CVF esistente al pk 14+557,70

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 6 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 <i>D. Tiberti</i>

File: IA5F01D78CLMU7600001A

n. Elab.:

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Tecnica
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Donato Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 2 DI 31

INDICE

1. GENERALITÀ.....	3
PREMESSA.....	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
2. PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO.....	5
3. ANALISI DEI CARICHI.....	6
PESO PROPRIO STRUTTURE.....	7
CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI.....	7
SOVRACCARICO ACCIDENTALE DOVUTO AL TRAFFICO VEICOLARE SULL’IMPALCATO DEL PONTE.....	8
AZIONE DELLA NEVE.....	8
AZIONE DEL VENTO.....	8
VARIAZIONI TERMICHE.....	8
AZIONE URTO DOVUTA AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI.....	9
AZIONE SISMICA.....	9
4. MODELLO STRUTTURALE E COMBINAZIONI DI CARICO.....	11
CONSIDERAZIONI GENERALI SUL MODELLO DI CALCOLO.....	11
RISULTATI ANALISI STRUTTURALI.....	17
VERIFICHE STRUTTURALI.....	20

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 3 DI 31

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.

Il presente elaborato riporta i risultati delle verifiche condotte sulla spalla del cavalcavia esistente posto al km.14+557.70, in caso di urto con il convoglio ferroviario transitante in adiacenza alla predetta opera d’arte.

PREMESSA

La relazione descrive i risultati derivanti dall’analisi strutturale della spalla in c.a. esistente posto al km.14+557.70 della ferrovia di collegamento tra Matera e Ferrandina.

Le caratteristiche geometriche e dei materiali sono state desunte direttamente dal progetto originario del manufatto, reperito presso ricerche di archivio.

La struttura della spalla del cavalcavia è costituita da una platea in c.a. di dimensioni complessive pari a 10.30x5.8 m e spessore 1.5 m, fondata su n° 12 pali in c.a. di diametro 80 cm.

La parete fuori terra sulla quale appoggia l’impalcato ha un’altezza di 9.50 m dall’estradosso della platea ed ha uno spessore di 1.55 m all’incastro e 0.53 m in sommità (nella sezione adiacente all’appoggio dell’impalcato). La parete ha due contrafforti di spessore 80 cm che si elevano alla stessa altezza della parete, ancorati alla fondazione.

Scopo del presente è stabilire se il manufatto è in grado di sostenere le azioni derivanti dall’urto esercitato dal traffico ferroviario, secondo le prescrizioni definite al Par. 3.6.3.4 oltre a quanto prescritto al Cap. 5 delle NTC 2018.

Tutte le analisi vengono svolte in riferimento allo sl_u per combinazioni di carico eccezionali, in cui $\gamma_{G1} = 1.0$ e $\gamma_{G2} = 1.0$, secondo quanto previsto dalle NTC 2018 Par. 2.5.3. Si evidenzia inoltre come il rilevato ferroviario è intrinseca, quindi i muri della stessa ostacolano l’eventuale svio del treno verso le spalle.

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 4 DI 31

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La verifica dell’opera d’arte esistente è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell’Ente FF.SS. I calcoli 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] *NI 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 NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
	Relazione di calcolo – Verifica all'urto da traffico ferroviario	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono state desunte dal progetto originario del manufatto: di seguito si riporta un estratto della documentazione reperita dagli elaborati grafici di progetto.

PRESCRIZIONI:

SOLETTA: CALCESTRUZZO R_{ck} 300
ACCIAIO FeB38K CONTR.

TRAVI: CALCESTRUZZO R_{ck} 550
ACCIAIO FeB38K CONTR.

SPALLE: CALCESTRUZZO R_{ck} 250
ACCIAIO FeB38K NON CONTR.

FONDAZIONI: CALCESTRUZZO R_{ck} 250
ACCIAIO FeB38K NON CONTR.

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 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

$$f_{yd} = f_{yk} / FC = 375 / 1 = 375 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 375 / 200000 = 0.001875 = 1.875\%$$

2. PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO

Attraverso l'elaborato IA5F-01-D-78-F6-GE0005-004-A (profilo geotecnico), si determinano:

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

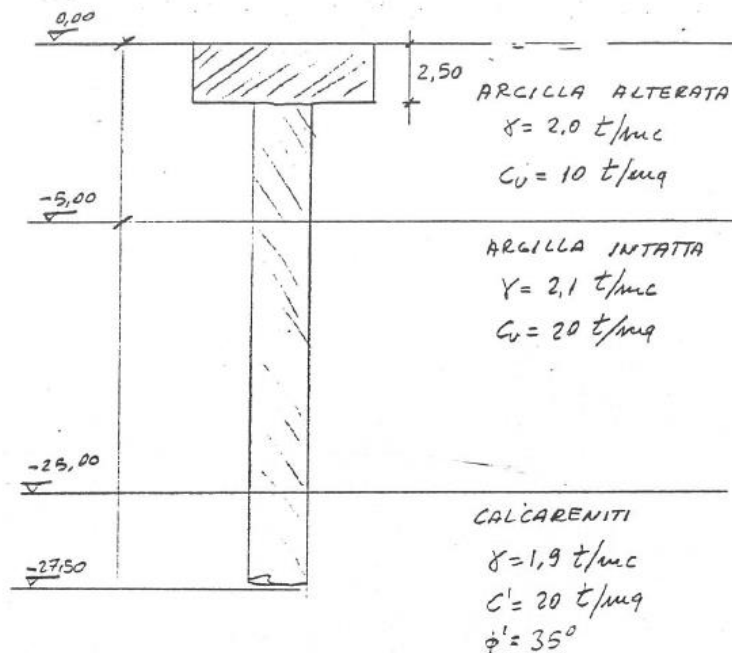
Quindi, per la caratterizzazione geotecnica della litologia individuata, si fa riferimento all'elaborato IA5F-01-D-78-RHGE0005-001-A (relazione geotecnica generale)

STRATIGRAFIA - profondità da p.c. [m]		γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	c_u [kPa]	E [MPa]
0 - ...	U2 (argille sub-appenniniche)	19	29.0	22.0	200	260

Il livello della falda è a 2m circa dal piano campagna.

La categoria del suolo è corrispondente alla tipologia E ai sensi delle attuali NTC 2018 (vedere elaborati IA5F-01-D-78-RH-GE0005-001-A e IA5F-01-D-78-F6-GE0005-004-A).

Si riporta un estratto della relazione desunta dal progetto originario:

6.4. CAVALCAVIA AL Km 14+393


3. ANALISI DEI CARICHI

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

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali;
- sovraccarico variabile;
- azione sismica;
- azione del vento;
- azione della neve;
- variazioni termiche;
- urti esercitati dal passaggio dei convogli ferroviari.

Nelle verifiche in esame, si è considerata combinazione di carico eccezionale si è fatto riferimento a quanto represso dalle NTC 2018 Par. 2.5.3 Combinazione delle azioni - Combinazione Eccezionale con azioni eccezionali Ad

$$G_1 + G_2 + A_d + \psi_{21} Q_1 + \psi_{22} Q_2 + \dots$$

Come si avrà modo di descrivere di seguito, ai sensi della Tab. 5.2.VI e Tab. 5.2. VII si ha un coefficiente $\psi_{21} = 0.0$ per i sovraccarichi dovuti a neve, vento e sovraccarichi dovuti al traffico veicolare sull'impalcato.

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 7 DI 31

PESO PROPRIO STRUTTURE

Struttura principale in c.a.

Il peso proprio delle membrature in c.a che costituiscono la spalla (platea, pareti a retta, contrafforti) viene calcolato automaticamente dal programma considerando il peso specifico del cemento armato pari a:

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

CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

- Azione permanente esercitata dall'impalcato del cavalcavia

L'azione permanente è stata desunta direttamente dalla relazione di calcolo del progetto originario ed è riportata qui di seguito:

4.1.1.2 -Spalla H = 9,50 m

ANALISI DEI CARICHI

CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO

Carichi permanenti

- travi	5 x 2,5 x 0,21 x 20,5 =	54,5 t
- soletta	2,5 x 0,2 x 6,00 x 21 =	63,0 t
- imp + asfalto	0,3 x 4,0 x 21 =	25,2 t
- cordoli	2 x 0,25 x 1 x 2,5 x 21 =	26,2 t
- parapetti	2 x 0,3 x 21 =	12,6 t
- trasversi	2(0,30+0,40) x 1,20 x 5,20 x 2,5 =	21,8 t
		<u>203,3 t</u>

Il sovraccarico dell'impalcato è stato assunto $G_2 = 2033 \text{ KN/ml}$ applicato in testa alla parete.

- Spinta del terreno a tergo delle pareti verticali della spalla

Si considera la spinta esercitata dal terreno a tergo delle strutture verticali della spalla, in riferimento ai parametri meccanici rilevati nel progetto originario delle strutture:

$$\gamma = 19 \text{ KN/m}^3$$

$$\varphi = 22^\circ$$

$$c = 0.0 \text{ KPa}$$

Le spinte sono valutate in condizione di quiete e sono pari a:

$$\sigma_h = \gamma K_0 z$$

$$\text{Ove } K_0 = 1 - \sin \varphi = 0.625$$

Si hanno le seguenti spinte in testa ed al piede

$$z = 0.0 \text{ m (testa parete)} \quad \sigma_h = 0.0 \text{ KN/m}^2$$

$$z = 9.5 \text{ m (piede)} \quad \sigma_h = 110.0 \text{ KN/m}^2$$

	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 – Verifica all’urto da traffico ferroviario	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 8 DI 31

SOVRACCARICO ACCIDENTALE DOVUTO AL TRAFFICO VEICOLARE SULL’IMPALCATO DEL PONTE

Per il calcolo della struttura in esame, in caso di combinazione di carico eccezionale ove è presente l’urto derivante dal traffico ferroviario, le NTC 2018 al Par. 5.2.3.2 - Verifiche agli SLU e SLE e da Tab- 5.2.VI e Tab. 5.2.VII prescrivono un coefficiente $\psi_{2,i} = 0.0 \rightarrow$ L’azione non viene quindi tenuta in conto.

AZIONE DELLA NEVE

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

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

dove:

μ_i - Coefficiente di forma della copertura;

C_e - Coefficiente di esposizione;

C_t - Coefficiente termico;

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

Per il calcolo della struttura in esame, in caso di combinazione di carico eccezionale ove è presente l’urto derivante dal traffico ferroviario, le NTC 2018 al Par. 5.2.3.2 - Verifiche agli SLU e SLE e le Tab- 5.2.VI - Tab. 5.2.VII prescrivono un coefficiente $\psi_{2,i} = 0.0 \rightarrow$ L’azione non viene quindi tenuta in conto.

AZIONE DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al punto 3.3.3 – NTC2018.

Per il calcolo della struttura in esame, in caso di combinazione di carico eccezionale ove è presente l’urto derivante dal traffico ferroviario, le NTC 2018 al Par. 5.2.3.2 - Verifiche agli SLU e SLE e le Tab- 5.2.VI - Tab. 5.2.VII prescrivono un coefficiente $\psi_{2,i} = 0.0 \rightarrow$ L’azione non viene quindi tenuta in conto.

VARIAZIONI TERMICHE

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, in analogia a quanto prescritto per gli edifici, della sola componente ΔT_u , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II delle NTC 2018 che viene riportata nel seguito.

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

Tabella 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Vista la particolare combinazione di verifica, riferita ad azioni eccezionali viene tenuta in considerazione con gradiente $\Delta T = \pm 15^\circ$ come previsto dalle NTC 2018 Par. 2.5.3

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 9 DI 31

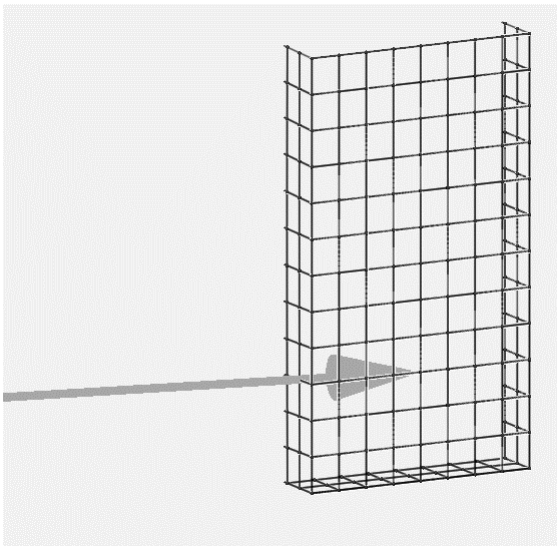
AZIONE URTO DOVUTA AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI

Si è fatto riferimento al Par. 3.6.3.4 delle NTC 2018 ove viene prescritto che le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti ad un'altezza di 1.8 m dal piano ferroviario. Le azioni possono essere ricondotte a due forze equivalenti che non agiscono simultaneamente i cui valori sono, tenendo presente che la distanza minima tra l'asse ferroviario e la spalla è $d = 7.54 \text{ m} > 5.0 \text{ m}$:

- Azione Ad parallela alla direzione di marcia del convoglio $F_x = 2000 \text{ KN}$
- Azione Ad perpendicolare alla direzione di marcia del convoglio $F_y = 750 \text{ KN}$

Le azioni esercitate dall'urto del traffico ferroviario sopra descritte sono state applicate, nel modello di calcolo, come forze concentrate nel nodo mostrato nella figura sottostante, posto ad un'altezza complessiva di 2.8 m dall'estradosso della platea di fondazione, adottata in base alle seguenti considerazioni:

- l'altezza del piano viario dall'estradosso della piastra di fondazione è stata rilevata graficamente dall'elaborato di progetto V.P. 3.3 ed è pari a 1.0 m circa;
- l'altezza dell'azione d'urto dal piano viario prevista dalle NTC2018 è di 1.8 m (come sopra indicato).
L'altezza totale è quindi pari a 2.8 m.



AZIONE SISMICA

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

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

In conformità ai seguenti riferimenti normativi:

- DM 17/01/2018 par. 2.4;
- Circ. 21/01/2019, n. 7
- Decreto 21/10/2003 P.C.M. Dipartimento della Prot. Civile (all.1);
- “Istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari” (rif. RFI-DTC-ICI-PO-SP-INF-001-A) par. 1.1.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 10 DI 31

Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissata probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (3.2 – NTC2018).

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

- a_g – Accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* - Periodo d’inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche si definiscono due stati limite di esercizio e due ultimi, che sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso (3.2.1 – NTC2018).

Per il calcolo della struttura in esame, in caso di combinazione di carico eccezionale ove è presente l’urto derivante dal traffico ferroviario, le NTC 2018 al Par. 2.5.3 non prevedono la contemporaneità di urti ed azioni sismiche: queste ultime quindi non sono tenute in conto nella presente verifica.

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 11 DI 31

4. MODELLO STRUTTURALE E COMBINAZIONI DI CARICO

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL MODELLO DI CALCOLO

Il sistema costruttivo che caratterizza il fabbricato tecnologico in c.a. è costituito, in elevazione, da pareti accoppiate connesse tra loro.

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

Il modello è stato realizzato ed analizzato con l’ausilio del programma di calcolo SAP2000 della CSI con post processore. Gli elementi strutturali costituiti dai pali di fondazione, sono stati schematizzati mediante elementi monodimensionali tipo *frame*. Essi presentano caratteristiche geometriche e meccaniche in accordo con le proprietà reali dei materiali e delle sezioni che li rappresentano. Ciascuna asta è stata posizionata in corrispondenza dell’asse baricentrico degli elementi strutturali. L’interazione tra terreno e struttura è stata studiata ipotizzando un comportamento elastico del terreno.

L’intera struttura è intestata su pali vincolati orizzontalmente mediante molle alla Winkler, la cui rigidezza viene assegnata per unità di lunghezza di elemento.

Il coefficiente di reazione orizzontale è stato adottato in base alla formula di Davisson (1970) per terreni incoerenti:

$$K_h = 64 \text{ cu/d}$$

$$\text{Ove: } c_u = 200 \text{ N/mm}^2 \text{ e } d = 800 \text{ mm}$$

Si calcola quindi $K_h = 16000 \text{ N/mm}$ avendo discretizzato i pali con conci di lunghezza $L=1.0 \text{ m}$ – Prudenzialmente nelle analisi è stato adottato un valore $K = 15000 \text{ N/mm}$.

La presenza di elementi strutturali a sviluppo superficiale quali pareti e platea è stata schematizzata con definizione di elementi bidimensionali tipo “*Shells*”. L’assegnazione dei carichi alle travi è stata effettuata sulla base della posizione dell’impalcato e delle spinta del terreno a tergo delle pareti verticali. Agli elementi in elevazione è stato assegnato un carico termico, pari a quello riportato nell’analisi dei carichi.

Seguono alcune immagini rappresentative del modello di calcolo.

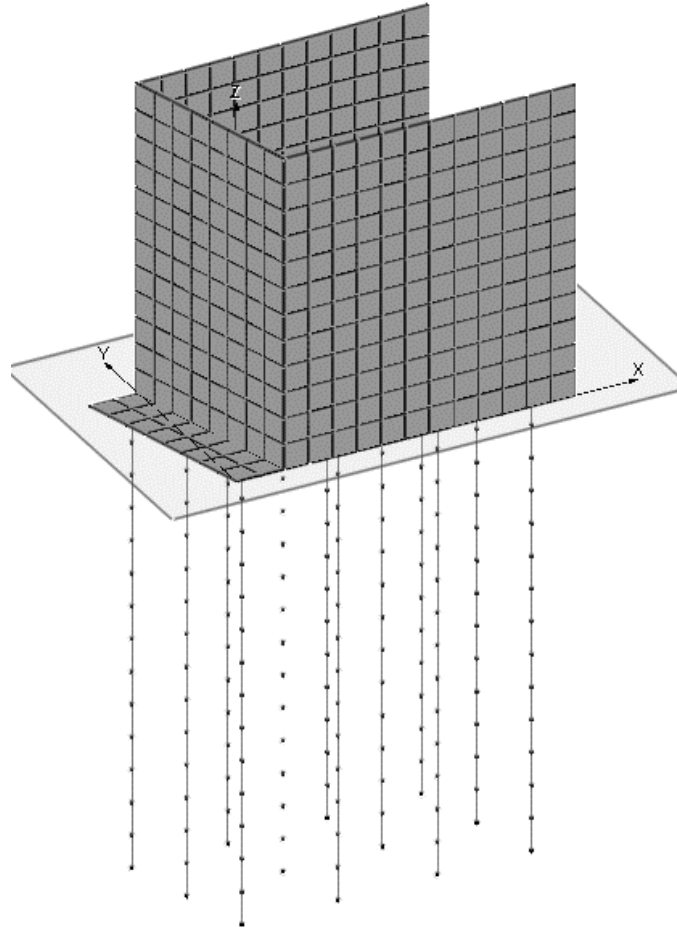


Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

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	MU7600 001	A	12 DI 31



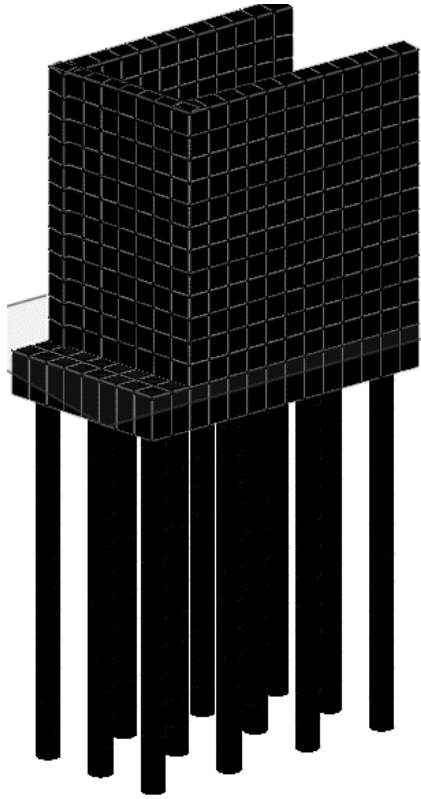


Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

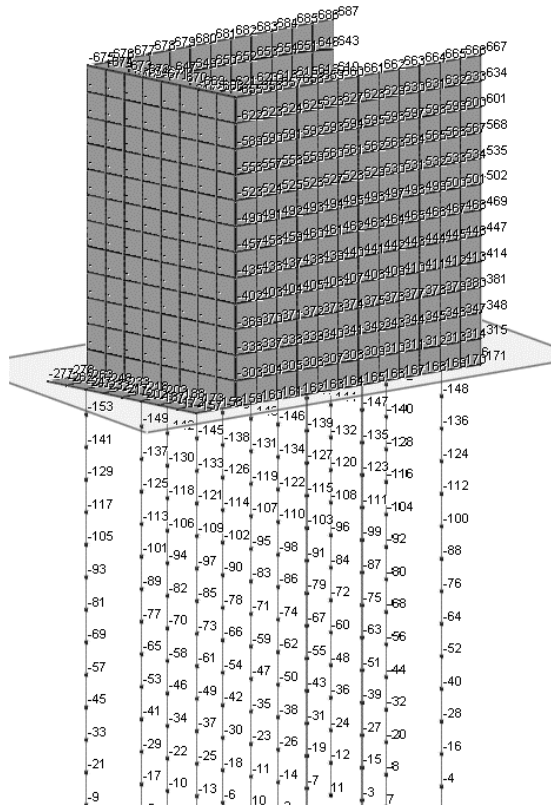
NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

**Relazione di calcolo – Verifica all'urto
da traffico ferroviario**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL MU7600 001	A	13 DI 31



Numerazione nodi



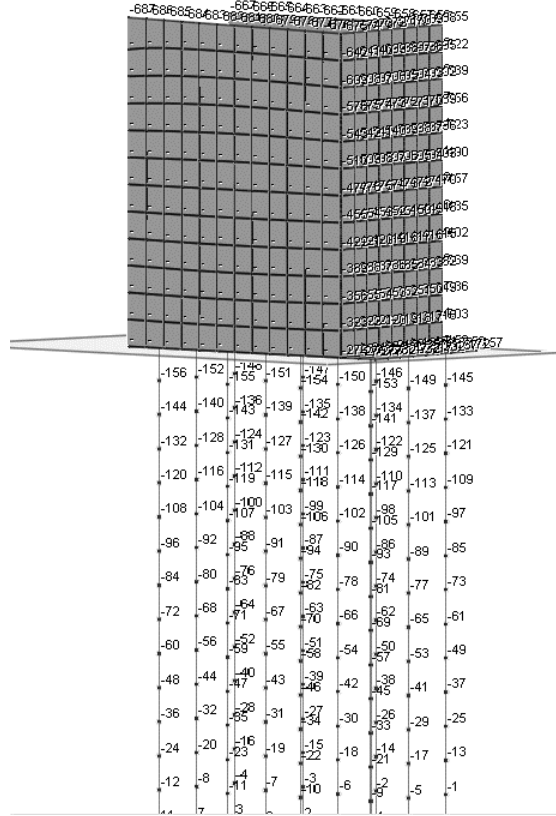


Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

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 MU7600 001	A	14 DI 31



Numerazione aste

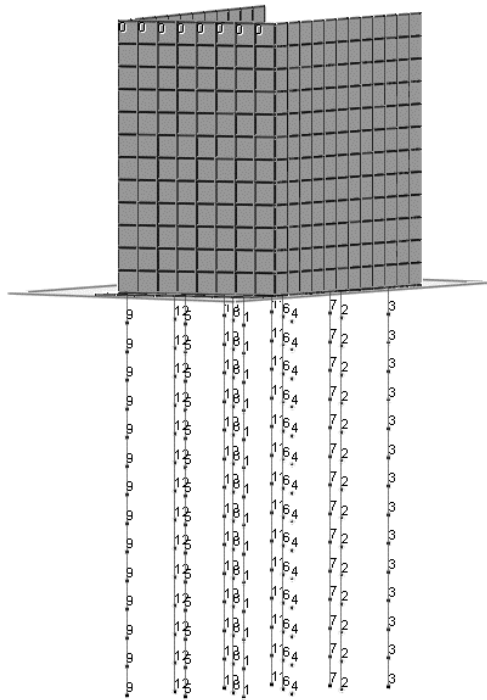
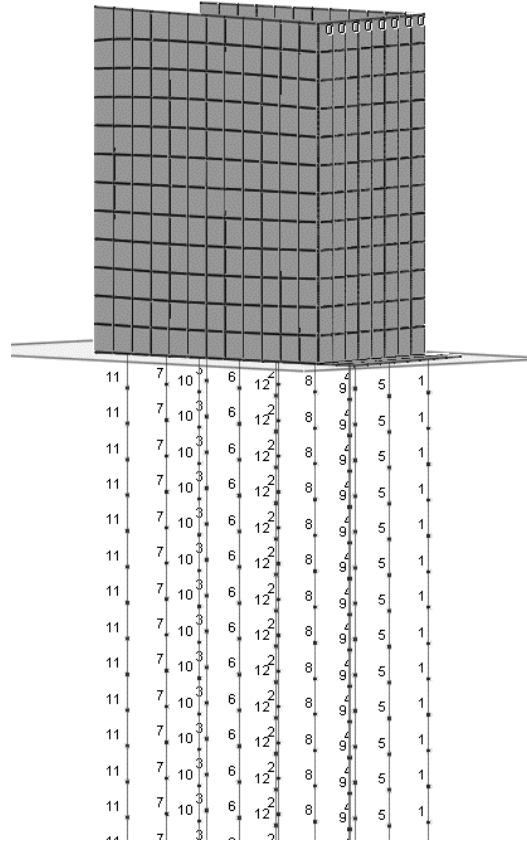


Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

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	MU7600 001	A	15 DI 31



Numerazione bidimensionali

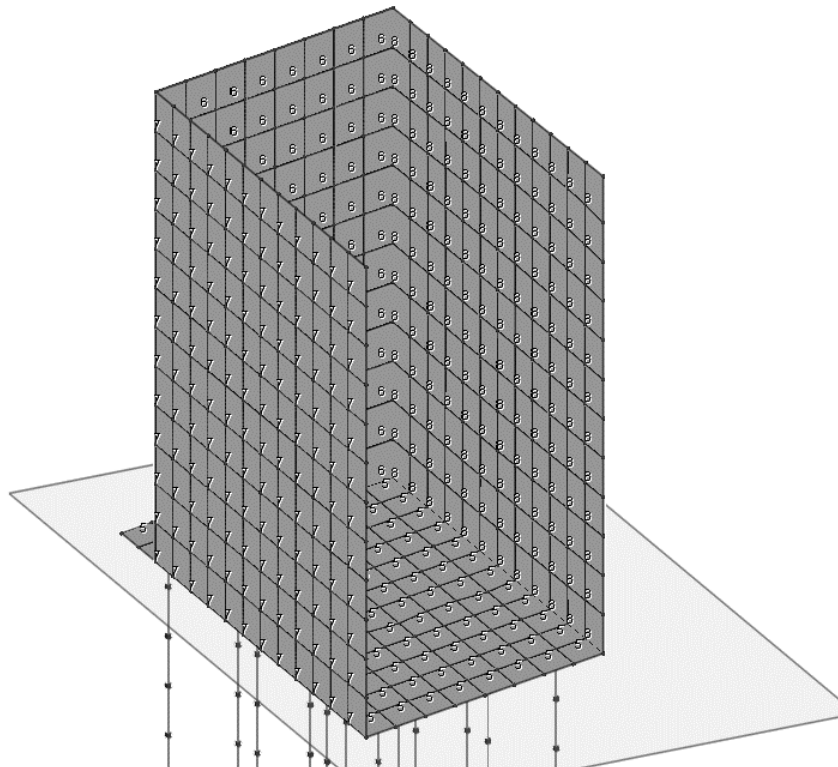
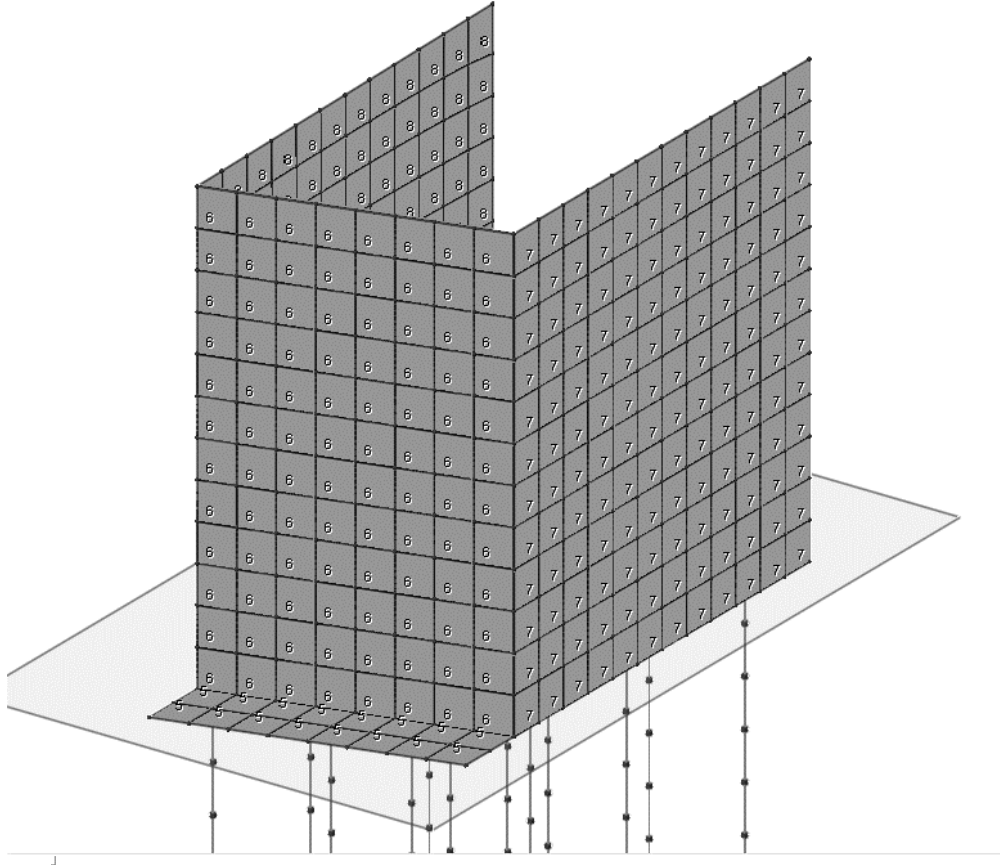


Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di
Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

**Relazione di calcolo – Verifica all'urto
da traffico ferroviario**

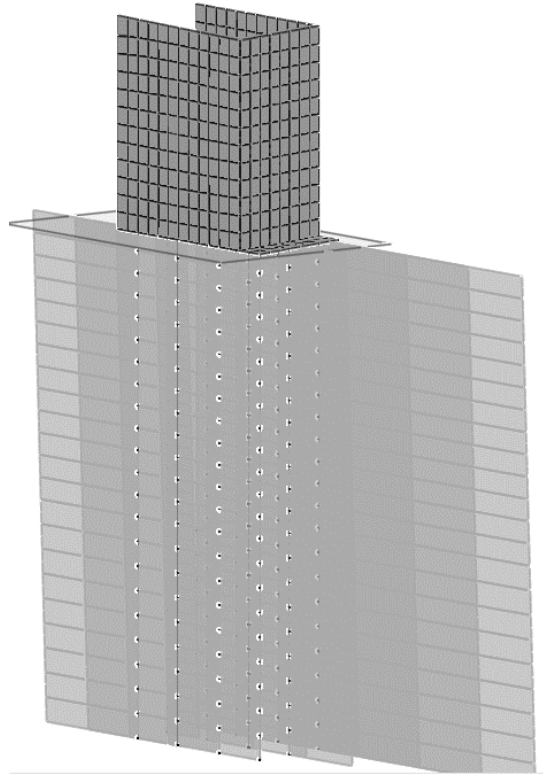
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	MU7600 001	A	16 DI 31



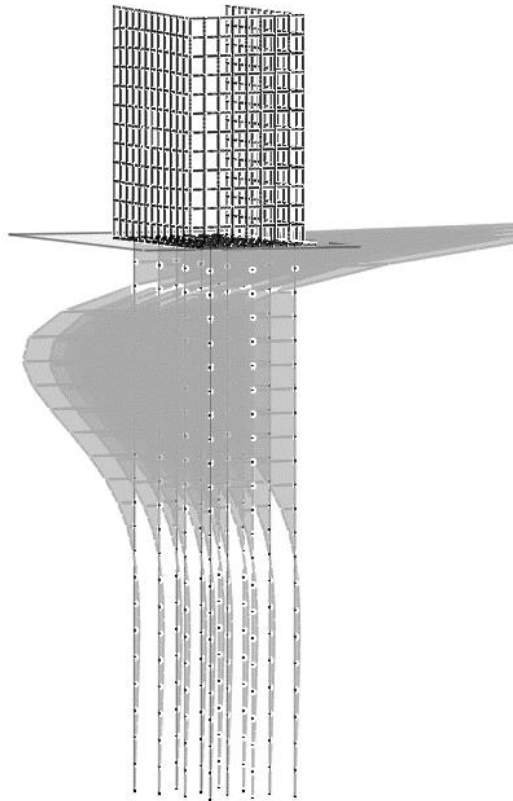
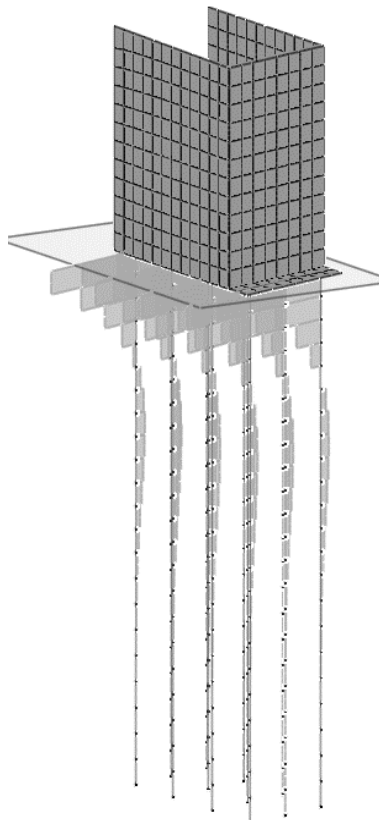
	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>				
<p>Relazione di calcolo – Verifica all’urto da traffico ferroviario</p>	<p>PROGETTO IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL MU7600 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 17 DI 31</p>

RISULTATI ANALISI STRUTTURALI

SOLLECITAZIONI ASSIALI PALI DI FONDAZIONE

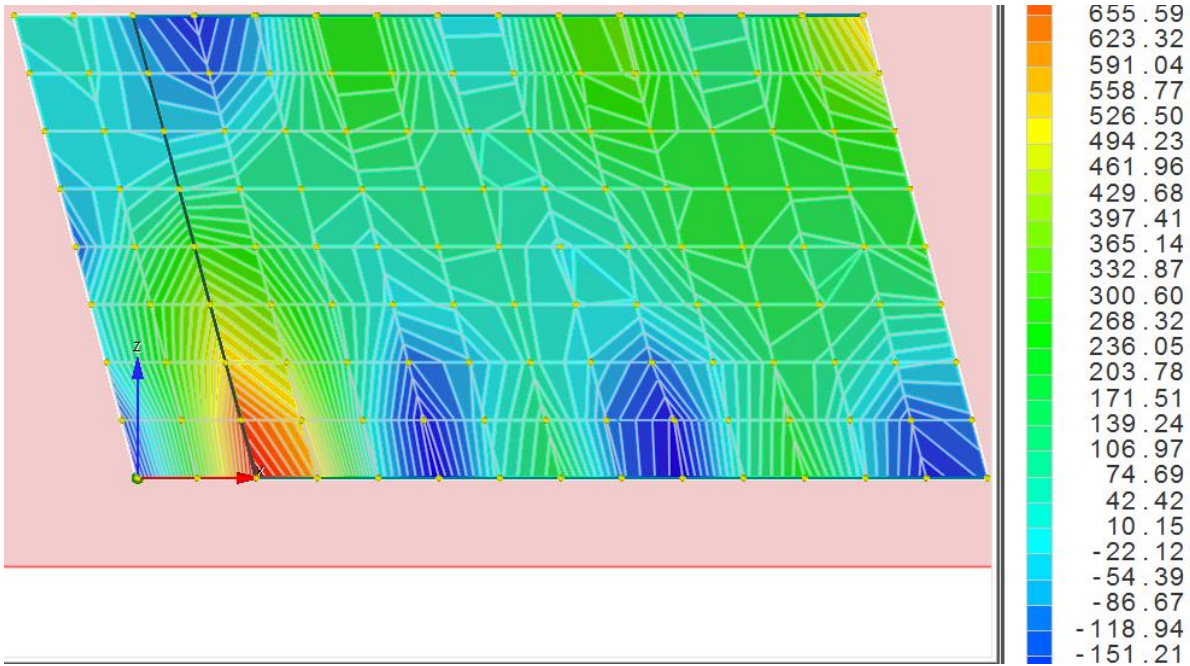


SOLLECITAZIONI FLETTENTI PALI DI FONDAZIONE

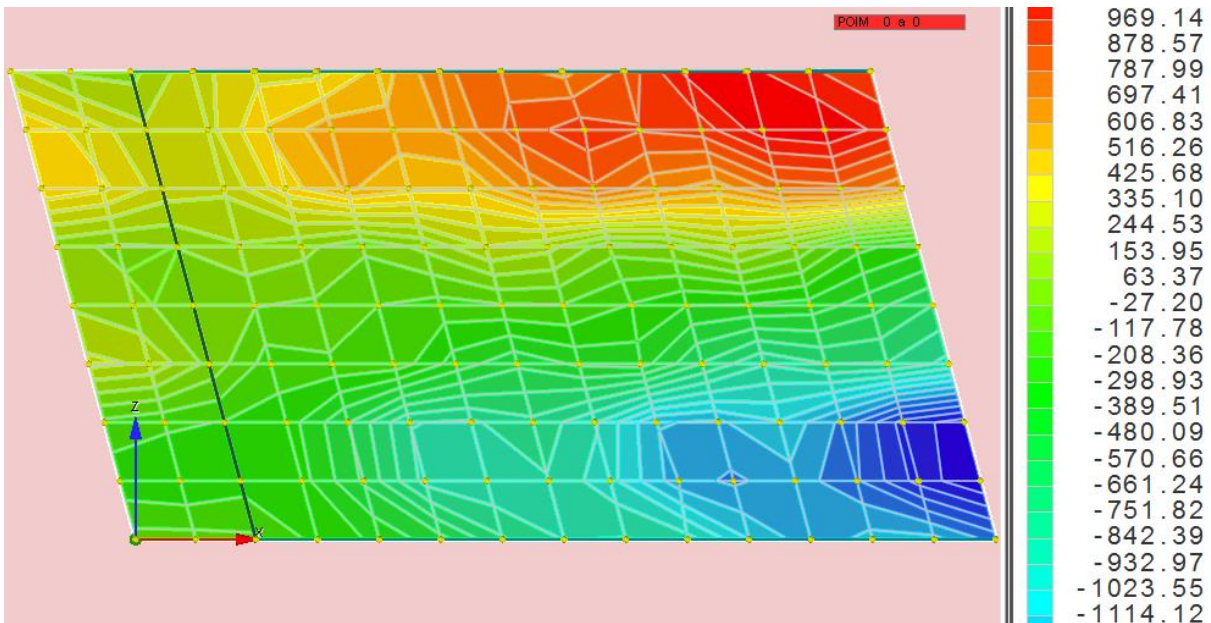
**SOLLECITAZIONI DI TAGLIO PALI DI FONDAZIONE**

SOLLECITAZIONI ELEMENTO BIDIMENSIONALI PLATEA

MOMENTI DI PIASTRA MXX BIDIMENSIONALI



MOMENTI DI PIASTRA MXX BIDIMENSIONALI



	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO MU7600 001	REV. A	FOGLIO 20 DI 31

VERIFICHE STRUTTURALI

Si riportano i risultati delle verifiche nelle membrature strutturali della spalla, identificati come contrafforti, parete verticale di appoggio impalcato, platea di fondazione e pali.

VERIFICA PARETE CONTRAFFORTE

Parete n. 7

Simbologia

CC	= Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
TCC	= Tipo di combinazione di carico
	SLU = Stato limite ultimo
	SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)
	SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara
	SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
	SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
	SLD = Stato limite di danno
	SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
	SLC = Stato limite di prevenzione del collasso
	SLO = Stato limite di operatività
	SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco
	SND = Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
Zona	= Zona di verifica
Zv	= Coordinata Z di verifica
Xi	= Coordinata X iniziale
Xf	= Coordinata X finale
Xv	= Coordinata X di verifica
N	= Sforzo normale
My	= Momento flettente intorno all'asse Y
Nu	= Sforzo normale ultimo
M'ydy	= Momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico intorno all'asse Y
MRdy	= Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y
Sic.	= Sicurezza a rottura
σ_c	= Tensione nel calcestruzzo
σ_f	= Tensione nel ferro
c	= Ricoprimento dell'armatura
s	= Distanza minima tra le barre
K3	= Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione
s_{rm}	= Distanza media tra le fessure
Φ	= Diametro della barra
A_s	= Area complessiva dei ferri nell'area di calcestruzzo efficace
$A_{c\ eff}$	= Area di calcestruzzo efficace
σ_s	= Tensione nell'acciaio nella sezione fessurata
σ_{sr}	= Tensione nell'acciaio corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione nel calcestruzzo
ϵ_{sm}	= Deformazione unitaria media dell'armatura (*1000)
Wk	= Apertura delle fessure
Vsdu	= Taglio agente nella direzione del momento ultimo
VRsd	= Taglio ultimo lato armatura
VRcd	= Taglio ultimo lato calcestruzzo
Vrdu	= Taglio ultimo assorbibile dal solo calcestruzzo
Sic.T	= Sicurezza a rottura per taglio
Sez.	= Sezione di verifica
Spess.	= Spessore
Cf	= Copriferro
Fcm	= Resistenza media
Fctm	= Resistenza media a trazione
Fcd	= Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
Fcd (Tag)	= Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo per verifica a taglio
Fctd	= Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
Fym	= Tensione media di snervamento
Fyd	= Resistenza di calcolo dell'acciaio
Fyd (Tag)	= Resistenza di calcolo dell'acciaio per verifica a taglio

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Spess.	Cf sup	Cf inf	Fcm	Fctm	Fcd	Fcd (Tag)	Fctd	Fym	Fyd	Fyd (Tag)
<cm>	<cm>	<cm>	<daN/cmq>	<daN/cmq>	<daN/cmq>	<daN/cmq>	<daN/cmq>	<daN/cmq>	<daN/cmq>	<daN/cmq>
150.00	4.00	4.00	287.50	22.65	244.38	162.92	15.10	3750.00	3750.00	3750.00

NOTA: Per mera impostazione del post processore viene riportato nella tabella soprastante il valore Fcm definito dalle NTC 2018 al par. 11.2.10.1 - Valore medio della resistenza a compressione del calcestruzzo: $F_{cm} = F_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2$. Nel caso in esame $f_{ck} = 20.75 \text{ N/mm}^2$ (in quanto $R_{CK} = 250 \text{ Kg/cm}^2$) e dunque $F_{cm} = 28.75 \text{ N/mm}^2 = 287.50 \text{ Kg/cm}^2$

Le verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento alla resistenza caratteristica del cls e quindi



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 MU7600 001 A 21 DI 31

$f_{ck} = 207.5 \text{ Kg/cm}^2$ e con i coefficienti definiti al par. 1 – Caratteristiche dei materiali

Verifiche su sezioni orizzontali

Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione

CC	Zona	Zv <m>	Xi <m>	Xf <m>	N <daN>	My <daNm>	Nu <daN>	MRdy <daNm>	Sic.
1	Diff.	0.00	0.00	8.86	-311403.00	-522781.00	-311403.00	-551639.00	1.055
1	Diff.	1.36	0.00	8.86	-294012.00	-313659.00	-294012.00	-545593.00	1.739
1	Diff.	2.71	0.00	8.86	-241707.00	-57647.10	-241707.00	-527405.00	9.149
2	Diff.	4.07	0.00	8.86	-180830.00	49760.80	-180830.00	506199.00	10.173
1	Diff.	5.43	0.00	8.86	-153637.00	66627.40	-153637.00	496715.00	7.455
1	Diff.	6.79	0.00	8.86	-95721.90	54754.40	-95721.90	476508.00	8.703
1	Diff.	8.14	0.00	8.86	-40100.10	14917.90	-40100.10	457092.00	30.641
1	Diff.	9.50	0.00	8.86	-12492.40	1745.25	-12492.40	447447.00	>100

Le verifiche sono tutte soddisfatte

VERIFICA PLATEA DI FONDAZIONE SU PALI

Armatura soletta a quota 0.00

Simbologia

- Nodo = Numero del nodo
- X = Coordinata X del nodo
- Y = Coordinata Y del nodo
- DV = Direzione di verifica
 - XX = Verifica per momento Mxx
 - YY = Verifica per momento Myy
- CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
- TCC = Tipo di combinazione di carico
 - SLU = Stato limite ultimo
 - SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)
 - SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara
 - SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
 - SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
 - SLD = Stato limite di danno
 - SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
 - SLC = Stato limite di prevenzione del collasso
 - SLO = Stato limite di operatività
 - SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco
 - SND = Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
- AfE S = Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, superiore
- AfE I = Area di ferro effettiva totale presente nel punto di verifica, inferiore
- My = Momento flettente intorno all'asse Y
- MRdy = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y
- Sic. = Sicurezza a rottura
- AfE St. = Area di ferro effettiva della staffatura
- Vsdu = Taglio agente nella direzione del momento ultimo
- VRcd = Taglio ultimo lato calcestruzzo
- VRsd = Taglio ultimo lato armatura
- Vrdu = Taglio ultimo assorbibile dal solo calcestruzzo
- Sic.T = Sicurezza a rottura per taglio
- Mom = Momento flettente
- σ_c = Tensione nel calcestruzzo
- σ_f = Tensione nel ferro
- Spess. = Spessore
- Cf sup = Copriferro superiore
- Cf inf = Copriferro inferiore
- Fcm = Resistenza media
- Fctm = Resistenza media a trazione
- Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
- Fcd (Tag) = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo per verifica a taglio
- Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
- Fym = Tensione media di snervamento
- Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio
- Fyd (Tag) = Resistenza di calcolo dell'acciaio per verifica a taglio

	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 IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL MU7600 001	DOCUMENTO REV. A

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Spess. <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Fcm <daN/cmq>	Fctm <daN/cmq>	Fcd <daN/cmq>	Fcd (Tag) <daN/cmq>	Fctd <daN/cmq>	Fym <daN/cmq>	Fyd <daN/cmq>	Fyd (Tag) <daN/cmq>
150.00	4.00	4.00	287.50	22.65	244.38	162.92	15.10	3750.00	3750.00	3750.00

NOTA: Per mera impostazione del post processore viene riportato nella tabella soprastante il valore Fcm definito dalle NTC 2018 al par. 11.2.10.1 - Valore medio della resistenza a compressione del calcestruzzo: $F_{cm} = F_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2$. Nel caso in esame $f_{ck} = 20.75 \text{ N/mm}^2$ (in quanto $R_{CK} = 250 \text{ Kg/cm}^2$) e dunque $F_{cm} = 28.75 \text{ N/mm}^2 = 287.50 \text{ Kg/cm}^2$

Le verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento alla resistenza caratteristica del cls e quindi $f_{ck} = 207.5 \text{ Kg/cm}^2$ e con i coefficienti definiti al par. 1 – Caratteristiche dei materiali

Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	Afe S <cmq>	Afe I <cmq>	My <daNm>	MRdy <daNm>	Sic.
-159	1.44	0.00	XX	1	SLU	21.24	21.24	87501.60	482000.00	5.508
-157	0.00	0.00	XX	1	SLU	21.24	21.24	-27837.70	-482000.00	4.920
-291	8.80	5.60	XX	1	SLU	21.24	21.24	59424.10	482000.00	8.112
-280	0.68	5.60	XX	1	SLU	21.24	21.24	-22049.60	-482000.00	21.90
-186	10.11	0.70	YY	1	SLU	21.16	21.24	-184663.00	-482000.00	2.630
-275	8.25	4.90	YY	1	SLU	21.16	21.24	122106.00	482000.00	3.940
-288	6.58	5.60	YY	1	SLU	21.24	21.24	113029.00	482000.00	4.024

Stato limite ultimo - Verifica a taglio del calcestruzzo

Nodo	X <m>	Y <m>	DV	CC	TCC	Afe S <cmq>	Afe I <cmq>	Afe St. <cmq/m>	Vsdu <daN>	VRcd <daN>	VRsd <daN>	Vrdu <daN>	Sic.T
-176	2.73	0.70	XX	1	SLU	25.16	25.16		116524.00			338000.0	2.90
-289	7.32	5.60	XX	1	SLU	21.24	21.24		57604.30			338000.0	5.86
-261	9.18	4.20	YY	1	SLU	25.16	25.16		197826.00			338000.0	1.70
-291	8.80	5.60	YY	1	SLU	21.24	21.24		72001.90			338000...5	2.69

VERIFICA MURO VERICALE SPALLA DI APPOGGIO IMPALCATO

SEZIONE DI INCASTRO ALLA BASE Sezione 580x155

Sezione degli elementi bidimensionali n. 6
in corrispondenza dei nodi -323 -322 -321 -320 -319 -318 -317 -316 -303

Simbologia

Caso = Caso di verifica
 CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
 TCC = Tipo di combinazione di carico
 SLU = Stato limite ultimo
 SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)
 SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara
 SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
 SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
 SLD = Stato limite di danno
 SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
 SLC = Stato limite di prevenzione del collasso
 SLO = Stato limite di operatività
 SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco
 SND = Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
 N = Sforzo normale
 My = Momento flettente intorno all'asse Y
 Mz = Momento flettente intorno all'asse Z
 Nu = Sforzo normale ultimo
 M'ydy = Momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico intorno all'asse Y
 M'ydz = Momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico intorno all'asse Z
 MRdy = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y
 MRdz = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Z
 Rott. = Tipo di rottura
 1-2 = Rott. acciaio: $\epsilon_V = \epsilon_{Vd}$, $\epsilon_c < \epsilon_{Cu}$
 2-3 = Rott. cls: $\epsilon_V < \epsilon_{Vd}$, $\epsilon_c = \epsilon_{Cu}$



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 MU7600 001	A	23 DI 31

3-4 = Rott. cls: $\epsilon_{co} < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$
 α = Angolo asse neutro a rottura
 Sic. = Sicurezza a rottura
 Ty = Taglio in dir. Y
 Tz = Taglio in dir. Z
 bw = Larghezza membratura resistente al taglio
 Asw = Area armatura trasversale
 Vsdu = Taglio agente nella direzione del momento ultimo
 ctg θ = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 VRcd = Taglio ultimo lato calcestruzzo
 VRsd = Taglio ultimo lato armatura
 Tipo = Tipo di verifica effettuata
 Sez. = Numero della sezione
 Cf = Copriferro
 Fcm = Resistenza media
 Fctm = Resistenza media a trazione
 Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
 Fcd (Tag) = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo per verifica a taglio
 Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
 Fym = Tensione media di snervamento
 Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio
 Fyd (Tag) = Resistenza di calcolo dell'acciaio per verifica a taglio

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Spess. <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Fcm <daN/cmq>	Fctm <daN/cmq>	Fcd <daN/cmq>	Fcd (Tag) <daN/cmq>	Fctd <daN/cmq>	Fym <daN/cmq>	Fyd <daN/cmq>	Fyd (Tag) <daN/cmq>
155.00	4.00	4.00	287.50	22.65	244.38	162.92	15.10	3750.00	3750.00	3750.00

NOTA: Per mera impostazione del post processore viene riportato nella tabella soprastante il valore Fcm definito dalle NTC 2018 al par. 11.2.10.1 - Valore medio della resistenza a compressione del calcestruzzo: $F_{cm} = F_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2$. Nel caso in esame $f_{ck} = 20.75 \text{ N/mm}^2$ (in quanto $R_{CK} = 250 \text{ Kg/cm}^2$) e dunque $F_{cm} = 28.75 \text{ N/mm}^2 = 287.50 \text{ Kg/cm}^2$

Le verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento alla resistenza caratteristica del cls e quindi $f_{ck} = 207.5 \text{ Kg/cm}^2$ e con i coefficienti definiti al par. 1 – Caratteristiche dei materiali

Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione

Caso	CC	TCC	N <daN>	My <daNm>	Mz <daNm>	Nu <daN>	MRdy <daNm>	MRdz <daNm>	Rott.	α <grad>	Sic.
1	1	SLU	-2517.00	-117240.00	0.00	-2517.00	-279057.00	-638900.64	1-2	359.96	2.32
2	2	SLU	-2517.00	-111483.00	0.00	-2517.00	-279057.00	-638900.64	1-2	359.96	2.15

Verifiche stato limite ultimo per sollecitazioni taglianti

Caso	Ty <daN>	Tz <daN>	bw <cm>	Asw	Vsdu <daN>	ctg θ	VRcd <daN>	VRsd <daN>	Sic.
1	0.00	-21168.80	5.80	8.05	201680.70	2.50	1654030.00	338300.30	2.04
2	0.00	-48012.40	5.80	8.05	300120.40	2.50	1654030.00	338300.30	1.12

SEZIONE SPALLA MEZZERIA

Sezione degli elementi bidimensionali n. 6
in corrispondenza dei nodi -455 -454 -453 -452 -451 -450 -449 -448 -435

Simbologia

Caso = Caso di verifica
 CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
 TCC = Tipo di combinazione di carico
 SLU = Stato limite ultimo
 SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)
 SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara
 SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
 SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
 SLD = Stato limite di danno
 SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
 SLC = Stato limite di prevenzione del collasso
 SLO = Stato limite di operatività
 SLU I = Stato limite di resistenza al fuoco



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 MU7600 001	A	24 DI 31

SND = Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
 N = Sforzo normale
 My = Momento flettente intorno all'asse Y
 Mz = Momento flettente intorno all'asse Z
 Nu = Sforzo normale ultimo
 M'ydy = Momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico intorno all'asse Y
 M'ydz = Momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico intorno all'asse Z
 MRdy = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Y
 MRdz = Momento resistente allo stato limite ultimo intorno all'asse Z
 Rott. = Tipo di rottura
 1-2 = Rott. acciaio: $\epsilon_y = \epsilon_{yd}$, $\epsilon_c < \epsilon_{cu}$
 2-3 = Rott. cls: $\epsilon_y < \epsilon_{yd}$, $\epsilon_c = \epsilon_{cu}$
 3-4 = Rott. cls: $\epsilon_{c0} < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$
 α = Angolo asse neutro a rottura
 Sic. = Sicurezza a rottura
 Ty = Taglio in dir. Y
 Tz = Taglio in dir. Z
 bw = Larghezza membratura resistente al taglio
 Asw = Area armatura trasversale
 Vsdu = Taglio agente nella direzione del momento ultimo
 ctg θ = Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
 VRcd = Taglio ultimo lato calcestruzzo
 VRsd = Taglio ultimo lato armatura
 Tipo = Tipo di verifica effettuata
 Sez. = Numero della sezione
 Cf = Copriferro
 Fcm = Resistenza media
 Fctm = Resistenza media a trazione
 Fcd = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
 Fcd (Tag) = Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo per verifica a taglio
 Fctd = Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
 Fym = Tensione media di snervamento
 Fyd = Resistenza di calcolo dell'acciaio
 Fyd (Tag) = Resistenza di calcolo dell'acciaio per verifica a taglio

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Spess. <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Fcm <daN/cmq>	Fctm <daN/cmq>	Fcd <daN/cmq>	Fcd (Tag) <daN/cmq>	Fctd <daN/cmq>	Fym <daN/cmq>	Fyd <daN/cmq>	Fyd (Tag) <daN/cmq>
150.00	4.00	4.00	287.50	22.65	244.38	162.92	15.10	3750.00	3750.00	3750.00

NOTA: Per mera impostazione del post processore viene riportato nella tabella soprastante il valore Fcm definito dalle NTC 2018 al par. 11.2.10.1 - Valore medio della resistenza a compressione del calcestruzzo: $F_{cm} = F_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2$. Nel caso in esame $f_{ck} = 20.75 \text{ N/mm}^2$ (in quanto $R_{CK} = 250 \text{ Kg/cm}^2$) e dunque $F_{cm} = 20.75 \text{ N/mm}^2 + 8 \text{ N/mm}^2 = 28.75 \text{ N/mm}^2 = 287.50 \text{ Kg/cm}^2$

Le verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento alla resistenza caratteristica del cls e quindi $f_{ck} = 207.5 \text{ Kg/cm}^2$ e con i coefficienti definiti al par. 1 – Caratteristiche dei materiali

Stato limite ultimo - Verifiche a flessione/pressoflessione

Caso	CC	TCC	N <daN>	My <daNm>	Mz <daNm>	Nu <daN>	MRdy <daNm>	MRdz <daNm>	Rott.	α <grad>	Sic.
1	1	SLU	-2310.00	-42675.90	0.00	-2310.38	-279084.00	0.00	1-2	0.00	4.578
2	2	SLU	-2310.00	-36785.00	0.00	-2310.38	-279084.00	0.00	1-2	0.00	5.311

Verifiche stato limite ultimo per sollecitazioni taglianti

Caso	Ty <daN>	Tz <daN>	bw <m>	Asw <cmq>	Vsdu <daN>	ctg θ	VRcd <daN>	VRsd <daN>	Sic.
1	0.00	-17174.60	5.80	16.09	17174.60	2.50	1650150.00	338000.10	19.76
2	0.00	-7396.88	5.80	16.09	7396.88	2.50	1650150.00	338000.10	45.12

PALI DI FONDAZIONE

Sono state desunte le sollecitazioni massime dall'analisi strutturale con cui sono state condotte le verifiche a pressoflessione e taglio di seguito riportate.



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 MU7600 001 A 25 DI 31

Sollecitazioni massime

Asta (N1 N2)	CC	TCC	X <m>	N <kN>	Ty <kN>	Mz <kNm>	Tz <kN>	My <kNm>	Mx <kNm>
7									
(-140 -152)	1	SLU	0	-4060.89	656.062	57.586	192.243	118.224	0
	1	SLU	1	-3940.33	656.062	713.648	192.242	310.467	0
	2	SLU	0	-3710.87	630.274	82.067	148.956	98.336	0
	2	SLU	1	-3590.3	630.273	712.341	148.956	247.292	0
11									
(-144 -156)	1	SLU	0	2421.68	644.943	40.591	193.884	100.441	0
	1	SLU	1	2434.24	644.943	685.533	193.884	294.326	0
	2	SLU	0	2031.08	609.104	61.85	193.603	103.527	0
	2	SLU	1	2043.65	609.104	670.954	193.603	297.129	0
3									
(-136 -148)	1	SLU	0	-3386.96	633.369	6.629	183.794	122.102	0
	1	SLU	1	-3374.39	633.369	639.998	183.794	305.896	0
	2	SLU	0	-2927.38	620.156	39.397	98.109	80.409	0
	2	SLU	1	-2914.81	620.155	659.552	98.109	178.518	0
6									
(-139 -151)	1	SLU	0	-741.143	626.037	25.954	186.556	106.833	0
	1	SLU	1	-728.577	626.037	651.991	186.557	293.389	0
	2	SLU	0	-723.525	545.468	27.039	143.46	87.366	0
	2	SLU	1	-710.958	545.468	572.507	143.461	230.827	0
10									
(-143 -155)	1	SLU	0	2378.47	611.966	3.267	190.257	93.123	0
	1	SLU	1	2391.04	611.966	615.233	190.257	283.38	0
	2	SLU	0	1929.07	521.654	1.737	190.492	97.168	0
	2	SLU	1	1941.64	521.654	523.391	190.492	287.66	0
2									
(-135 -147)	1	SLU	0	-3878.31	613.608	-4.37	180.618	115.632	0
	1	SLU	1	-3865.74	613.609	609.238	180.618	296.25	0
	2	SLU	0	-3403.88	545.292	4.283	94.388	73.08	0
	2	SLU	1	-3391.31	545.293	549.575	94.388	167.468	0
8									
(-138 -150)	1	SLU	0	-992.515	591.463	-13.36	184.072	101.72	0
	1	SLU	1	-979.949	591.463	578.104	184.072	285.792	0
	2	SLU	0	-998.323	453.221	-35.98	141.211	82.832	0
	2	SLU	1	-985.757	453.221	417.241	141.211	224.042	0
4									
(-134 -146)	1	SLU	0	-4361.82	585.19	-31.381	179.55	113.553	0
	1	SLU	1	-4349.26	585.19	553.809	179.55	293.104	0
	2	SLU	0	-3864.15	459.186	-46.563	93.061	70.711	0
	2	SLU	1	-3851.58	459.186	412.622	93.061	163.773	0
1									
(-732 -733)	1	SLU	0	-4897.61	1.851	19.657	-0.097	4.28	0
	1	SLU	1.11	-4883.65	1.851	21.713	-0.097	4.172	0
	2	SLU	0	-4388.86	1.602	14.098	-0.077	2.018	0
	2	SLU	1.11	-4374.9	1.602	15.878	-0.077	1.933	0
1									
(-733 -734)	1	SLU	0	-4883.65	-1.241	21.713	-1.084	4.172	0
	1	SLU	1.11	-4869.69	-1.241	20.335	-1.084	2.968	0
	2	SLU	0	-4374.9	-0.442	15.878	-0.561	1.933	0
	2	SLU	1.11	-4360.94	-0.442	15.387	-0.561	1.31	0
5									
(-700 -701)	1	SLU	0	-1334.19	1.814	19.568	-0.091	4.665	0
	1	SLU	1.11	-1320.23	1.814	21.584	-0.091	4.563	0
	2	SLU	0	-1371.97	1.579	13.712	-0.09	3.501	0
	2	SLU	1.11	-1358.01	1.579	15.467	-0.09	3.401	0

1								
(-734 -735)	1 SLU	0	-4869.69	-6.596	20.335	-2.611	2.968	0
	1 SLU	1.11	-4855.72	-6.595	13.007	-2.611	0.067	0
	2 SLU	0	-4360.94	-4.084	15.387	-1.304	1.31	0
	2 SLU	1.11	-4346.98	-4.084	10.849	-1.304	-0.139	0
7								
(-766 -767)	1 SLU	0	-573.049	-8.466	20.312	-3.168	2.902	0
	1 SLU	1.11	-559.087	-8.465	10.906	-3.168	-0.618	0
	2 SLU	0	-538.026	-8.314	18.709	-2.5	2.046	0
	2 SLU	1.11	-524.063	-8.314	9.471	-2.5	-0.732	0
1								
(1 -728)	1 SLU	0	-4967.42	3.327	0	0.88	0	0
	1 SLU	1.11	-4953.46	3.326	3.696	0.88	0.977	0
	2 SLU	0	-4458.68	2.3	0	0.424	0	0
	2 SLU	1.11	-4444.72	2.3	2.556	0.424	0.471	0
5								
(5 -696)	1 SLU	0	-1404.01	3.32	0	0.954	0	0
	1 SLU	1.11	-1390.04	3.32	3.689	0.954	1.06	0
	2 SLU	0	-1441.79	2.231	0	0.723	0	0
	2 SLU	1.11	-1427.82	2.231	2.479	0.723	0.803	0

Verifica a pressoflessione
Sezione circolare Ø 80 cm armatura 12 Ø18

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

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 40 [cm]
Raggio interno 0 [cm]
N° barre uguali 12
Diametro barre 1.8 [cm]
Copriferro (baric.) 3 [cm]

N° barre 0 Zoom

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

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 3940 0 kN
M_{xEd} 855.4 0 kNm
M_{yEd} 310.47 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

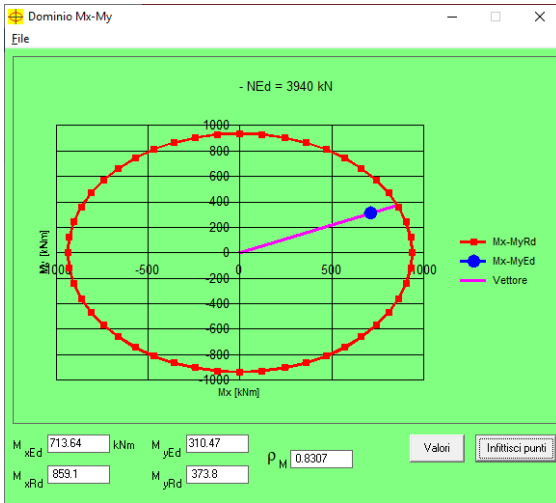
Tipo flessione
 Retta Deviato

Vertici: 52 N° rett. 100
Calcola MRd Dominio Mx-My

Materiali
FeB38k C20/25
ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 375 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.875 ‰ σ_{c,adm} 8.5
σ_{s,adm} 215 N/mm² τ_{co} 0.5333
τ_{c1} 1.686

M_{xRd} 885.4 kN m
M_{yRd} 382.1 kN m
σ_c -17 N/mm²
σ_s 375 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 2.431 ‰
d 76.73 cm
x 45.28 x/d 0.5901
δ 1

angolo asse neutro θ° 336.56
 Precompresso



Taglio

Valore massimo del taglio agente è pari a: $V_{ED} = \sqrt{[(V_{XED})^2 + (V_{YED})^2]} = \sqrt{[656.02^2 + 310.46^2]} = 725.77 \text{ KN}$

Sezione Circolare: verifiche a taglio e a pressoflessione

Per la verifica a pressoflessione sono state utilizzate le formule semplificate proposte da Ghersi^[1], il particolare si è utilizzato il metodo delle due equazioni.

Per la verifica a taglio si è utilizzato il metodo proposto da Clarke-Birjandi 1993

quindi ponendo:

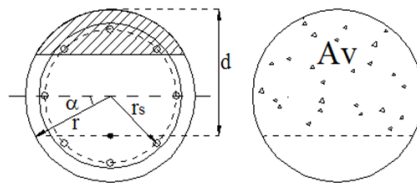
d = distanza dal bordo compresso al baricentro dell'armatura longitudinale tesa.

$$\sin(\alpha) = 2r_s/\pi r \text{ con } (0 < \alpha < \pi/2)$$

$$A_v = r^2 [\pi/2 + \alpha + \sin(\alpha)\cos(\alpha)]$$

$$d = r[1 + \sin(\alpha)]$$

$$b_w = A_v/d$$





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 MU7600 001 A 28 DI 31

Taglio resistente sezione circolare armata (metodo CEB n°137 ALLEGATO 5)		
Dati		
D	80 cm	Diametro sezione circolare
d'	4 cm	Copriferro asse armatura longitudinale
f _{ck}	20.0 N/mm ²	Resistenza cilindrica caratteristica del cls
α _{cc}	1	Coefficiente riduttivo per la resistenza del cls a lungo termine
n	2	Numero di braccia delle staffe
φ	10 mm	Diametro delle staffe
p	10 cm	Passo delle staffe
f _{yk}	380 N/mm ²	Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
V _{Ed}	730 KN	Taglio di progetto
Risultati		
b _{eq}	72 cm	Base sezione rettangolare equivalente
d _{eq}	63 cm	Altezza sezione rettangolare equivalente
f _{cd}	20.00 N/mm ²	Resistenza massima di calcolo del cls
f _{yd}	380.0 N/mm ²	Tensione di calcolo allo snervamento dell'acciaio
A _{sw}	15.70 cm ² /m	Area delle staffe per metro lineare di trave
d	59 cm	Altezza sezione
θ	21.80 °	Angolo di inclinazione del puntone di cls 21.8°<q=45°
ctgθ	2.50	Cotangente di teta
V _{Rds}	793 KN	Resistenza tiranti verticali (staffe)
V _{Rdc}	1319 KN	Resistenza puntone di cls
V _{Rd}	✓ 793 KN	Taglio resistente

VERIFICHE GEOTECNICHE DI PORTANZA PALI

Per la verifica di portanza si esegue la verifica nei confronti del valore massimo dell'azione assiale agente sul singolo palo. Dalle analisi svolte si rileva N_{ED} = 4967.40 KN.

Versione
26_11_'10

Riferim.: **Pali Fondaz. L = 25m d = 0.8m**

Lunghezza del palo trivellato	25.00 m
Coeff. parz. alla punta (base): γ _R	1.35
Coeff. parz. Laterale compres: γ _R	1.15
Coeff. parz. Laterale trazione: γ _R	1.25
Fattore di correlazione: ξ	1.7

Diametro	0.80 m
Riepilogo:	
P. laterale:	567,930daN
P. punta:	53,887daN
Pc, comp.:	590,417daN

STRATIGRAFIA:

	tipologia:	denominazione
strato 1	incoerente sciolto	limi
strato 2	coerente n.cons./mi	Argille e limi
strato 3	coerente n.cons./mi	Argille e limi
strato 4	coerente n.cons./mi	Argilla e limi
strato 5	coerente n.cons./mi	Argille e limi



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 MU7600 001 A 29 DI 31

N.B.: La stratificazione va considerata a partire dalla testa del palo

		strato 1	strato 2	strato 3	strato 4	strato 5
m	spessore	2	1	4	8	10
daN/m ³	densità	1900	1900	900	900	900
(°)	Angolo Attrito	0	0	0	0	0
daN/cm ²	Coesione	2	2	2	2	2
(**)	s _o	0.6	1	1.5	2	2
(**)	k	1	1	1	1	1
(**)	Nq	0	0	0	0	0
(**)	Nc	0	0	0	0	0

Lunghezza palo	m	25.00
Diametro palo	m	0.80
Peso del palo: Pg=	daN	31,400

STRATIGRAFIA:

	tipologia:	denominazione
strato 1	incoerente sciolto	limi
strato 2	coerente n.cons./misti	Argille e limi
strato 3	coerente n.cons./misti	Argille e limi
strato 4	coerente n.cons./misti	Argilla e limi
strato 5	coerente n.cons./misti	Argille e limi

pressione verticale terreno qz alla quota di testa del palo	daN/m ²	139,900
---	--------------------	----------------

PORTANZA LATERALE: PL= AI * (so + k*mu*qz)

		strato 1	strato 2	strato 3	strato 4	strato 5
lunghezza	m	2	1	4	8	10
densità	daN/m ³	1900	1900	900	900	900
Angolo Attrito	(°)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coesione	daN/cm ²	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
s _o	daN/cm ²	0.600	1.000	1.500	2.000	2.000
k		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
μ		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
q _z	daN/m ²	141800	144650	147400	152800	160900
Portanza laterale	daN	30,144	25,120	150,720	401,920	502,400
PORTANZA LATERALE LIMITE: PL					1,110,304daN	
PORTANZA LATERALE: PLc = PL / (1.15*1.7)					567,930daN	

PORTANZA ALLA PUNTA: PP = Ap * (Nc*C+Nq*qz) (Teoria di Berezantzev)

Strato 5	Argille e limi	
densità	daN/m ³ 900	
Ang. Attrito	(°) 0.0	
Coesione	daN/cm ² 2	
Nq	0.4	
Nc	9.0	
q _z	daN/m ² 165400	
PORTANZA ALLA PUNTA LIMITE: PP		123,671daN
PORTANZA ALLA PUNTA: PPc = PP / (1.35*1.7)		53,887daN

PORTANZA TOTALE TERRENO IN COMPRES.: Ptot = PLc+ PPc	621,817daN
---	-------------------

Verifica: P_{LIM} = 621817 daN = 6218.17 KN > N_{ED} = 4967.40 KN

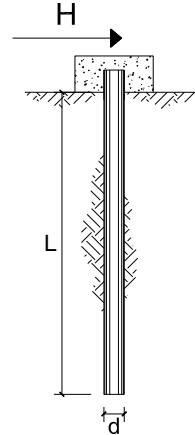
VERIFICA A CARICHI TRASVERSALI

Il valore massimo del taglio agente desunto dalle analisi strutturali è pari a $V_{ED} = \sqrt{V_{XED}^2 + (V_{YED})^2} = 725.77$ KN

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

OPERA: Spalla

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)



coefficienti parziali		A		M	R
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ_{cu}	γ_T
		γ_G	γ_Q		
S.L.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.
ξ_s	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_t	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: $H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3}} + 4.5$

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 =	25.00	(m)			
Diametro del palo	d =	0.80	(m)			
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	1013.50	(kN m)			
Coesione non drenata	$c_{u, med} =$	200.00	(kPa)	$c_{u, min} =$	200.00	(kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d} =$	200.00	(kPa)	$c_{u, min, d} =$	200.00	(kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	725.7	(kN)			
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)			

Palo corto:

$H1_{med} = 34272.00$ (kN) $H1_{min} = 34272.00$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 13299.54$ (kN) $H2_{min} = 13299.54$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 1242.48$ (kN) $H3_{min} = 1242.48$ (kN)

$H_{med} = 1242.48$ (kN) palo lungo $H_{min} = 1242.48$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_s ; R_{min}/\xi_d) = 730.87$ (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T = 730.87$ (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 725.70$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 1.01$

	<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 – Verifica all'urto da traffico ferroviario</p>	<p>PROGETTO IA5F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL MU7600 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 31 DI 31</p>

La verifica è soddisfatta.