

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



# INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.

S.O. Corpo Stradale

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI BARI

BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE

MURI ED OPERE DI PRESIDIO

MU04 - MURI AD U da pk 5+250 a pk 5+450 L=200

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

IADR    00    D    29    CL    MU0400    001    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione PD per AI	M.Botta <i>M. Botta</i>	SETT '23	A.Santacaterina-A.DiCostanzo <i>A. Santacaterina</i>	SETT '23	G.Dimaggio <i>G. Dimaggio</i>	SETT '23	F.ARDUINI 29/09/2023 

File: IADR00D29CLMU0400001A n. Elab.:



## INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
3	MATERIALI.....	8
3.1	CALCESTRUZZO MAGRONE.....	8
3.2	CALCESTRUZZO .....	8
3.3	ACCIAIO B450C.....	8
3.4	VERIFICA S.L.E.....	9
3.4.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	9
3.4.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	9
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	11
4.1	TERRENO DI RINTERRO.....	11
4.2	TERRENO DI FONDAZIONE .....	11
4.3	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	11
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	13
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	13
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	13
6	SOFTWARE DI CALCOLO .....	15
6.1	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO ADOTTATI.....	15
6.2	UNITÀ DI MISURA.....	15
6.3	GRADO DI AFFIDABILITÀ DEL CODICE .....	15
6.4	VALUTAZIONE DELLA CORRETTEZZA DEL MODELLO.....	15
6.5	GIUDIZIO FINALE SULLA ACCETTABILITÀ DEI CALCOLI .....	16
7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	17

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

8	SEZIONE TIPO .....	23
8.1	GEOMETRIA .....	23
8.2	MODELLO DI CALCOLO .....	24
8.2.1	<i>Valutazione della rigidezza delle molle</i> .....	25
8.3	ANALISI DEI CARICHI .....	26
8.3.1	<i>Peso proprio della struttura</i> .....	26
8.3.2	<i>Carichi permanenti portati</i> .....	26
8.3.3	<i>Spinta sulle pareti dovuta al terreno ed al sovraccarico permanente</i> .....	26
8.3.4	<i>Carichi variabili su soletta inferiore</i> .....	27
8.3.5	<i>Spinta del sovraccarico accidentale <math>q_1=10</math> kN/m</i> .....	29
8.3.6	<i>Azione sismica inerziale</i> .....	30
8.4	DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI.....	32
8.5	VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A. ....	35
8.5.1	<i>Verifica soletta inferiore</i> .....	35
8.5.2	<i>Verifica piedritti sp. 1.7m</i> .....	42
8.5.3	<i>Verifica piedritti sp. 1.3m</i> .....	48
8.5.4	<i>Tabella riassuntiva armature</i> .....	54
8.6	VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONI.....	55
8.6.1	<i>SLU</i> .....	55
8.6.2	<i>SLV</i> .....	60
9	TABELLA INCIDENZA ARMATURE .....	65



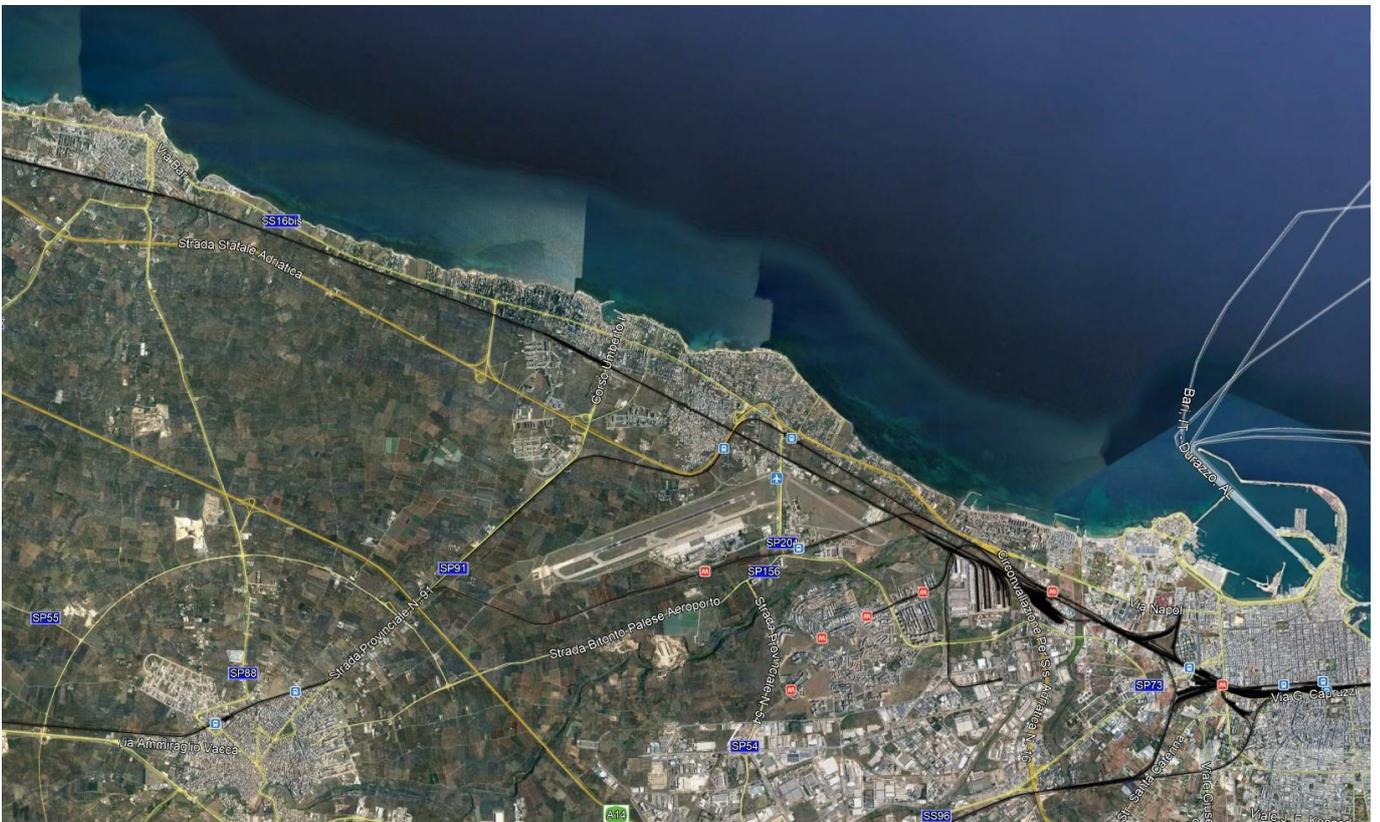
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**NODO DI BARI**  
**BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE**

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	4 di 65

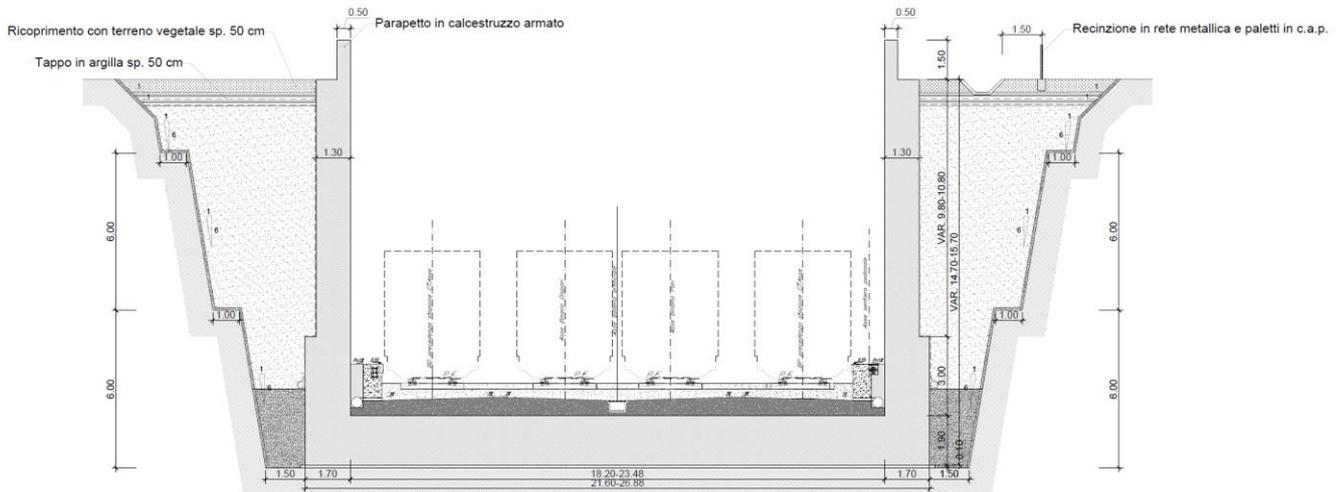
## 1 PREMESSA

Nel presente documento si riportano le analisi e le verifiche strutturali della trincea artificiale TR04 di cui fa parte il muro ad U MU04, redatta nell'ambito del Progetto definitivo della Variante di tracciato tra Palese e Santo Spirito. L'area interessata dal progetto ricade nella zona a nord - ovest della città di Bari, nell'area compresa tra l'aeroporto internazionale di Bari e il comune di Giovinazzo.

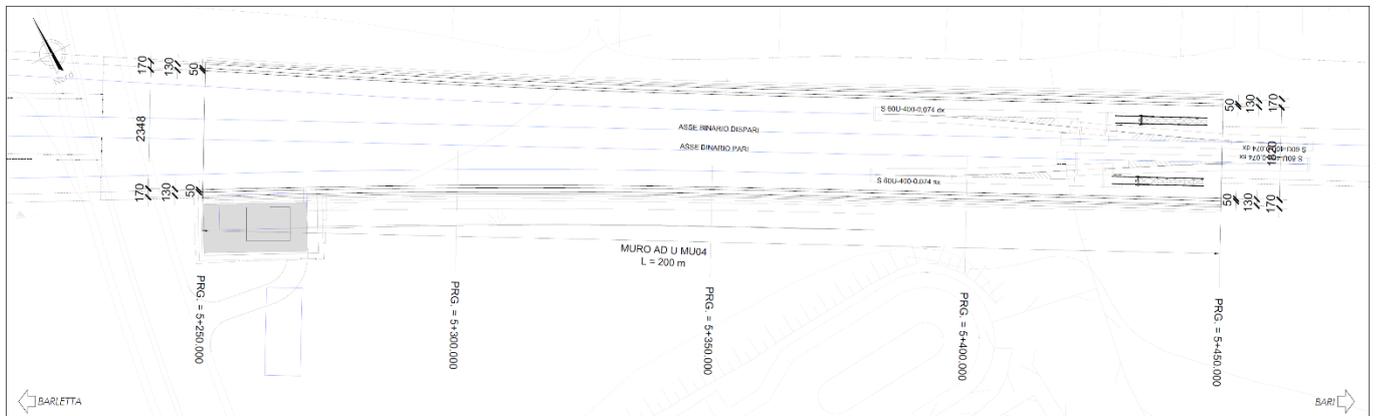


L'opera in oggetto è costituita da muri ad U a 4 binari che si estendono per una lunghezza di 200m dalla pk 5+250 alla pk 5+450. Gli scavi necessari alla sua realizzazione presentano profondità intorno ai 15 m.

La fondazione dei muri ha uno spessore pari a 1.90m mentre i piedritti hanno spessore pari a 1.70m a partire dallo spiccatto fino ad un'altezza di 3.00m, spessore di 1.30m fino al piano campagna per un'altezza variabile tra 9.80m e 10.80m e spessore pari a 0.50m per il tratto finale fuori terra di altezza 1.50m. La larghezza interna varia tra 18.20 m e 23.48m.



**Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera**



**Fig. 2 – Planimetria dell'opera**

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>					
	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IADR	00D29	CL	MU0400001	A	7 di 65

## 2    **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

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

- [N.1] Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica.
- [N.2] D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [N.3] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N.4] RFI DTC SI MA IFS 001 F del 31.12.2022 – Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.5] RFI DTC SICS SP IFS 001 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N.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, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 776/2019 della Commissione del 16 maggio 2019.
- [N.7] Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
- [N.8] Delibera della giunta regionale Regione Lazio n.793 del 5 novembre 2020.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>					
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	8 di 65	

### 3 MATERIALI

Il calcestruzzo adottato corrisponde alla Classe C32/40, mentre l'acciaio in barre ad aderenza migliorata corrisponde alla classe B450C. Di seguito vengono elencate le specifiche.

#### 3.1 Calcestruzzo magrone

##### Conglomerato classe di resistenza C12/15 – Rck 15MPa

Resistenza caratteristica cubica:	Rck = 15 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica:	fck = 12 N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione:	X0

#### 3.2 Calcestruzzo

##### Conglomerato classe di resistenza C32/40 – Rck 40MPa

Conforme alla UNI EN 206-1

Classe di esposizione	XC4, XS1
Rck (UNI EN 206-2016)	≥ 37 MPa
Classe di resistenza	C32/40
Tipo cemento	CEM III-V
Dimensione max aggregati	25 mm
Classe di consistenza	S4
Copriferro minimo	50 mm

#### 3.3 Acciaio B450C

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ MPa};$
Tensione di progetto:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$
in cui $\gamma_m = 1.15$	$f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa};$
Modulo Elastico	$E_s = 210'000 \text{ MPa}.$

 <b>ITOLFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

### 3.4 Verifica S.L.E.

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

#### 3.4.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "RFI DTC SI PS MA IFS 001 E Manuale di Progettazione Delle Opere Civili Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture" che ne risulta l'aggiornamento (Vedi cap. 2.5 manuale), ovvero:

#### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$

#### 3.4.2 Verifiche a fessurazione

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

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

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>	ap. fessure	≤w <sub>3</sub>
		quasi permanente	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤w <sub>2</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w <sub>1</sub>

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

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

Risultando:

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

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

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

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

Per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 17.1.2018, in accordo a quanto previsto al punto” C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione” della Circolare n.7/19.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## 4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

### 4.1 Terreno di rinterro

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

DATI GEOTECNICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
angolo di attrito	$\phi$	33	°
peso di volume ricoprimento	$\gamma_r$	22	kN/m <sup>3</sup>
coefficiente di spinta a riposo	$K_0$	0.46	-
Modulo elastico terreno fondazione	E	500000	kN/m <sup>2</sup>
Costante di Winkler	K	12460	kN/m <sup>3</sup>
Cond. Geo: tangente $\phi/1.25$	$\tan\phi/1.25$	0.462	-
Cond. Geo: angolo di attrito	$\phi_{Geo}$	25	°
Geo: coeff. di spinta a riposo	$K_{0(Geo)}$	0.581	-

### 4.2 Terreno di fondazione

Dalla scheda stratigrafica si desume la stratigrafia di progetto con i relativi parametri caratteristici:

Unità C1-a:

$$\gamma = 24 \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

$$c' = 40 \text{ [kPa]}$$

$$\phi' = 43[^\circ]$$

La falda idrica non interferisce con l'opera in esame ed è considerata a 30 m dal p.c.

### 4.3 Interazione terreno-struttura

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

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

- $$s = B \cdot C_r \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E$$

dove:

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>					
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	12 di 65	

- $s$  = cedimento elastico totale;
- $B$  = lato minore della fondazione;
- $c_t$  = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 ( $L$  = lato maggiore della fondazione):

$$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089 (L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B > 10$$

- $q$  = pressione media agente sul terreno;
- $\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;
- $E$  = modulo elastico medio del terreno sottostante.

Il valore della costante di sottofondo  $k_w$  è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento, pertanto si ottiene:

- $k_w = E / [(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t]$

Di seguito si riportano, in forma tabellare, i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, sulla scorta del valore di progetto di  $E$  attribuito allo strato di Fondazione, avendo considerato una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaboranti:

$$\begin{aligned}
 E &= 500000 \text{ kN/m}^2 \\
 \nu &= 0.3 \\
 B &= 21.6 \text{ m} \\
 L &= 200.0 \text{ m} \\
 L/B &= 9.26 \\
 c_t &= 2.04 \\
 K_w &= 12460 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

Cautelativamente si limita, ai fini del calcolo, il valore della costante di sottofondo a circa  $12460 \text{ kN/m}^3$ .

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>					
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	13 di 65	

## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

### 5.1 Vita nominale e classe d'uso

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

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale:  $V_N = 75$ anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):  $C_U = 1.5$ .

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 112.5$  **anni**

### 5.2 Parametri di pericolosità sismica

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

- Categoria sottosuolo B

Si ottiene per il sito in esame:

Zona Sismica	Opera	Punto di riferimento	Coordinate		$V_R$	SLV	F0	Tc*
			Lat.	Lon.		ag/g		
A1	MU04	P1	41.176847	16.68734	112.5	0.121	2.626	0.521

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

Zona Sismica	Progressiva		Punto di riferimento	Coordinate		Tipo Suolo	ag/g	F0	Tc*	ST	SS	ag <sub>max</sub> /g
	Pk inizio	Pk fine		Lat.	Lon.							
A1	5+250	5+450	P1	41.176847	16.68734	B	0.121	2.626	0.521	1	1.200	0.145

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## 6 SOFTWARE DI CALCOLO

### 6.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo adottati

Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il Sap 2000 v.24 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures, Inc.1995 University Ave. Berkeley. Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, permette l'analisi elastica lineare e non di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono frame (trave), con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse. I carichi sono applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

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

### 6.2 Unità di misura

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

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

### 6.3 Grado di affidabilità del codice

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

### 6.4 Valutazione della correttezza del modello

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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b></p>					
<p><b>Relazione di calcolo muri - MU04</b></p>	<p>COMMESSA IADR</p>	<p>LOTTO 00D29</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO MU0400001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 16 di 65</p>

### 6.5 Giudizio finale sulla accettabilità dei calcoli

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

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

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

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>					
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	18 di 65	

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

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

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

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

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

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

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

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA <b>IADR</b>	LOTTO <b>00D29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU0400001</b>	REV. <b>A</b>

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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

Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento $q_s$	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico			
SLU e SLE	Esecuzione	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Vento a ponte carico		0,6		
Neve $q_s$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

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

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

Le condizioni di carico considerate sono le seguenti:

**Tabella 2 – Riepilogo condizioni di carico**

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro	spinta_sx_k0
spinta a riposo del terreno sul piedritto destro	spinta_dx_k0
incremento di spinta dovuta al carico accidentale sul piedritto sinistro	spinta_q1k_sx
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario agente sulla soletta inferiore	acc_inf
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_H
incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma	sovraspinta_sismica
spinta dell'acqua sul piedritto sinistro	spinta_acqua_sx
spinta dell'acqua sul piedritto destro	spinta_acqua_dx

Si riportano di seguito le combinazioni di carico ritenute più significative con i coefficienti di combinazione  $\gamma \cdot \psi$ . Essendo la struttura simmetrica, si adottano tipologie di combinazione asimmetriche in modo da massimizzare le sollecitazioni. Il dimensionamento delle armature e le verifiche strutturali verranno poi eseguite tenendo conto della simmetria e verificando le condizioni peggiori per ogni lato della struttura.

**Tabella 3 - Combinazioni di carico SLU**

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche								
	slu1	slu2	slu3	slu4	slu5	slu6	slu7	slu8
DEAD	1.35	1.35	1	1	1.35	1.35	1	1.35
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1.35	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1.35	1	1
spinta_sx_k0	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_q1k_sx	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0	1.35	1.35
acc_inf	0	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
spinta_acqua sx	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_acqua dx	1	1	1	1	1	1	1	1

**Tabella 4 - Combinazioni di carico SLV**

combinazioni di carico agli SLV			
	sis1	sis2	sis3
DEAD	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1
ballast	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1
spinta_q1k_sx	0	0	0
acc_inf	0	0	0.2
sisma_H	1	0.3	1
sovraspinta_sismica	1	0.3	1
spinta_acqua sx	1	1	1
spinta_acqua dx	1	1	1

**Tabella 5 - Combinazioni di carico SLE**

combinazioni di carico agli SLE												
	rar1	rar2	rar3	rar4	rar5	rar6	rar7	fre1	fre2	fre3	qpe1	qpe2
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	1	0.8	1	1	0.8
spinta_q1k_sx	1	1	1	0.75	1	1	1	0.75	0.75	0	0	0
acc_inf	0	0.8	0.8	1	0	0.8	0.8	0	0	0.8	0	0
spinta_acqua sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_acqua dx	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	1	0.8	1	1	0.8

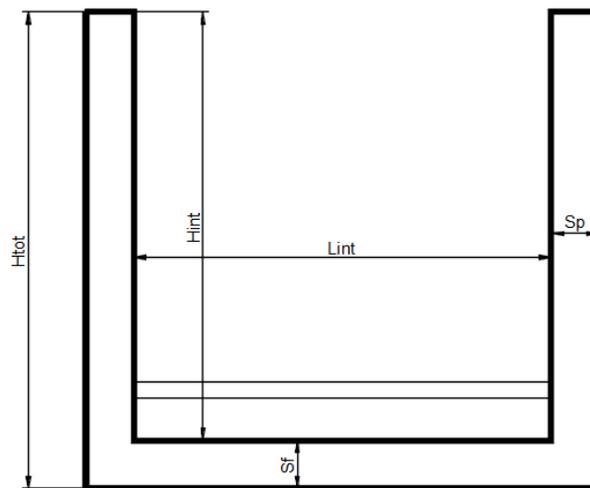
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## 8 SEZIONE TIPO

La dimensione interna varia tra 18.20 m e 23.48 m e l'altezza interna massima pari a 13.80m, con piedritti di spessore 1.70m a partire dallo spiccato fini ad un'altezza di 3.00m, spessore di 1.30m fino al piano campagna e soletta inferiore di spessore 1.90m. Per la tipologia in oggetto la verifica viene condotta per l'altezza del paramento verticale pari a 14.00m ed una larghezza di 19.90m (misure asse strutturale)

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

### 8.1 Geometria



**Fig. 3** – Significato dei simboli

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
larghezza totale sezione ad U	$L_{tot}$	21.60	m
larghezza utile sezione ad U	$L_{int}$	18.20	m
larghezza interasse	$L_a$	19.90	m
spessore piedritti	$S_p$	1.70-1.30	m
spessore fondazione	$S_f$	1.90	m
altezza totale sezione ad U	$H_{tot}$	15.70	m
altezza libera sezione ad U	$H_{int}$	13.80	m
spessore pacchetto inferiore	$H_{Pinf}$		m
spessore ricoprimento inferiore	$H_{Rinf}$	1.40	m

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

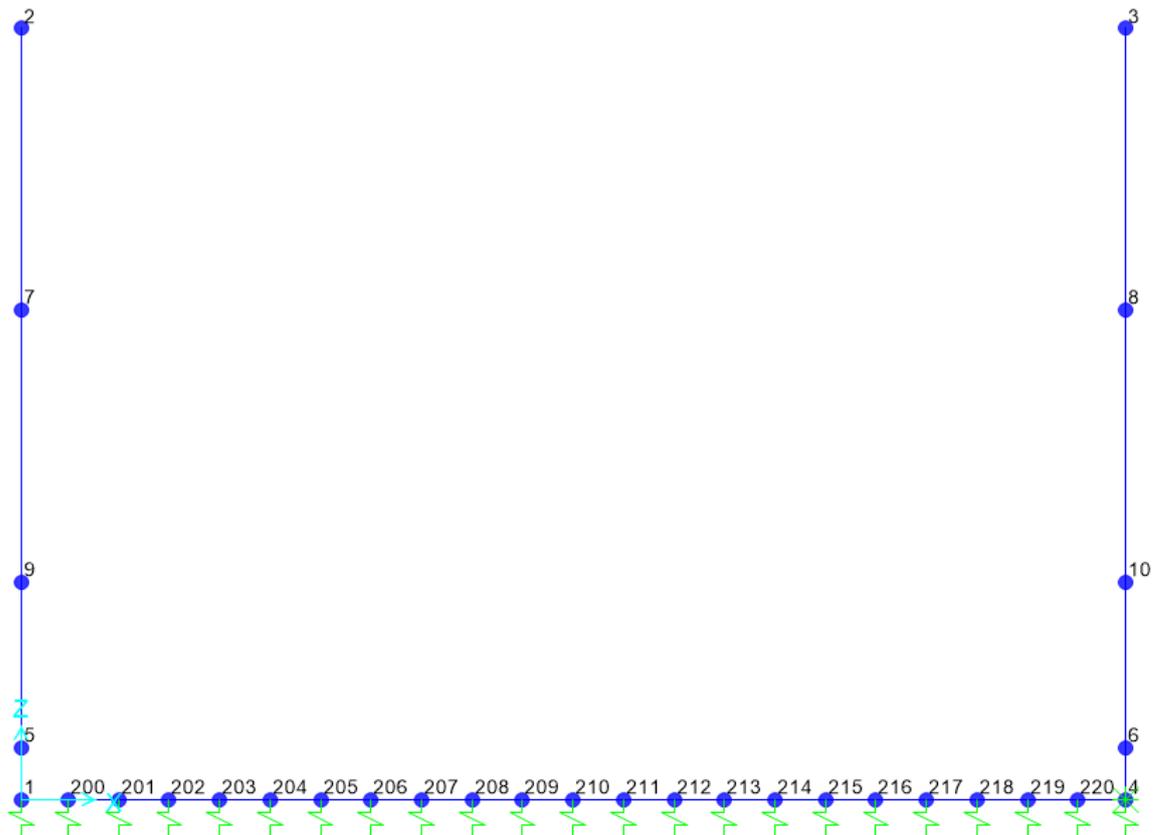
## 8.2 Modello di calcolo

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

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

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

Di seguito si riporta lo schema di calcolo.



**Fig. 4** – Numerazione aste e nodi

### 8.2.1 Valutazione della rigidezza delle molle

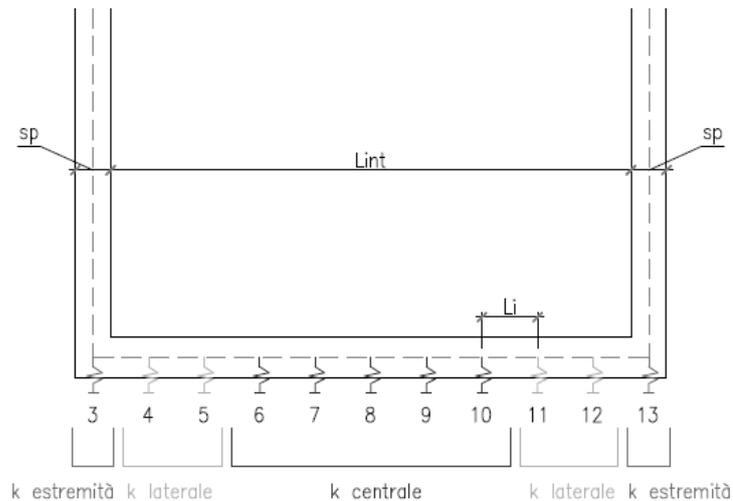
Si considera la struttura appoggiata su di un letto di molle (schematizzazione alla Winkler) assegnando alle aste di fondazione del modello un valore di “linear spring” pari a  $K= 12460$  kN/mc in funzione dell’interasse delle molle secondo la seguente formulazione:

Interasse molle  $i = (S_p/2 + L_{int} + S_p/2)/n_a$  [m]

Molle centrali  $k_1 = k * i$  [kN/m]

Molle intermedie  $k_2 = 1.5 * k * i$  [kN/m]

Molle laterali  $k_3 = 2.0 * k * i$  [kN/m]



i	0.91	m
Molle centrali	11340	kN/m
Molle laterali	17000	kN/m
Molle estremità	22680	kN/m

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

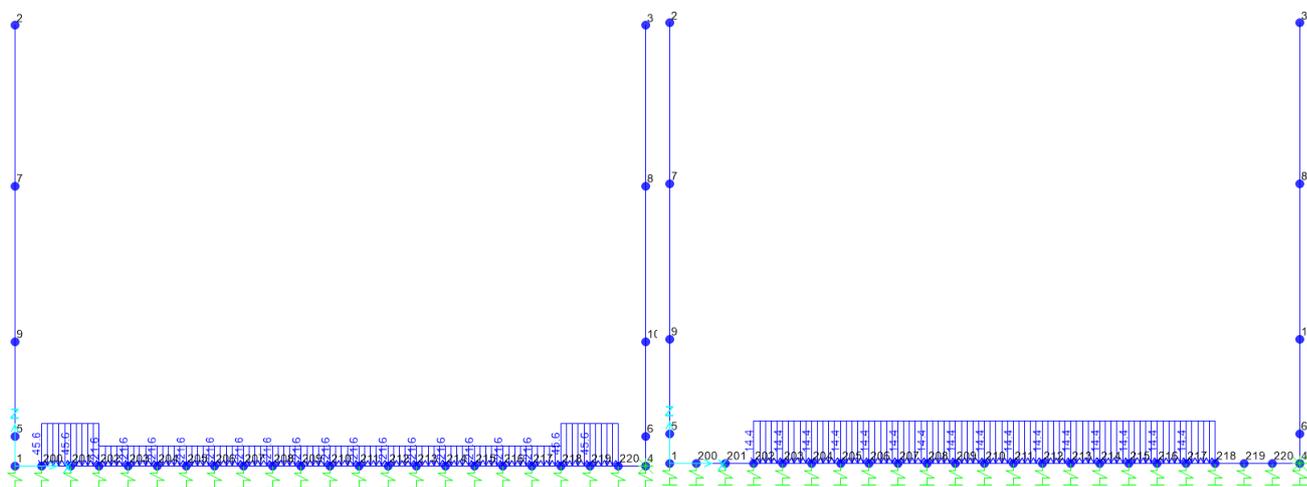
### 8.3 Analisi dei carichi

#### 8.3.1 Peso proprio della struttura

Il peso proprio della struttura è valutato automaticamente dal programma di calcolo attribuendo al c.a. un peso dell'unità di volume di 25 kN/m<sup>3</sup>.

#### 8.3.2 Carichi permanenti portati

<u>Soletta inferiore</u>	- Peso ballast	14.40 kN/m
-	<b>- Totale</b>	<b>14.40 kN/m</b>
-		
-	- Peso pacchetto massetto 90 cm	21.60 kN/m
-	- Peso marciapiedi	24.00 kN/m
		<b>45.60 kN/m</b>



**Fig. 5** – Schema carichi permanenti e ballast su soletta inferiore

#### 8.3.3 Spinta sulle pareti dovuta al terreno ed al sovraccarico permanente

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito  $\varphi = 33^\circ$  ed un peso di volume  $\gamma = 22.0 \text{ kN/m}^3$ , il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidità dello scatolare, utilizzando la formula  $K_0 = 1 - \sin\varphi'$ , per cui si ottiene un valore di  $K_0 = 0.46$ . Le spinte in asse soletta superiore ed asse soletta inferiore valgono:

Profondità [m]	Unità	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Falda m	$\sigma_v$ kPa	u kPa	$\sigma'_v$ kPa	$\phi$ °	$k_o$	$\sigma_h = \sigma'_v * k_o$	$\sigma_h = \sigma'_v * k_o + u$ kPa
0.00	RINT	22.00	30.00	0.00	0.00	0.00	33.00	0.455	0.00	0.00
5.10	RINT	22.00	30.00	112.20	0.00	112.20	33.00	0.455	51.09	51.09
10.05	RINT	22.00	30.00	221.10	0.00	221.10	33.00	0.455	100.68	100.68
13.05	RINT	22.00	30.00	287.10	0.00	287.10	33.00	0.455	130.73	130.73
14.00	RINT	22.00	30.00	308.00	0.00	308.00	33.00	0.455	140.25	140.25
14.95	RINT	22.00	30.00	328.90	0.00	328.90	33.00	0.455	149.77	149.77

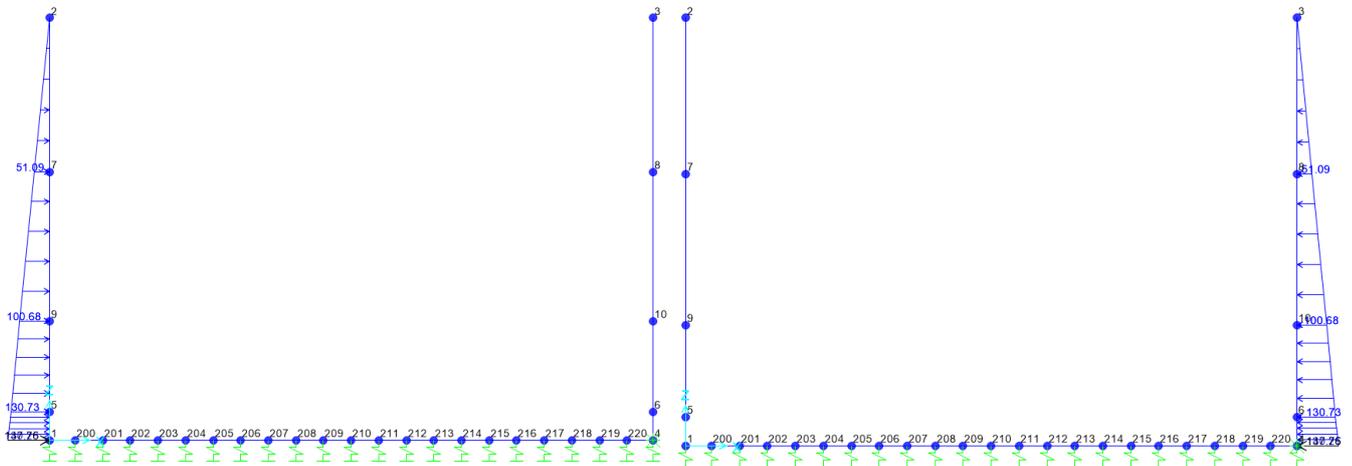


Fig. 6 – Schema spinta terreno su pareti

Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto e soletta inferiore con valore pari a 137.76 kN.

### 8.3.4 Carichi variabili su soletta inferiore

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare è stato considerato il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale.

Il treno di carico LM71, schematizzato di seguito, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

Longitudinalmente i carichi assiali del modello di carico LM71 sono stati distribuiti uniformemente su 6.4 m.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>					
COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A	FOGLIO 28 di 65	

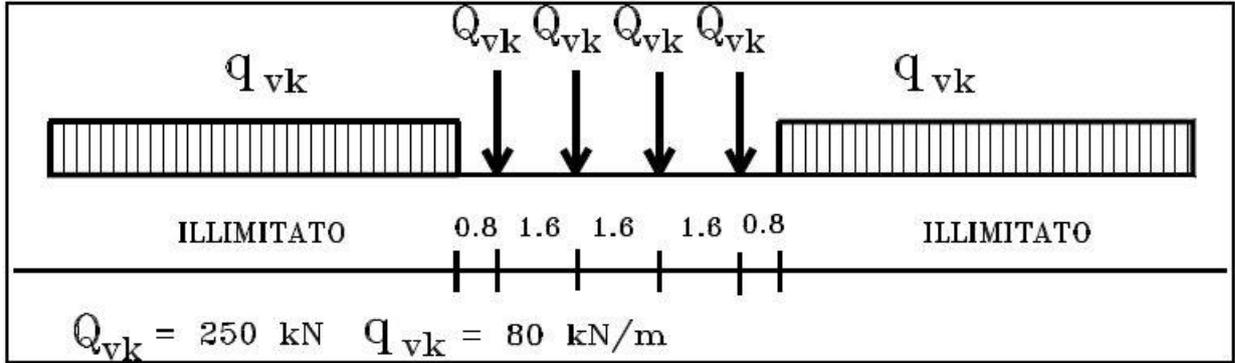


Fig. 7 – Treno di carico LM71

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

modello di carico	coefficiente di adattamento $\alpha$
LM71	1.1

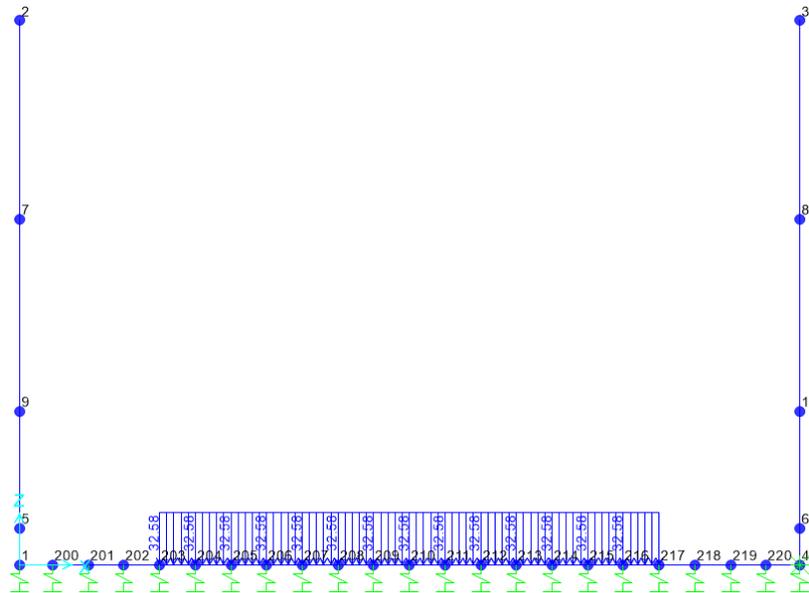
Fig. 8 – Coefficiente di adattamento  $\alpha$

Trasversalmente i carichi sono stati ripartiti secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast, ed secondo una pendenza di 1 a 1 all'interno del calcestruzzo di riempimento e della soletta in c.a.. Pertanto, alla quota del piano medio della soletta inferiore, considerando per la traversa una larghezza di 2.40 m, si ha:

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{rf} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.7 + 1.3/2) \cdot 2 = 5.28 \text{ m}$$

I carichi utilizzati sono riepilogati nella Tabella seguente:

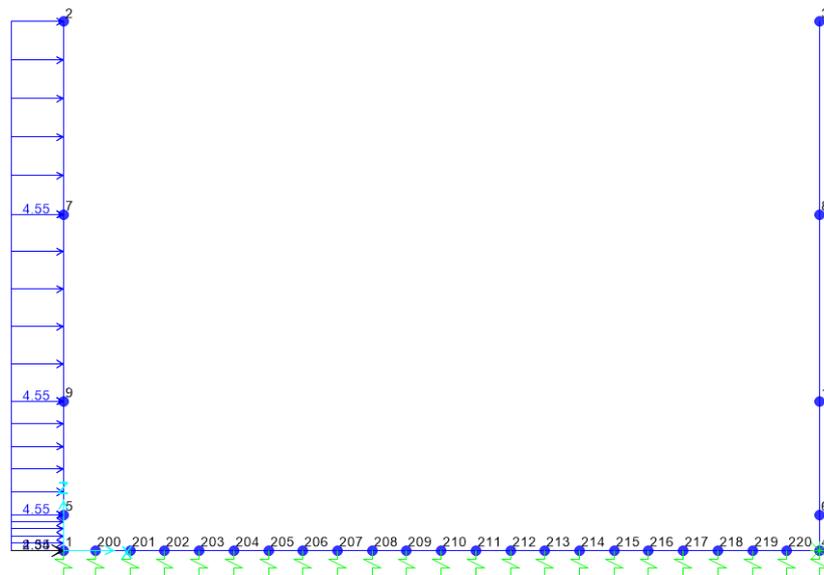
Carico variabile verticale agente alla quota del piano medio della soletta inferiore agente su $L_d$	
LM71	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 / 6.4 / L_d = 32.58 \text{ kN/m}^2$



**Fig. 9** – Schema tipo carico accidentale soletta inferiore

### 8.3.5 Spinta del sovraccarico accidentale $q_1=10 \text{ kN/m}$

Per il calcolo della spinta dovuta al sovraccarico accidentale si considera un carico uniformemente distribuito a tergo dell'opera pari a  $10.0 \text{ kN/m}^2$ .



**Fig. 10** – Schema tipo spinta carico accidentale su parete sinistra

Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta inferiore con valore pari a  $4.3225 \text{ kN}$ .

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>					
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	30 di 65	

### 8.3.6 Azione sismica inerziale

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

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h * W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v * W$

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

$$k_v = \pm 0.5 * k_h$$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 17/01/2018 viene assegnata all'opera una vita nominale  $V_N \geq 75$  anni ed una classe d'uso  $C_u = III$ ; segue un periodo di riferimento  $V_R = V_N * C_u = 112.5$  anni

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari a  $a_g = 0.121$  g.

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

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

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

$S_s = 1.200$       Coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T = 1$       Coefficiente di amplificazione topografica

ne deriva che:

$$a_{max} = 1.200 * 1 * 0.121 \text{ g} = 0.145 \text{ g}$$

$$k_h = a_{max}/g = 0.145$$

$$k_v = \pm 0.5 * k_h = 0.073$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>					
COMMESSA <b>IADR</b>	LOTTO <b>00D29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU0400001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>31 di 65</b>	

**Sisma orizzontale**

$$F_{\text{sis}} = a_{\text{max}} * \gamma_r * H_{\text{tot}} * 1\text{m} = 47.76 \text{ kN/m} \quad (\text{carico applicato sulla parete})$$

$$F_{\text{inp}} = \alpha * S_p * \gamma_{\text{cls}} = 6.16 \text{ kN/m} \quad (\text{inerzia piedritti})$$

**Totale = 53.92 kN/m (piederitto sx)**

**Totale = 6.16-4.7 kN/m (piederitto dx)**

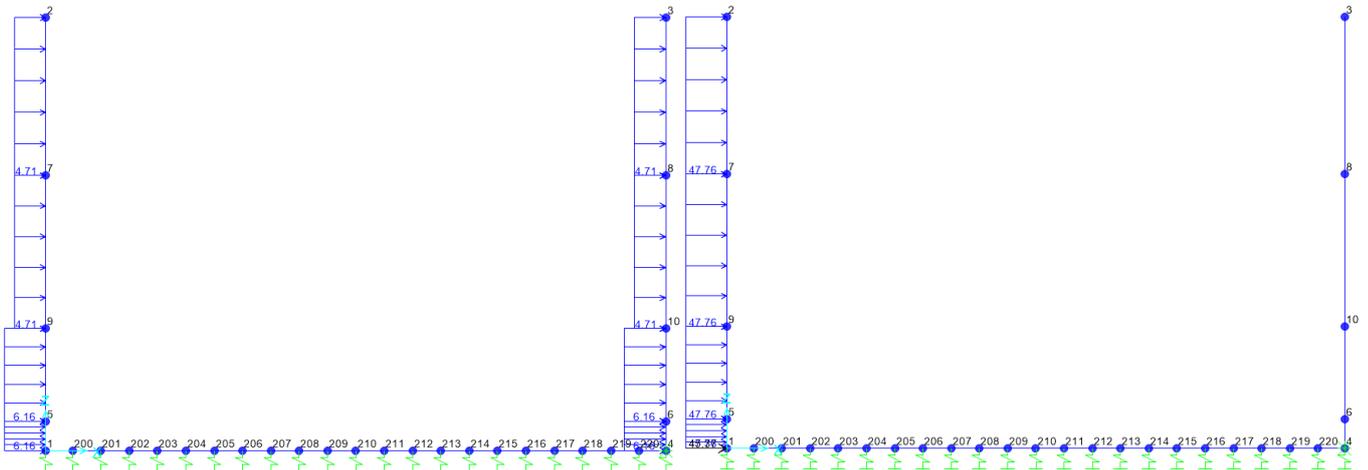
Per tenere in conto dei carichi agenti sul semispessore degli elementi considerati nel modello di calcolo, si applicano delle forze concentrate nei nodi tra piedritto sinistro e soletta inferiore con valore pari a 45.37 kN.

**Sisma verticale (trascurabile)**

$$F_{\text{inp}} = 0.5 * \alpha * S_p * \gamma_{\text{cls}} = 3.08 \text{ kN/m} \quad (\text{inerzia piedritti})$$

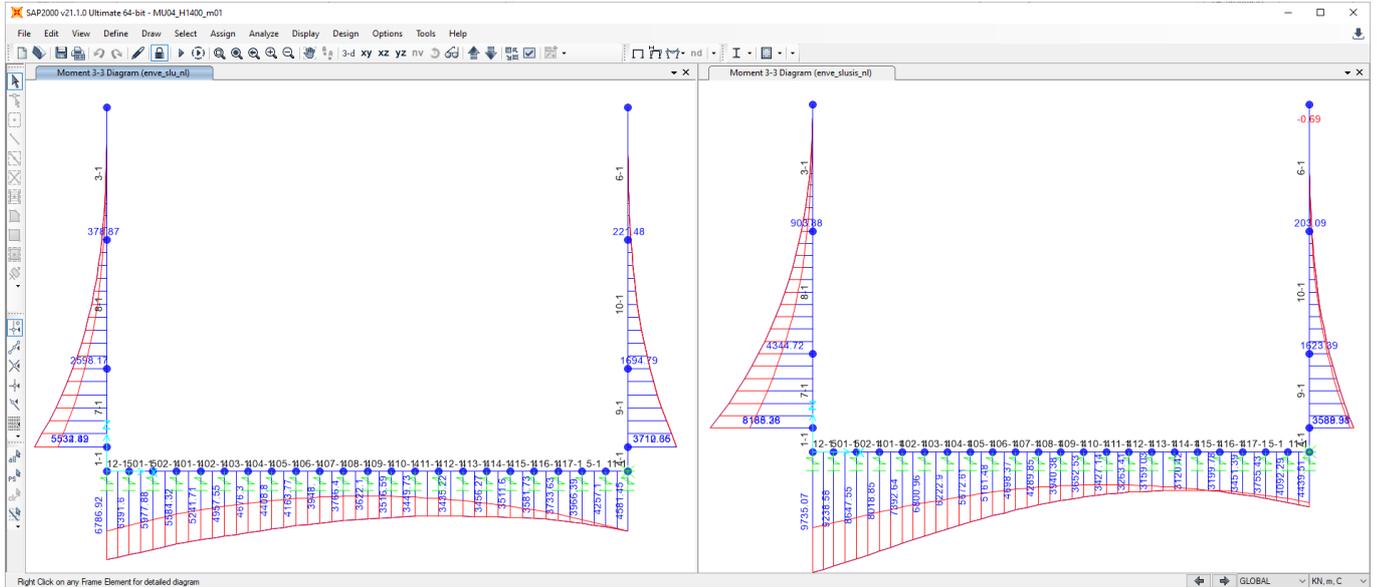
Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

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

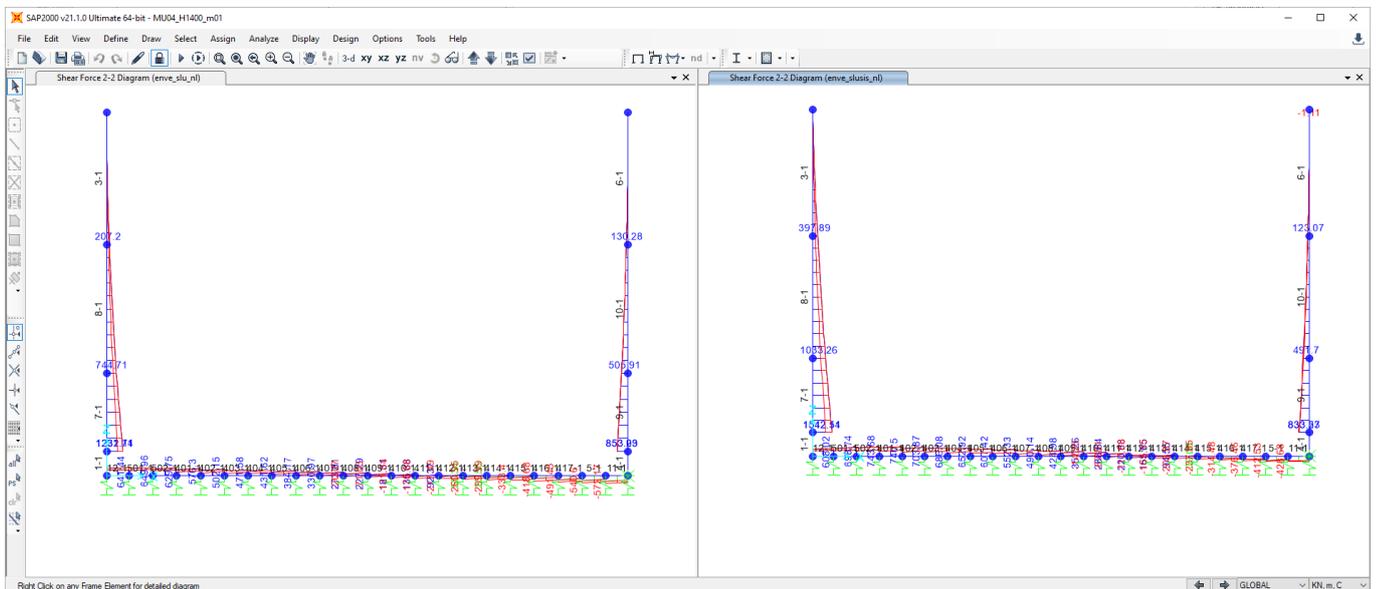


**Fig. 11 – Schema azioni sismiche orizzontali**

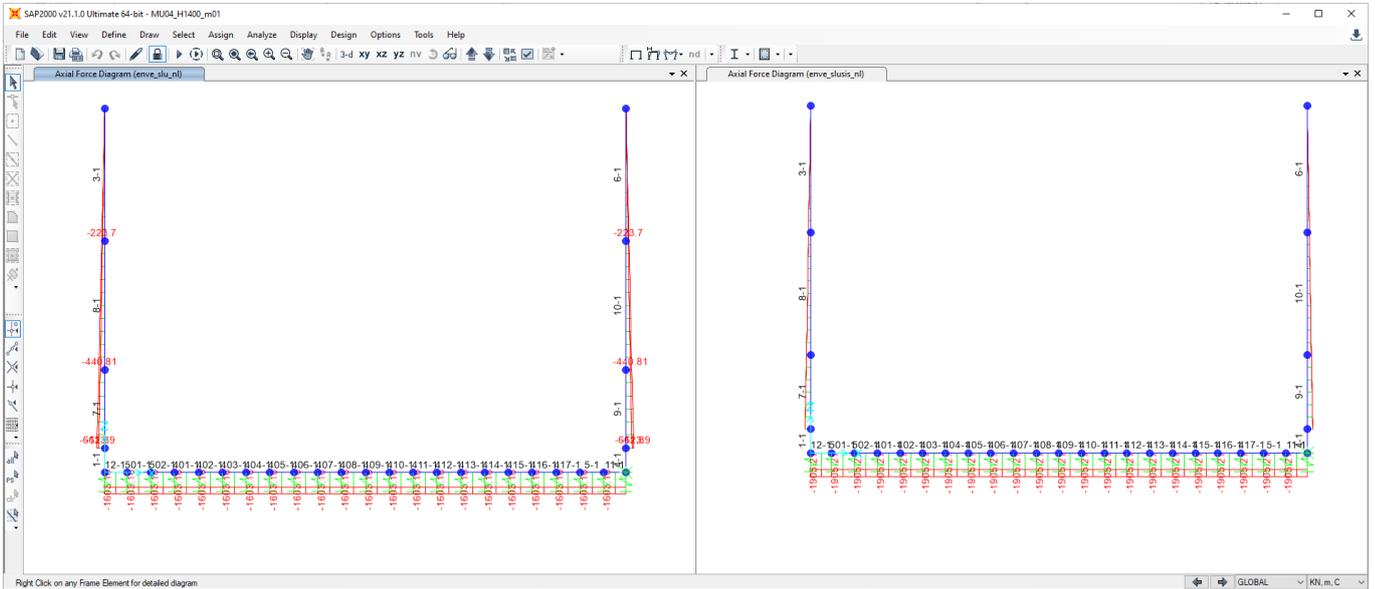
### 8.4 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI



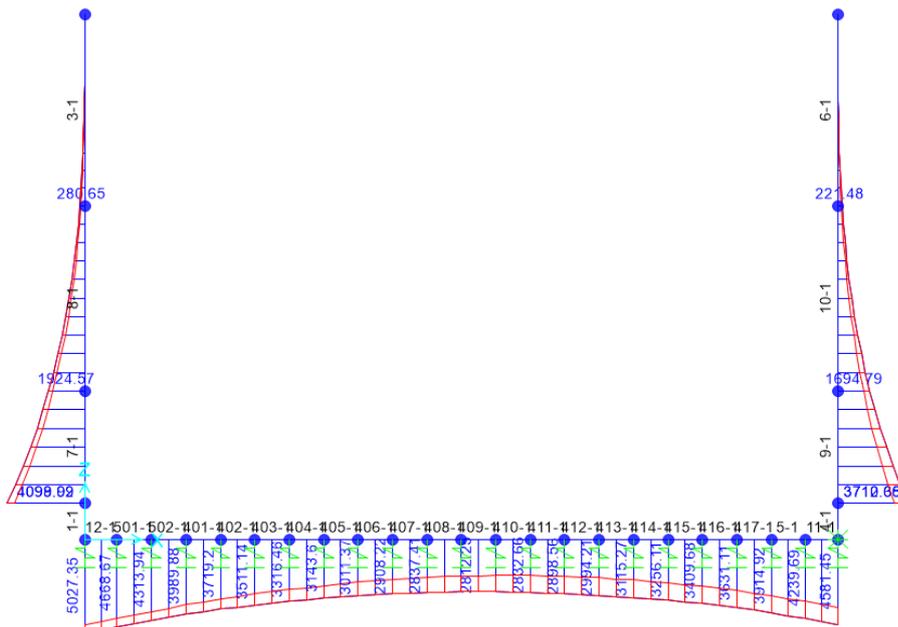
**Fig. 12 – Involuppo momenti flettenti SLU-SLV**



**Fig. 13 – Involuppo sforzi taglianti SLU-SLV**



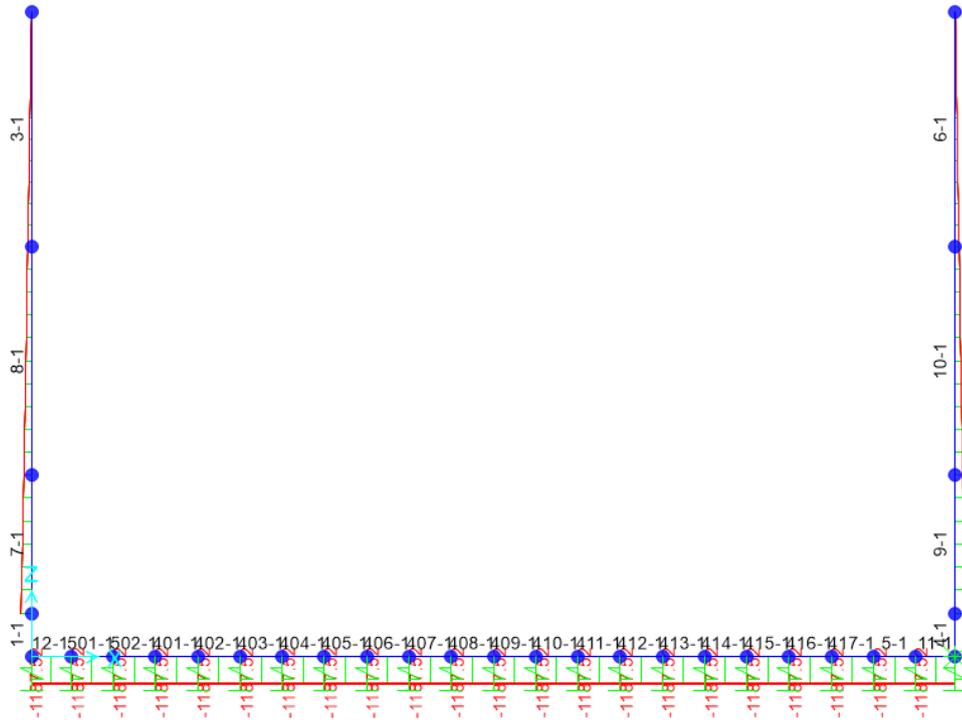
**Fig. 14 – Involuppo azioni assiali SLU-SLV**



**Fig. 15 – Involuppo momenti flettenti SLE rara**

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	34 di 65



**Fig. 16 – Involuppo azioni assiali SLE rara**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## 8.5 VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

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

Per le verifiche in corrispondenza dei nodi si considerano le sollecitazioni a filo elemento rigido. Per ogni elemento si ricerca la sezione di Momento e Taglio massimo; la verifica sarà eseguita con la sollecitazione, in modulo, maggiore.

### 8.5.1 Verifica soletta inferiore

Si riportano di seguito le sollecitazioni di verifica per la soletta di fondazione.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-1905.21	607.14	<b>9238.58</b>	501	0.00	sis3_nl
M3	min		-1355.21	115.90	<b>2676.27</b>	409	0.91	sis2_nl
V2	max		-1905.21	<b>698.74</b>	8638.09	501	0.91	sis1_nl
V2	min		-1355.21	<b>-412.53</b>	3755.43	5	0.00	sis2_nl
P	max		<b>-1355.21</b>	-412.53	3755.43	5	0.00	sis2_nl
P	min		<b>-1905.21</b>	614.04	9235.40	501	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-1603.16	412.28	<b>6391.60</b>	501	0.00	slu4_nl
M3	min		-562.92	-285.11	<b>1176.11</b>	5	0.00	slu1_nl
V2	max		-1603.16	<b>649.96</b>	5718.82	501	0.91	slu2_nl
V2	min		-1119.50	<b>-540.60</b>	3671.74	5	0.00	slu1_nl
P	max		<b>-562.92</b>	-285.11	1176.11	5	0.00	slu1_nl
P	min		<b>-1603.16</b>	550.12	6264.86	501	0.00	slu2_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-1187.52	347.47	<b>4668.67</b>	501	0.00	rar2_nl
M3	min		-1187.52	100.07	<b>2055.61</b>	409	0.91	rar5_nl
V2	max		-1187.52	<b>470.51</b>	4261.32	501	0.91	rar5_nl
V2	min		-1187.52	<b>-432.45</b>	3869.42	5	0.00	rar1_nl
P	max		<b>-1170.52</b>	-399.25	3914.92	5	0.00	rar4_nl
P	min		<b>-1187.52</b>	-432.45	3869.42	5	0.00	rar1_nl

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

La soletta di fondazione è armata con 3 registri  $\phi$  26/10 lato inferiore e 1 registro  $\phi$  26/10 lato superiore. Il baricentro del primo registro è posto ad una distanza pari a  $5.0 + 1.2 + 1.3 = 7.5$  cm.

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

**NOME SEZIONE: Fond-1900\_01**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
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 calcolo fcd:	181.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333457	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson:	0.20	
	Resis. media a trazione fctm:	30.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.0	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	160.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	160.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>	

#### 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	190.0
3	50.0	190.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	37 di 65

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.5	7.5	26
2	-42.5	182.5	26
3	42.5	182.5	26
4	42.5	7.5	26
5	-41.3	14.3	26
6	41.3	14.3	26
7	-41.3	19.9	26
8	41.3	19.9	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	8	26
4	7	8	8	26

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	160316	639160	0	0	0
2	190521	923858	0	0	0

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	118752	466867	0

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

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA <b>IADR</b>	LOTTO <b>00D29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU0400001</b>	REV. <b>A</b>

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	118752	466867 (287661)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	118752	466867 (287661)	0 (0)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.2 cm  
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mx ult Momento flettente ultimo [daNm] intorno all'asse X di riferimento della sezione  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature [cm<sup>2</sup>] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	160316	639160	0	160333	1140313	0	1.769	----
2	S	190521	923858	0	190547	1158894	0	1.250	----

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 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.)

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	39 di 65

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00376	-50.0	190.0	0.00283	-42.5	182.5	-0.01278	-42.5	7.5
2	0.00350	-0.00340	-50.0	190.0	0.00286	-42.5	182.5	-0.01197	-42.5	7.5

**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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000089202	-0.013448323	----	----
2	0.000000000	0.000084757	-0.012603773	----	----

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver                S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max           Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xc max, Yc max   Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min            Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xs min, Ys min   Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.            Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.            Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure  
D barre           Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
Beta12            Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre  $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	80.4	50.0	190.0	-1658	-33.1	7.5	3781	159.3	6.9	1.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	80.4	50.0	190.0	-1658	-33.1	7.5	3781	159.3	6.9	0.50

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]**

Ver.                La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica  
S1                Massima tensione [daN/cm<sup>2</sup>] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata  
S2                Minima tensione [daN/cm<sup>2</sup>] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata  
k2                = 0.4 per barre ad aderenza migliorata  
k3                = 0.125 per flessione e presso-flessione;  $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica  
Ø                 Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff  
Cf                 Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
Psi                =  $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$  [B.6.6 DM96]  
e sm             Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite =  $0.4 \cdot Ss/Es$  è tra parentesi  
srm               Distanza media tra le fessure [mm]  
wk                Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure =  $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$ . Valore limite tra parentesi  
MX fess.        Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]  
MY fess.        Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-48.7	0	0.125	26	62.0	0.810	0.00067 (0.00033)	169	0.193 (0.20)	287661	0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	40 di 65

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	80.4	50.0	190.0	-1658	-33.1	7.5	3781	159.3	6.9	0.50

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]**

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-48.7	0	0.125	26	62.0	0.810	0.00067 (0.00033)	169	0.193 (0.20)	287661	0

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## Verifica a taglio

### Caratteristiche materiali

Cls $R_{ck}$	<input type="text" value="40"/>	
Cls	<input type="text" value="Fessurato (v=0)"/>	condizioni calcestruzzo
Acciaio 1	<input type="text" value="B450"/>	acciaio barre longitudinali
Acciaio 2	<input type="text" value="B450"/>	acciaio armature trasversali
v.	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
v.	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

$b_w$	<input type="text" value="1000"/>	mm	larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	<input type="text" value="1825"/>	mm	altezza utile della sezione
$A_c$	<input type="text" value="1900000"/>	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$	<input type="text" value="10"/>		numero di barre longitudinali
$\varnothing_{bl}$	<input type="text" value="26"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
$n_{bw}$	<input type="text" value="2.5"/>		numero di bracci delle staffe
$\varnothing_{st}$	<input type="text" value="0"/>	mm	diametro delle staffe
$s_{st}$	<input type="text" value="200"/>	mm	passo delle staffe
$\alpha$	<input type="text" value="90"/>	°	inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

$N_{Ed}$	<input type="text" value="1900.00"/>	KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
$V_{Ed}$	<input type="text" value="473.70"/>	KN	taglio di calcolo
$N_{Rd}$	42053.3	KN	sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

$\theta$	<input type="text" value="22.00"/>	°	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg}\theta$	2.48		(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

- Sì  
 No

$\tau$		N/mm <sup>2</sup>	tensione tangenziale corda baricentrica
$\sigma_1$		N/mm <sup>2</sup>	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
$\text{ctg}\theta_1$			valore limite dell'inclinazione delle bielle

### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rd}$	<input type="text" value="894.5"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
$V_{Rd}$	<input type="text" value="0.0"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

### 8.5.2 Verifica piedritti sp. 1.7m

Si riportano di seguito le sollecitazioni di verifica per il piedritto maggiormente sollecitato.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-453.99	1542.14	<b>8185.28</b>	7	0.00	sis1_nl
M3	min		-326.53	664.11	<b>2489.77</b>	7	3.00	sis2_nl
V2	max		-453.99	<b>1542.14</b>	8185.28	7	0.00	sis1_nl
V2	min		-326.53	<b>664.11</b>	2489.77	7	3.00	sis2_nl
P	max		-326.53	1033.26	4344.72	7	3.00	sis1_nl
P	min		<b>-453.99</b>	1059.76	5053.04	7	0.00	sis2_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-612.89	1231.74	<b>5532.42</b>	7	0.00	slu2_nl
M3	min		-440.81	505.91	<b>1694.79</b>	7	3.00	slu1_nl
V2	max		-612.89	<b>1231.74</b>	5532.42	7	0.00	slu5_nl
V2	min		-440.81	<b>505.91</b>	1694.79	7	3.00	slu1_nl
P	max		-326.53	744.71	2598.17	7	3.00	slu3_nl
P	min		<b>-612.89</b>	853.03	3710.65	7	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-453.99	912.40	<b>4098.09</b>	7	0.00	rar5_nl
M3	min		-326.53	540.21	<b>1867.12</b>	7	3.00	rar4_nl
V2	max		-453.99	<b>912.40</b>	4098.09	7	0.00	rar5_nl
V2	min		-326.53	<b>540.21</b>	1867.12	7	3.00	rar4_nl
P	max		-326.53	551.64	1924.57	7	3.00	rar1_nl
P	min		<b>-453.99</b>	912.40	4098.09	7	0.00	rar2_nl

Il piedritto è armato con 3 registro  $\phi$  26/10+1 registro  $\phi$  26/20 lato esterno e 1 registro  $\phi$  26/10 lato interno. Il baricentro del primo registro è posto ad una distanza pari a  $5.0 + 1.2 + 1.2 + 1.3 = 8.7$  cm.

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Elev-1700\_01**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	43 di 65

Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
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 calcolo fcd:	181.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333457	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson:	0.20	
	Resis. media a trazione fctm:	30.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.0	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	160.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	160.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>	

**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	170.0
3	50.0	170.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.3	8.7	26
2	-41.3	161.3	26
3	41.3	161.3	26
4	41.3	8.7	26
5	-41.3	14.3	26
6	41.3	14.3	26
7	-41.3	19.9	26
8	41.3	19.9	26
9	-41.3	25.5	26

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

10                      41.3                      25.5                      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	8	26
4	7	8	8	26
5	9	10	3	26

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                              Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx                              Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
                                     con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My                              Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
                                     con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy                              Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx                              Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	61289	553242	0	0	0
2	45400	818528	0	0	0

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

N                              Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx                              Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
                                     con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My                              Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
                                     con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	45400	409809	0

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

N                              Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx                              Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
                                     con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My                              Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
                                     con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	45400	409809 (229411)	0 (0)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA <b>IADR</b>	LOTTO <b>00D29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU0400001</b>	REV. <b>A</b>

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	45400	409809 (229411)	0 (0)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mx ult Momento flettente ultimo [daNm] intorno all'asse X di riferimento della sezione  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	61289	553242	0	61288	1058968	0	1.906	----
2	S	45400	818528	0	45392	1050617	0	1.282	----

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00295	-50.0	170.0	0.00273	-41.3	161.3	-0.01077	-41.3	8.7
2	0.00350	-0.00313	-50.0	170.0	0.00271	-41.3	161.3	-0.01117	-41.3	8.7

### 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>						
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>		COMMESSA <b>IADR</b>	LOTTO <b>00D29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU0400001</b>	REV. <b>A</b>

x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000088466	-0.011539237	----	----
2	0.000000000	0.000090957	-0.011962626	----	----

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure  
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure  
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1\*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	80.3	-50.0	170.0	-1653	13.8	8.7	4270	185.8	5.6	1.00

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	80.3	-50.0	170.0	-1653	13.8	8.7	4270	185.8	5.6	0.50

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica  
 S1 Massima tensione [daN/cm<sup>2</sup>] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata  
 S2 Minima tensione [daN/cm<sup>2</sup>] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata  
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata  
 k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; = (e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica  
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 Psi = 1-Beta12\*(Ssr/Ss)<sup>2</sup> = 1-Beta12\*(fctm/S2)<sup>2</sup> = 1-Beta12\*(Mfess/M)<sup>2</sup> [B.6.6 DM96]  
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = 0.4\*Ss/Es è tra parentesi  
 srm Distanza media tra le fessure [mm]  
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = 1.7 \* e \* sm \* srm . Valore limite tra parentesi  
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]  
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-53.6	0	0.125	26	74.0	0.843	0.00062 (0.00033)	189	0.199 (0.20)	229411	0

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	80.3	-50.0	170.0	-1653	13.8	8.7	4270	185.8	5.6	0.50

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-53.6	0	0.125	26	74.0	0.843	0.00062 (0.00033)	189	0.199 (0.20)	229411	0

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## Verifica a taglio

### Caratteristiche materiali

Cls $R_{ck}$	<input type="text" value="40"/>	
Cls	<input type="text" value="Fessurato (v=0)"/>	condizioni calcestruzzo
Acciaio 1	<input type="text" value="B450"/>	acciaio barre longitudinali
Acciaio 2	<input type="text" value="B450"/>	acciaio armature trasversali
$\gamma_c$	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
$\gamma_s$	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

$b_w$	<input type="text" value="1000"/>	mm	larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)
$d$	<input type="text" value="1613"/>	mm	altezza utile della sezione
$A_c$	<input type="text" value="1700000"/>	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$	<input type="text" value="10"/>		numero di barre longitudinali
$\varnothing_{bl}$	<input type="text" value="26"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
$n_{bw}$	<input type="text" value="2.5"/>		numero di bracci delle staffe
$\varnothing_{st}$	<input type="text" value="12"/>	mm	diametro delle staffe
$s_{st}$	<input type="text" value="200"/>	mm	passo delle staffe
$\alpha$	<input type="text" value="90"/>	°	inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

$N_{Ed}$	<input type="text" value="454.00"/>	KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
$V_{Ed}$	<input type="text" value="1542.14"/>	KN	taglio di calcolo
$N_{Rd}$	37626.7	KN	sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

$\theta$	<input type="text" value="22.00"/>	°	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$ctg\theta$	2.48		(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

- SI  
 No

$\tau$		N/mm <sup>2</sup>	tensione tangenziale corda baricentrica
$\sigma_1$		N/mm <sup>2</sup>	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
$ctg\theta_1$			valore limite dell'inclinazione delle bielle

### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rd}$	<input type="text" value="645.4"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
$V_{Rd}$	<input type="text" value="1987.7"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

### 8.5.3 Verifica piedritti sp. 1.3m

Si riportano di seguito le sollecitazioni di verifica per il piedritto maggiormente sollecitato.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-326.53	1033.26	<b>4344.72</b>	8	0.00	sis1_nl
M3	min		-165.70	210.56	<b>426.20</b>	8	4.95	sis2_nl
V2	max		-326.53	<b>1033.26</b>	4344.72	8	0.00	sis1_nl
V2	min		-165.70	<b>210.56</b>	426.20	8	4.95	sis2_nl
P	max		<b>-165.70</b>	397.89	903.88	8	4.95	sis1_nl
P	min		<b>-326.53</b>	664.11	2489.77	8	0.00	sis2_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-326.53	744.71	<b>2598.17</b>	8	0.00	slu3_nl
M3	min		-223.70	130.28	<b>221.48</b>	8	4.95	slu1_nl
V2	max		-326.53	<b>744.71</b>	2598.17	8	0.00	slu3_nl
V2	min		-223.70	<b>130.28</b>	221.48	8	4.95	slu1_nl
P	max		<b>-165.70</b>	207.20	378.87	8	4.95	slu3_nl
P	min		<b>-440.81</b>	505.91	1694.79	8	0.00	slu1_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-326.53	551.64	<b>1924.57</b>	8	0.00	rar2_nl
M3	min		-165.70	147.68	<b>265.85</b>	8	4.95	rar4_nl
V2	max		-326.53	<b>551.64</b>	1924.57	8	0.00	rar2_nl
V2	min		-165.70	<b>147.68</b>	265.85	8	4.95	rar4_nl
P	max		<b>-165.70</b>	147.68	265.85	8	4.95	rar4_nl
P	min		<b>-326.53</b>	551.64	1924.57	8	0.00	rar1_nl

Il piedritto è armato con 2 registro  $\phi$  26/10 lato esterno e 1 registro  $\phi$  26/10 lato interno. Il baricentro del primo registro è posto ad una distanza pari a  $5.0 + 1.2 + 1.2 + 1.3 = 8.7$  cm.

#### DATI GENERALI SEZIONE IN C.A. NOME SEZIONE: Elev-1300\_01

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

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 calcolo fcd:	181.30	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333457	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson:	0.20	
	Resis. media a trazione fctm:	30.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.0	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	160.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	160.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	128.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm <sup>2</sup>	

#### 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	130.0
3	50.0	130.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.3	8.7	26
2	-41.3	121.3	26
3	41.3	121.3	26
4	41.3	8.7	26
5	-41.3	14.3	26
6	41.3	14.3	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	50 di 65

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	8	26

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	32653	259817	0	0	0
2	32653	434472	0	0	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	32653	192457	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	32653	192457 (126776)	0 (0)

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

N°Comb.	N	Mx	My
1	32653	192457 (126776)	0 (0)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.0	cm

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] intorno all'asse X di riferimento della sezione
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	32653	259817	0	32650	478101	0	1.836	----
2	S	32653	434472	0	32650	478101	0	1.100	----

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00753	-50.0	130.0	0.00178	41.3	121.3	-0.02052	-41.3	8.7
2	0.00350	-0.00753	-50.0	130.0	0.00178	41.3	121.3	-0.02052	-41.3	8.7

### 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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000197999	-0.022239820	----	----
2	0.000000000	0.000197999	-0.022239820	----	----

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA <b>IADR</b>	LOTTO <b>00D29</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>MU0400001</b>	REV. <b>A</b>

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	67.7	-50.0	130.0	-1644	-13.8	8.7	3224	106.2	5.6	1.00

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	67.7	-50.0	130.0	-1644	-13.8	8.7	3224	106.2	5.6	0.50

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [daN/cm <sup>2</sup> ] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [daN/cm <sup>2</sup> ] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot \text{sm} \cdot \text{srm}$ . Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-45.5	0	0.125	26	74.0	0.783	0.00060 (0.00033)	199	0.200 (0.20)	126776	0

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	67.7	-50.0	130.0	-1644	-13.8	8.7	3224	106.2	5.6	0.50

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-45.5	0	0.125	26	74.0	0.783	0.00060 (0.00033)	199	0.200 (0.20)	126776	0

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## Verifica a taglio

### Caratteristiche materiali

Cls $R_{ck}$	<input type="text" value="40"/>	
Cls	<input type="text" value="Fessurato (v=0)"/>	condizioni calcestruzzo
Acciaio 1	<input type="text" value="B450"/>	acciaio barre longitudinali
Acciaio 2	<input type="text" value="B450"/>	acciaio armature trasversali
v.	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
v.	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

$b_w$	<input type="text" value="1000"/>	mm	larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	<input type="text" value="1213"/>	mm	altezza utile della sezione
$A_c$	<input type="text" value="1300000"/>	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$	<input type="text" value="10"/>		numero di barre longitudinali
$\varnothing_{bl}$	<input type="text" value="26"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
$n_{bw}$	<input type="text" value="2.5"/>		numero di bracci delle staffe
$\varnothing_{st}$	<input type="text" value="12"/>	mm	diametro delle staffe
$s_{st}$	<input type="text" value="200"/>	mm	passo delle staffe
$\alpha$	<input type="text" value="90"/>	°	inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

$N_{Ed}$	<input type="text" value="326.50"/>	KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
$V_{Ed}$	<input type="text" value="1033.26"/>	KN	taglio di calcolo
$N_{Rd}$	28773.3	KN	sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

$\theta$	<input type="text" value="22.00"/>	°	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$ctg\theta$	2.48		(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

- Sì  
 No

$\tau$		N/mm <sup>2</sup>	tensione tangenziale corda baricentrica
$\sigma_1$		N/mm <sup>2</sup>	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
$ctg\theta_1$			valore limite dell'inclinazione delle bielle

### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rd}$	<input type="text" value="545.1"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
$V_{Rd}$	<input type="text" value="1494.8"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

#### 8.5.4 *Tabella riassuntiva armature*

ARMATURA			
soletta inferiore	nodo piedritto	3Ø26/10 inf Ø26/10 sup	
Piedritti 170cm	nodo soletta inf	3Ø26/10 + Ø26/20 ext Ø26/10 int	spille 12Ø12 a mq
Piedritti 130cm	Cambio sezione	2Ø26/10 ext Ø26/10 int	spille 12Ø12 a mq

## 8.6 VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONI

### 8.6.1 SLU

Fondazioni Dirette  
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

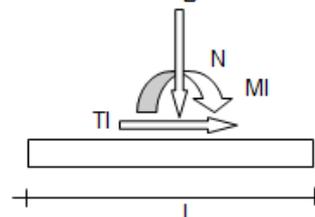
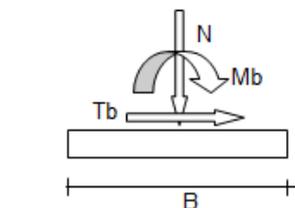
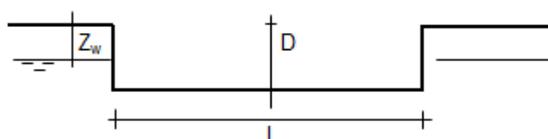
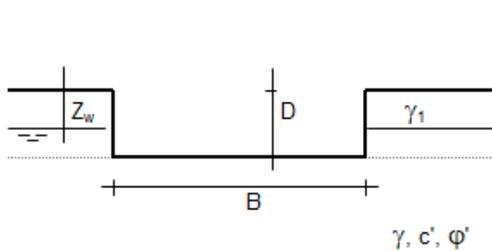
$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = Ml/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo	coefficienti parziali							
	azioni		proprietà del terreno		resistenze		scorr	
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$			
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	

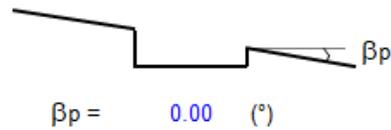
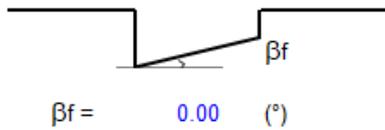


**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	56 di 65

(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 21.60 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 15.70 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	4183.19		4183.19
Mb [kNm]	1526.56		1526.56
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	137.76		137.76
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	137.76	0.00	137.76

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 22.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 22.00$  (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 40.00$  (kN/mq)  
 $\phi' = 43.00$  (°)

*Valori di progetto*

$c' = 40.00$  (kN/mq)  
 $\phi' = 43.00$  (°)

*Profondità della falda*

$Z_w = 30.00$  (m)

$e_B = 0.36$  (m)  
 $e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 20.87$  (m)  
 $L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 345.40$  (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 18.62$  (kN/mc)

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	57 di 65

**Nc, Nq, Nγ : coefficienti di capacità portante**

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$Nq = 99.01$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 105.11$$

$$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N\gamma = 186.53$$

**s<sub>c</sub>, s<sub>q</sub>, s<sub>γ</sub> : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.05$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.04$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.98$$

**i<sub>c</sub>, i<sub>q</sub>, i<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.95 \quad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.05 \quad m = 1.95 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^m$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m<sub>b</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>l</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

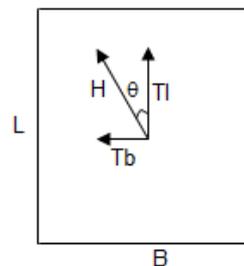
$$i_q = 0.95$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.95$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.92$$



**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	58 di 65

**$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.28$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$d_c = 1.29$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\phi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	59 di 65

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 50409.86 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 200.44 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 21917.33 \geq q = 200.44 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 137.76 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 4735.70 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 4305.18 \geq H_d = 137.76 \quad (\text{kN})$$

### 8.6.2 SLV

Fondazioni Dirette  
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = Ml/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

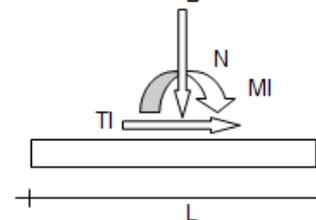
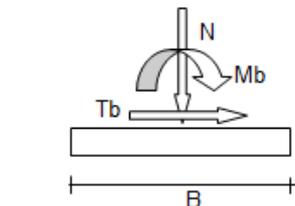
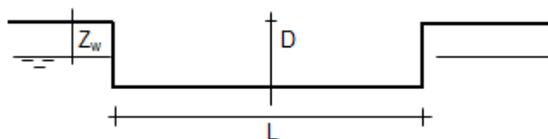
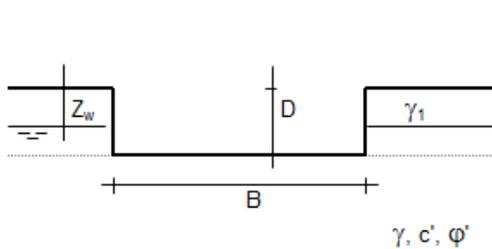
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2 \cdot e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2 \cdot e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$	$q_{lim}$	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10

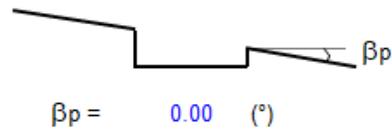
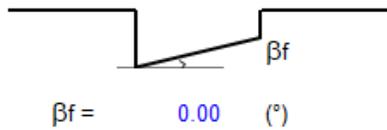


**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	61 di 65

(Per fondazione nastroforme L = 100 m)

B = 21.60 (m)  
L = 1.00 (m)  
D = 15.70 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2977.28		2977.28
Mb [kNm]	3221.64		3221.64
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	394.98		394.98
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	394.98	0.00	394.98

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 22.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 22.00$  (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 40.00$  (kN/mq)  
 $\phi' = 43.00$  (°)

*Valori di progetto*

$c' = 40.00$  (kN/mq)  
 $\phi' = 43.00$  (°)

*Profondità della falda*

$Z_w = 30.00$  (m)

$e_B = 1.08$  (m)  
 $e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 19.44$  (m)  
 $L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

q = 345.40 (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 18.62$  (kN/mc)

Relazione di calcolo muri - MU04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	62 di 65

**Nc, Nq, N<sub>γ</sub> : coefficienti di capacità portante**

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$Nq = 99.01$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 105.11$$

$$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N\gamma = 186.53$$

**s<sub>c</sub>, s<sub>q</sub>, s<sub>γ</sub> : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.05$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.05$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.98$$

**i<sub>c</sub>, i<sub>q</sub>, i<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.95 \quad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.05 \quad m = 1.95 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^m$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m<sub>b</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>l</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

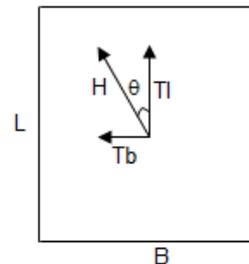
$$i_q = 0.81$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.81$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.72$$



**Relazione di calcolo muri - MU04**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	63 di 65

**$d_c, d_q, d_\gamma$  : fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 / B^*$

per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.28$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$d_c = 1.29$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**$b_c, b_q, b_\gamma$  : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\phi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**$g_c, g_q, g_\gamma$  : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Relazione di calcolo muri - MU04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00D29	CL	MU0400001	A	64 di 65

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 42983.74 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 153.19 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 18688.58 \geq q = 153.19 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 394.98 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 3553.80 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 3230.73 \geq H_d = 394.98 \quad (\text{kN})$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>NODO DI BARI</b> <b>BARI NORD – VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE</b>					
	<b>Relazione di calcolo muri - MU04</b>	COMMESSA IADR	LOTTO 00D29	CODIFICA CL	DOCUMENTO MU0400001	REV. A

## 9 TABELLA INCIDENZA ARMATURE

Per il quantitativo di armatura secondaria si assume il 10% di quella principale; si aggiunge al quantitativo di armatura principale e secondaria un 10% per sovrapposizioni/legature.

<b>INCIDENZA (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	
MU04	<b>150</b>