

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J71H92000020011

## U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

## VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA-VOGHERA

OPERE PRINCIPALI – GALLERIE ARTIFICIALI  
GA01 – GALLERIA ARTIFICIALE DI SCAVALCO

Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento

SCALA:

-

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

I Q 0 1    0 1    R    2 6    R H    G A 0 1 0 0    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G. Grimaldi 	Settembre 2021	A.Maran 	Settembre 2021	M. Berlingeri 	Settembre 2021	A. Perego Settembre 2021 

File: IQ0101R26RHGA0100001A

n. Elab.:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA IQ01	LOTTO 01 R 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

## INDICE

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1 Normative .....	4
2.2 Elaborati di riferimento.....	4
3. MATERIALI.....	5
3.1 Calcestruzzo per elevazione .....	5
3.2 Calcestruzzo per plinto e pali .....	5
3.3 Acciaio per barre di armature .....	5
4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	5
5. MODELLI DI ANALISI E VERIFICA.....	6
5.1 Sistemi di riferimento ed unità di misura.....	6
6. ANALISI DEI CARICHI .....	7
6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2).....	7
6.2 Carichi da traffico verticali (Q1) .....	7
6.3 Effetti dinamici .....	9
6.4 Disposizione treni di carico .....	9
6.5 Serpeggio .....	10
6.6 Azione Sismica (E) .....	11
6.6.1 <i>Inquadramento Sismico</i> .....	11
6.6.2 <i>Definizione della domanda sismica</i> .....	11
6.6.3 <i>Calcolo dell'azione Sismica</i> .....	12
7. COMBINAZIONI DI CARICO.....	13
7.1 Sollecitazione solettone – Sezione d'incastro con il piedritto (Sez.A).....	14
7.2 Sollecitazione solettone – Sezione di mezzeria (Sez.B).....	14
7.3 Sollecitazione piedritto – Sezione di incastro con il solettone (Sez.C).....	15
7.4 Sollecitazione palo di fondazione .....	15
8. VERIFICA SEZIONI.....	16
8.1 Verifica a presso flessione Sez.A .....	16
8.2 Verifica a presso flessione Sez.B .....	19
8.3 Verifica a presso flessione Sez.C .....	22
9. PALI DI FONDAZIONE.....	25

	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IQ01	01 R 26	RH	GA0100 001	A	3 di 26

## 1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nell'ambito più generale degli interventi di velocizzazione della linea Milano – Genova si inserisce il quadruplicamento della linea Tortona – Voghera.

Oggetto della presente relazione è il predimensionamento delle strutture della galleria artificiale identificata con WBS GA01.

I binari identificati come binari di scavalco sovrappassano quelli del quadruplicamento della *Tratta Tortona – Voghera* dal km 58+152,550 al km 58+321,160.

L'opera sviluppa circa 172 m in corrispondenza dei binari di scavalco.

La canna dove passano i binari della MI-GE risulta essere a parete piena di spessore costante pari a 120 cm. Il solettone di copertura risulta gettato in opera su predalle di spessore 10 cm. Complessivamente il solettone ha spessore di 120 cm.

La struttura degli sfocchi è costituita invece lato esterno da una successione di pilastri di forma rettangolare posti ad interasse longitudinale di 7.5 m che supportano, per mezzo di due travi longitudinali di bordo, un solettone a spessore costante analogo a quello della canna centrale.

La struttura è fondata su fondazione a piastra, sulla quale si intestano pali  $\phi 1000$  posti a interasse longitudinale per la maggior parte pari a 3.0 m. Trasversalmente l'interasse dei pali risulta variabile in maggioranza pari a circa 3.10/3.15 m.

	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IQ01	01 R 26	RH	GA0100 001	A	4 di 26

## 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normative

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;*
- [2] *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 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] *RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture (31 Dicembre 2020);*
- [4] *RFI DTC SI CS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale (31 Dicembre 2020);*
- [5] *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 modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 Maggio 2019.*

### 2.2 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

### 3. MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo per elevazione

##### Classe C32/40

Rck =	40,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	32,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica

#### 3.2 Calcestruzzo per plinto e pali

##### Classe C25/30

Rck =	30,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	25,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica

#### 3.3 Acciaio per barre di armature

##### B450C

### 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

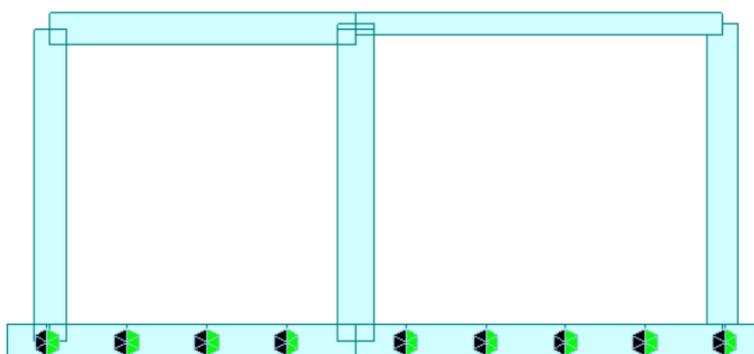
Le caratteristiche geotecniche sono state definite a seguito di sondaggi eseguiti nel sito in esame, e sono sintetizzate nella tabella di seguito riportata. Si rimanda alla relazione geotecnica per tutte le altre considerazioni.

Profondità (m da tp)		Unità geotecnica
da	a	
0	10	LAS
10	18	GLS
18	24	LAS
24	36	GLS
>36		LAS

	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IQ01	01 R 26	RH	GA0100 001	A	6 di 26

## 5. MODELLI DI ANALISI E VERIFICA

Le sollecitazioni di verifica della galleria sono state determinate a partire dal modello di una sezione trasversale implementato in Midas. Tutte le parti strutturali sono state modellate attraverso elementi frame, con spessore pari a quello effettivo e profondità di 1 m, ad eccezione di quello rappresentativo della parete in cui sono presenti le aperture; a questo, infatti, è stata assegnata una profondità ridotta per tener conto della minore rigidezza in direzione longitudinale. La struttura è stata vincolata per mezzo di cerniere poste in corrispondenza dei pali di fondazione.



*Figura 1 – Modello di calcolo*

### 5.1 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Y parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
- [Lunghezze] m
- [Forze] KN

	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IQ01	01 R 26	RH	GA0100 001	A	7 di 26

## 6. ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2)

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

Lo stesso peso è stato considerato per il massetto al di sopra del solettone e per il cls di riempimento all'interno della canna in cui passano i binari della MI-GE. Considerando i loro effettivi spessori si ottengono, rispettivamente, i seguenti carichi ripartiti:

$$G_{2,m} = 25 \cdot 0.4 \cdot 1 = 10 \text{ kN/m}$$

$$G_{2,r} = 25 \cdot 3.3 \cdot 1 = 82.5 \text{ kN/m}$$

Forfettariamente, avendo considerato un peso pari a 25 kN/m<sup>3</sup> per il massetto, si è tenuto conto della presenza degli altri permanenti, quali canaline, barriere ecc.

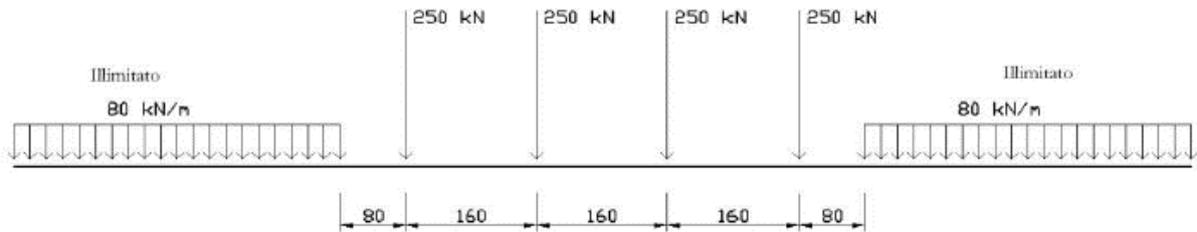
Per il ballast si è considerato invece un peso specifico di 20 kN/m<sup>3</sup> e uno spessore di 0.80 m. Considerando la larghezza della vasca portaballast e diffondendo il carico fino al baricentro degli elementi strutturali, si ottiene, per il solettone e per la platea di fondazione, un carico ripartito di 13.5 kN/m.

### 6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2. Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ *Modello di carico LM71*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



$$Q_{vk} = 250 \text{ kN} \quad q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

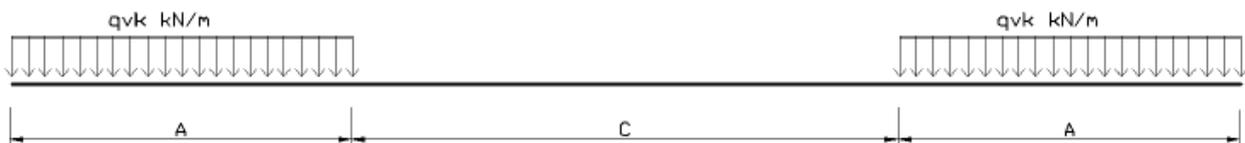
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

➤ *Modello di carico SW/2*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



**SW/0**

Carico distribuito	Q <sub>vk</sub>	133	KN/m
Lunghezza	A	15	m
Lunghezza	C	5.3	m

**SW/2**

Carico distribuito	Q <sub>vk</sub>	150	KN/m
Lunghezza	A	25	m
Lunghezza	C	7	m

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA <b>IQ01</b>	LOTTO <b>01 R 26</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GA0100 001</b>	REV. <b>A</b>

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario. Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE “ $\alpha$ ”
LM/71	1.10
SW/0	1.10
SW/2	1.00

### 6.3 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 17.1.2018 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.73 \quad \text{con limitazione} \quad 1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00$$

Considerando una lunghezza  $L_\Phi$  di 41.4 m, si ottiene un valore del coefficiente  $\Phi_3$  pari a 1.08.

### 6.4 Disposizione treni di carico

A favore di sicurezza è stato considerato un treno di carico LM71 su tutti i binari presenti. In particolare, il carico applicato nel modello è stato ricavato dalla diffusione di uno degli assi da 250 kN. Considerando una diffusione in direzione trasversale con un'inclinazione di 1:4 nel ballast e di 1:1 nel cls, e moltiplicando per il coefficiente dinamico, si ottiene un carico di 41.8 kN/m, distribuito su una lunghezza di 4.45 m, per ogni binario.

Per i due binari interni, invece, dato l'elevato spessore del riempimento, il carico è stato ripartito uniformemente sulla platea di fondazione, assumendo un valore pari a 33.7 kN/m. In questo secondo caso, inoltre, non si è tenuto conto del coefficiente di incremento dinamico.

	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IQ01	01 R 26	RH	GA0100 001	A	10 di 26

## 6.5 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si schematizza come una forza concentrata agente orizzontalmente perpendicolarmente all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica. Essa si applicherà sia in rettilo che in curva.

	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IQ01	01 R 26	RH	GA0100 001	A	11 di 26

## 6.6 Azione Sismica (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

### 6.6.1 Inquadramento Sismico

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale  $V_N$  e la classe d'uso  $C_u$ . Sulla base del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili". I parametri identificativi dell'opera sono:

Vita Nominale	Classe d'Uso	Coeff. D'uso
75	III	1.5

La geo-localizzazione permette di ottenere le coordinate geografiche delle singole opere e individuare puntualmente la domanda sismica secondo gli spettri normativi rappresentativi delle due componenti (orizzontale e verticale), ovvero determinare i singoli parametri indipendenti di riferimento.

In particolare, si è fatto riferimento alle seguenti coordinate:

Latitudine: 44.9227

Longitudine: 8.8899

### 6.6.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC2018 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico, i terreni in esame sono di tipo C, pianeggianti, tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

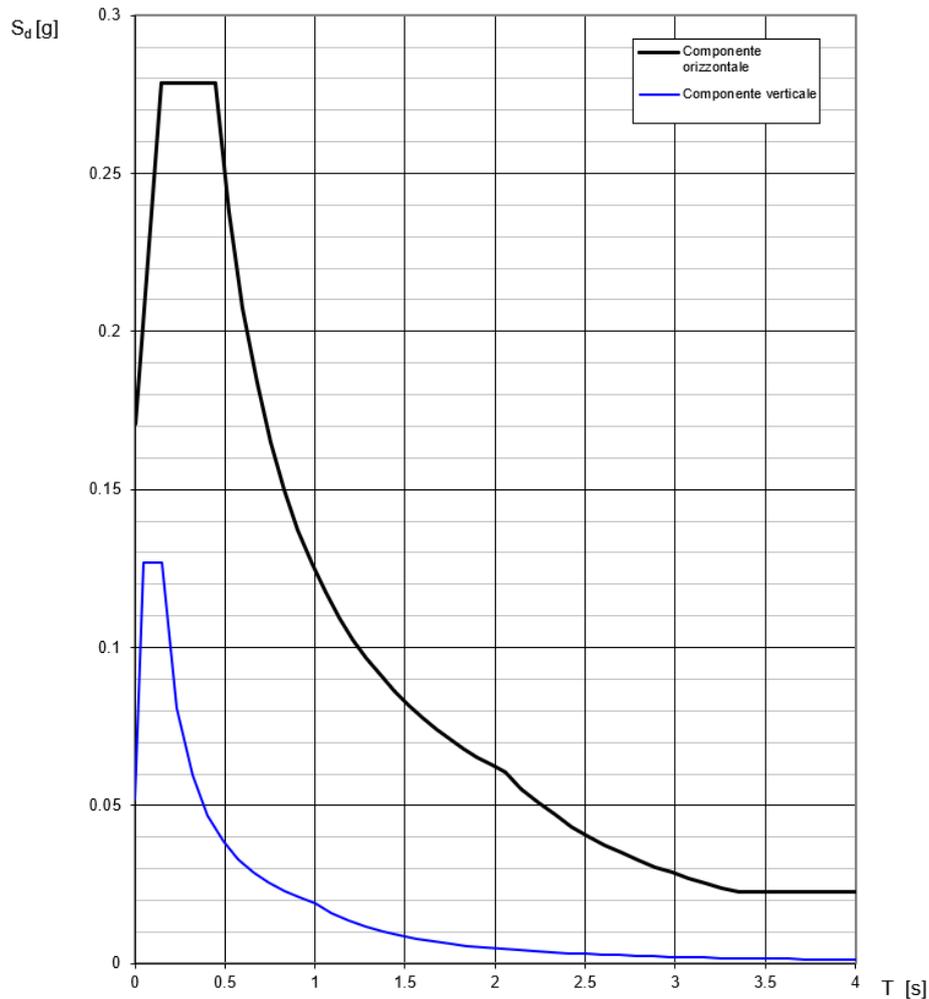


Figura 2 – Spettri di risposta per lo SLV

### 6.6.3 Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche in direzione trasversale si utilizza una Analisi Dinamica Lineare, implementando lo spettro di progetto direttamente nel software di calcolo.

Nei calcoli, per lo spettro orizzontale è stato applicato un fattore di struttura  $q=1.5$ .

In direzione longitudinale, invece, per il calcolo delle sollecitazioni agenti in fondazione, si considera un'accelerazione pari alla PGA.

## 7. COMBINAZIONI DI CARICO

Le sollecitazioni dovute ai carichi descritti nei paragrafi precedenti sono state combinate in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12.

In particolar modo, sono state definite una combinazione in condizioni statiche (SLU) e una in condizioni sismiche (SLV).

Per entrambe si riportano, di seguito, i diagrammi dei momenti ottenuti.

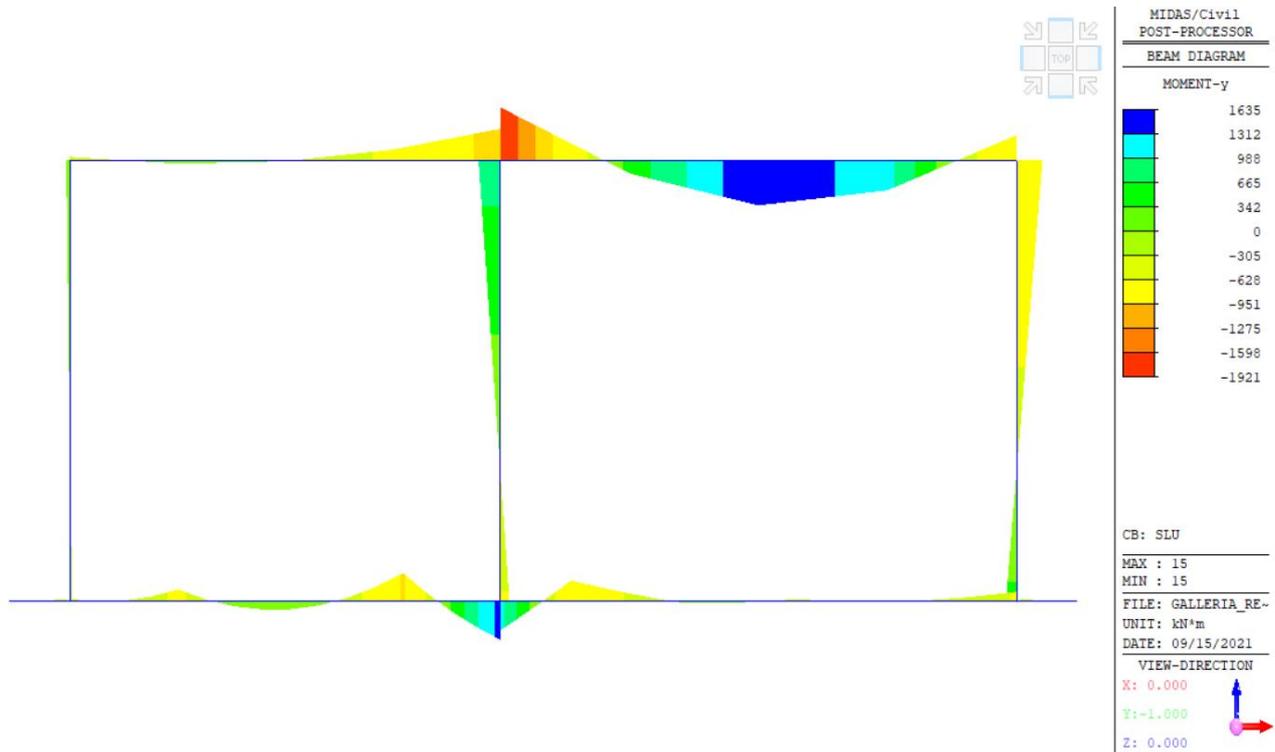


Figura 3 – Diagramma dei momenti combinazione SLU

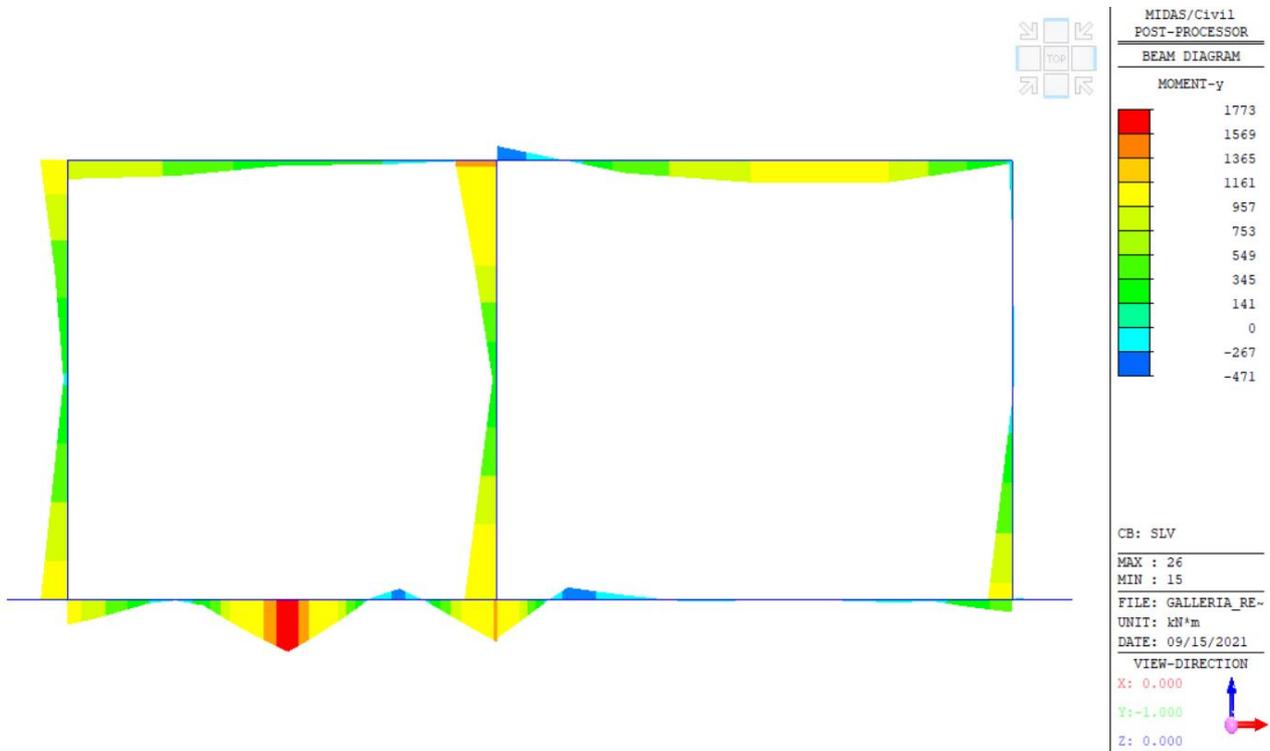


Figura 4 – Diagramma dei momenti combinazione SLV

### 7.1 Sollecitazione solettone – Sezione d’incastro con il piedritto (Sez.A)

	N	T	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
SLU	-111	-791	-1921
SLV	-15	-336	-471

### 7.2 Sollecitazione solettone – Sezione di mezzzeria (Sez.B)

	N	T	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
SLU	-111	-101	1635
SLV	-15	32	764

### 7.3 Sollecitazione piedritto – Sezione di incastro con il solettone (Sez.C)

	N	T	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
SLU	-1112	-94	780
SLV	-577	158	1404

### 7.4 Sollecitazione palo di fondazione

	N	T
	[kN]	[kN]
SLU	1754	49
SLV	1931	83

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA <b>IQ01</b>	LOTTO <b>01 R 26</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GA0100 001</b>	REV. <b>A</b>

## 8. VERIFICA SEZIONI

La verifica allo SLU flessionale delle sezioni in oggetto viene effettuata mediante l'ausilio del programma RC-SEC. Di seguito viene riportato l'output del programma per le sezioni in oggetto e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

### 8.1 Verifica a presso flessione Sez.A

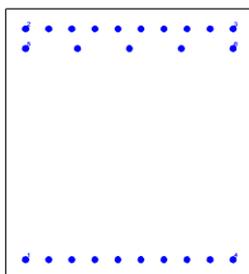


Figura 5 - Sezione implementata in RC-SEC

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Solettone\_sez\_incastro

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
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

Diagramma tensione-deformaz.:

2000000 daN/cm<sup>2</sup>

Bilineare finito

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	110.0
3	50.0	110.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	8.0	26
2	-42.0	102.0	26
3	42.0	102.0	26
4	42.0	8.0	26
5	-42.0	94.0	26
6	42.0	94.0	26

### 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	26
2	2	3	8	26
3	5	6	3	26

### 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	111.00	-1921.00	0.00
2	15.00	-471.00	0.00

### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

**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 [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	111.00	-1921.00	110.93	-2949.12	1.53	132.7(33.0)
2	S	15.00	-471.00	14.72	-2904.90	6.16	132.7(33.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	0.0	0.00129	-42.0	8.0	-0.02469	-42.0	102.0
2	0.00350	-50.0	0.0	0.00124	-42.0	8.0	-0.02534	-42.0	102.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000276375	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000282781	0.003500000	----	----

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA <b>IQ01</b>	LOTTO <b>01 R 26</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GA0100 001</b>	REV. <b>A</b>

## 8.2 Verifica a presso flessione Sez.B

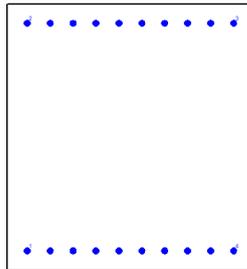


Figura 6 - Sezione implementata in RC-SEC

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: Solettone\_sez\_mezzeria

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
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 <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	110.0
3	50.0	110.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	8.0	26
2	-42.0	102.0	26
3	42.0	102.0	26
4	42.0	8.0	26

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	111.00	1635.00	0.00
2	15.00	764.00	0.00

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

### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	111.00	1635.00	110.90	2061.35	1.26	106.2(33.0)
2	S	15.00	764.00	14.93	2016.34	2.64	106.2(33.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RH	GA0100 001	A	21 di 26

	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	110.0	0.00069	-42.0	102.0	-0.03239	-42.0	8.0
2	0.00350	-50.0	110.0	0.00063	-42.0	102.0	-0.03315	-42.0	8.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000351826	-0.035200847	----	----
2	0.000000000	0.000359326	-0.036025902	----	----

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MILANO-GENOVA</b> <b>INTERVENTI DI VELOCIZZAZIONE: QUADRUPPLICAMENTO</b> <b>TORTONA-VOGHERA</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento	COMMESSA <b>IQ01</b>	LOTTO <b>01 R 26</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GA0100 001</b>	REV. <b>A</b>

### 8.3 Verifica a presso flessione Sez.C

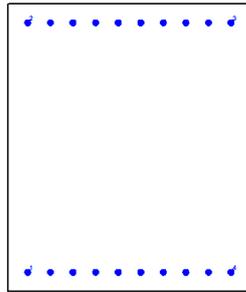


Figura 7 - Sezione implementata in RC-SEC

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: Piedritto\_sez\_incastro

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
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 <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0

Galleria artificiale: Relazione di predimensionamento

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IQ01	01 R 26	RH	GA0100 001	A	23 di 26

4 50.0 0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	8.0	26
2	-42.0	112.0	26
3	42.0	112.0	26
4	42.0	8.0	26

#### 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	26
2	2	3	8	26

#### 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	1112.00	780.00	0.00
2	577.00	1404.00	0.00

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

#### 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	1112.00	780.00	1111.86	2789.96	3.58	106.2(36.0)
2	S	577.00	1404.00	577.02	2515.81	1.79	106.2(36.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	120.0	0.00127	-42.0	112.0	-0.02774	-42.0	8.0
2	0.00350	-50.0	120.0	0.00097	-42.0	112.0	-0.03192	-42.0	8.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000278911	-0.029969378	----	----
2	0.000000000	0.000316266	-0.034451939	----	----

## 9. PALI DI FONDAZIONE

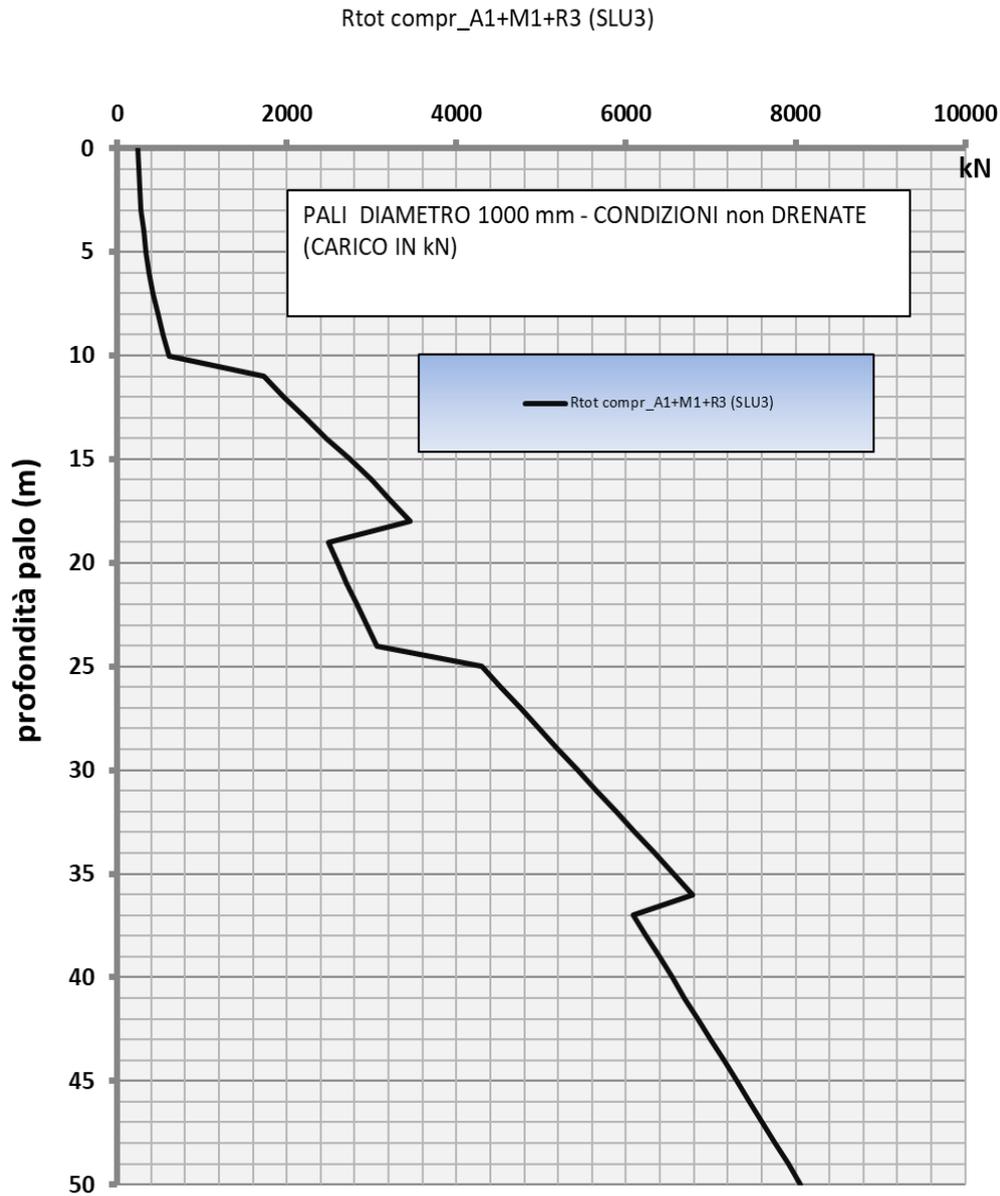
Le sollecitazioni agenti sul palo maggiormente caricato, riportate nel paragrafo 7.4, sono state ricavate direttamente dal modello di calcolo; avendo quest'ultimo uno spessore unitario, tali sollecitazioni sono state moltiplicate per l'interasse dei pali (3.0 m).

Inoltre, al taglio agente in direzione trasversale è stato combinato quello dovuto all'azione sismica in direzione longitudinale, secondo la regola di combinazione 100-30.

Si ottengono quindi le seguenti sollecitazioni:

	<b>N</b>	<b>T</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>
<b>SLU</b>	5262	147
<b>SLV_1</b>	5793	320
<b>SLV_2</b>	5793	308

Si riporta di seguito la curva di portanza per pali  $\phi$  1000, calcolata considerando la stratigrafia del sito in esame, descritta nel § 4 della presente relazione. La lunghezza assunta per il palo, in base a tale curva, è pari a 35 m.



Rtot_slu3	Z
kN	m, da T.P
244	0
249	1
262	2
282	3
308	4
340	5
378	6
424	7
478	8
545	9
615	10
1724	11
1965	12
2215	13
2473	14
2739	15
3001	16
3227	17
3453	18
2494	19
2600	20
2709	21
2821	22
2937	23
3057	24
4303	25
4529	26
4754	27
4980	28
5205	29
5431	30
5657	31
5882	32
6108	33
6333	34
6559	35
6785	36
6089	37
6241	38
6393	39
6545	40
6697	41
6849	42
7001	43
7153	44
7305	45
7456	46
7608	47
7760	48
7912	49
8064	50