

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

GALLERIE ARTIFICIALI

GA01 - GALLERIA ARTIFICIALE

Relazione di calcolo - Sezione tipo C

SCALA:

-

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

IADR 00 D 29 CL GA0100 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione PD per AI	M.Botta <i>M. Botta</i>	SETT '23	J. Amato-G. Giustino <i>J. Amato G. Giustino</i>	SETT '23	G. Dimaggio <i>G. Dimaggio</i>	SETT '23	F. ARDUINI 29/09/2023 <i>F. Arduini</i> ITALEFERR S.p.A. Direzione Tecnica Dipartimento Centro Dipartimento Sud Dipartimento Nord Dipartimento Est Dipartimento Ovest Dipartimento Centro-Sud Dipartimento Centro-Nord Dipartimento Centro-Ovest Dipartimento Centro-Est

File: IADR00D29CLGA0100003A

n. Elab.:





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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
 RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	2 di 70

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	INQUADRAMENTO GENERALE .....	6
3	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	9
3.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	9
4	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	11
4.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	11
4.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	11
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	12
5.1	CALCESTRUZZO .....	12
5.2	ACCIAIO .....	12
5.2.1	<i>Acciaio per cemento armato</i> .....	12
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	13
7	GEOMETRIA .....	15
8	INTERAZIONE TERRENO STRUTTURA .....	17
9	ANALISI DEI CARICHI .....	17
9.1	PESO PROPRIO (DEAD) .....	17
9.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI (PERM) .....	17
9.3	SPINTA DEL TERRENO (SPTSX E SPTDX) .....	19
9.4	CARICHI ACCIDENTALI (ACC) .....	21
9.5	SPINTA SUI PIEDRITTI PRODOTTA DAL SOVRACCARICO (SPACCSX) .....	24
9.6	AZIONE SISMICA .....	24
9.6.1	<i>Classificazione sismica</i> .....	24
9.6.2	<i>Forze d'inerzia</i> .....	25
9.6.3	<i>Spinta sismica del terreno (SPSSX)</i> .....	28



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	3 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

9.7	AZIONE TERMICA .....	29
9.8	RITIRO DEL CALCESTRUZZO .....	29
10	COMBINAZIONI DI CARICO .....	30
10.1	INVILUPPO SOLLECITAZIONI .....	33
11	VERIFICHE .....	37
11.1	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....	37
11.2	VERIFICA PIEDRITTI .....	46
11.3	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	54
11.4	VERIFICA SETTI INTERNI.....	63
12	RIEPILOGO INCIDENZE.....	70



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	4 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

## 1 PREMESSA

La linea ferroviaria Foggia – Bari attraversa a raso il territorio comunale di Bari nelle località Palese e Santo Spirito. La direttrice adriatica determina quindi una interruzione del tessuto urbano, con presenza di numerosi passaggi a livello, apportando pesanti ripercussioni sulla mobilità e sulla sicurezza degli abitanti.

Il progetto definitivo del “Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese” è parte di un più vasto complesso progettuale relativo all’evoluzione del Nodo ferroviario di Bari, volto alla razionalizzazione, riorganizzazione e ad un generale miglioramento del trasporto ferroviario, attraverso un organico inserimento delle reti ferroviarie nel territorio urbano della città di Bari e una riqualificazione urbanistica delle aree dismesse.

Nel dicembre 2005 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Puglia, il Comune di Bari e Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. siglarono un “Protocollo d’Intesa per il riassetto del nodo di Bari” finalizzato alla individuazione delle più efficaci soluzioni trasportistiche che rispondessero alle esigenze di riqualificazione urbana e di sviluppo economico del territorio al fine di perseguire i seguenti obiettivi:

- Riduzione delle interferenze tra le linee ferroviarie ed il territorio comunale;
- Realizzazione di un sistema di trasporto integrato, intermodale e intramodale a elevata frequenza;
- Aumento della qualità dei servizi di trasporto offerti con riduzione dei tempi di percorrenza e aumento dei punti di accesso alla modalità ferroviaria;
- Recupero, riqualificazione e valorizzazione delle aree ferroviarie dismesse e da dismettere;
- Abbattimento dei livelli di inquinamento acustico ed atmosferico nelle aree della città di Bari.

A seguito di tale Protocollo e del “Tavolo Tecnico” istituito dalla Regione Puglia, furono sviluppati uno studio di pre-fattibilità e successivamente uno studio di fattibilità.



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	5 di 70

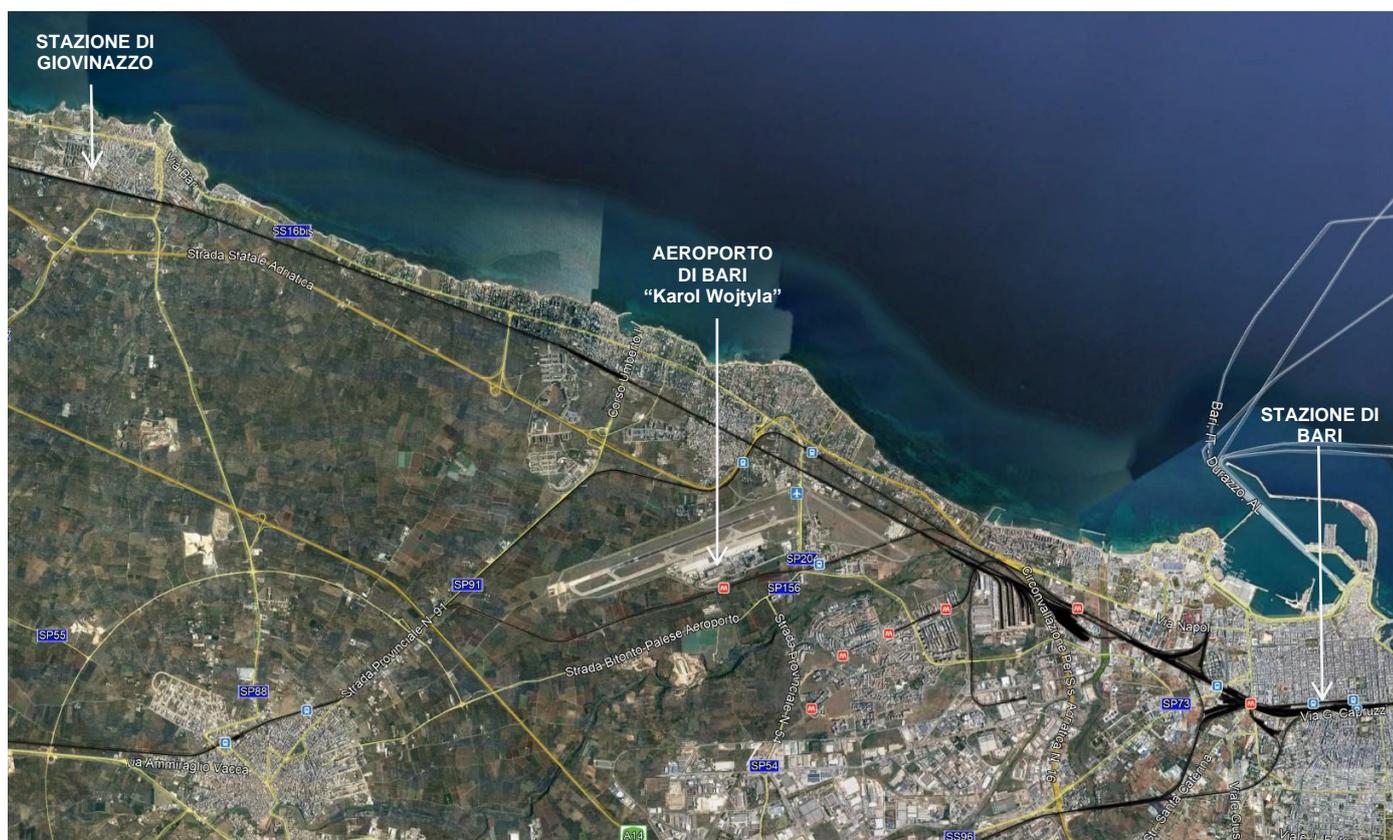
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

Il progetto preliminare del Riassetto del Nodo di Bari sviluppato a seguito delle analisi sullo studio di fattibilità è stato assentito con Conferenza di Servizi Istruttoria indetta dalla Regione Puglia ai sensi dell'art. 14-bis della legge 241/1990 e approvato con verbale di CdS del 25 maggio 2009.

Il presente Progetto Definitivo del “Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese” è stato dunque sviluppato come soluzione di variante al Progetto Preliminare del 2009 oggetto di Parere VIA e sulla base delle prescrizioni e pareri ricevuti in fase di iter autorizzatorio del Progetto Preliminare del 2021.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

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.

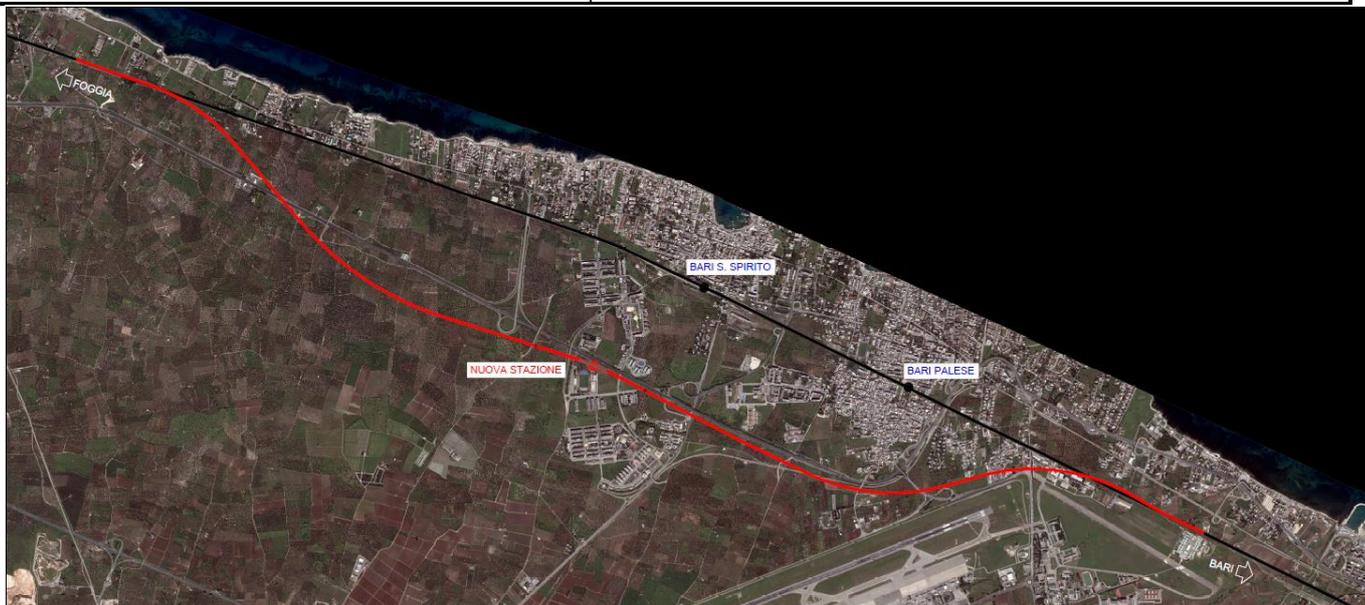


**Figura 2-1 Inquadramento area di intervento**

Il tracciato ferroviario è sviluppato tenendo conto dei seguenti input:

- $V_c = 200 \text{ km/h}$  ( $V_t = 180 \text{ km/h}$ )
- Nuova stazione con marciapiede ad isola da 250m e modulo di precedenza 750

La nuova linea ha origine dopo Giovinazzo, all'incirca al km 632+000 della linea Adriatica, da dove sfiocca verso sud-est e prosegue in corretto tracciato per circa un chilometro mantenendosi pressoché a quota piano campagna.



**Figura 2-2 Tracciato Rosso**

La variante di tracciato si sviluppa quasi nella sua interezza sotto il piano campagna, i primi 1.300 m circa si sviluppano quasi al piano campagna per poi iniziare a perdere quota fino ad entrare in galleria artificiale. L'opera ha uno sviluppo complessivo di circa 3 km e consente il sottoattraversamento della Strada Statale n. 16 e dei successivi assi viari.

Dopo circa 4,8 km il tracciato prosegue a cielo aperto, in trincea profonda, dove viene realizzato il nuovo impianto di stazione di S.Spirito – Enzitetto, costituito da due marciapiedi ad isola da 250m, ai quali si accede attraverso un sistema di scale mobili e ascensori che conducono al fabbricato di stazione posto al piano campagna. L'impianto di stazione garantisce sia per i binari di corsa sia per i binari di precedenza un modulo di 750m.

La trincea è interrotta da una galleria artificiale necessaria a creare aree a verde attrezzate, a servizio della nuova stazione, e a risolvere l'interferenza con via Nicholas Green.

In uscita dall'impianto di stazione il tracciato inizia a salire e prosegue in galleria artificiale verso sud-est parallelamente alla SS16, sotto attraversando la rampa di svincolo della statale e la SP91.



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	8 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

Dopo un tratto allo scoperto, il tracciato entra nuovamente in galleria artificiale al km 6+625, così da consentire in sottoattraversamento di strada di Torre Bregiola e della linea ferroviaria Bari-Bitonto via Palese, gestita dalle Ferrovie del Nord Barese.

Dopo aver sotto-attraversato via Modugno, il tracciato prosegue in direzione est sotto attraversando la Strada provinciale n 201.

Al fine di evitare interferenze con l'aeroporto internazionale di Bari "Karol Wojtyła" il tracciato piega verso nord-est risolvendo l'interferenza della rotatoria di collegamento tra la SP201 e la SP204 in galleria, per proseguire nell'area dell'aeroporto militare Bari Palese.

Superata l'area militare la livelletta inizia a prendere quota uscendo allo scoperto al km 9+780 ca e proseguendo in trincea fino a riallacciarsi sul sedime della linea storica in corrispondenza del km 642+537.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	9 di 70

### 3 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione viene riportato il calcolo della galleria artificiale GA01 sezione C relativa al Progetto Definitivo della linea ferroviaria Bari – Barletta, lungo la tratta ferroviaria Bari Nord Santo Spirito – Bari Palese.



**Figura 3-1: planimetria del tracciato in oggetto - Google Earth.**

#### 3.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La galleria GA01 è realizzata tramite una struttura scatolare in c.a., e ha uno sviluppo complessivo pari rispettivamente a circa 3077 m.

Si individuano 3 sezioni di calcolo tipologiche:



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	10 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

- Sezione A (da pk 1+768 a pk 4+406):
  - o struttura scatolare di luce netta 10.2 m avente fondazione, pareti e soletta di copertura di spessore 120 cm.
  
- Sezione B (da pk 4+406 a pk 4+653):
  - o struttura scatolare di luce netta variabile (da 4.01 a 7.14) avente fondazione di spessore 160 cm, pareti di spessore 180 cm e soletta di copertura alleggerita di altezza 230 cm.
  
- Sezione C (da pk 4+653 a pk 4+850):
  - o struttura scatolare tricellulare di luci nette variabili, avente fondazione, pareti e soletta di copertura di spessore 160 cm e setti interni di spessore 100 cm.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	11 di 70

## 4 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 4.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- [3] RFI DTC SI MA IFS 001 F del 31.12.2023 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- [4] RFI DTC SI CS SP IFS 004 del 2021- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI.
- [5] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [6] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### 4.2 **DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Si faccia riferimento all’elenco elaborati allegato.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	12 di 70

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nel presente capitolo vengono riportate le principali caratteristiche dei materiali utilizzati per la realizzazione delle strutture.

### 5.1 CALCESTRUZZO

- Classe di resistenza C32/40
- Classe minima di consistenza S3, S4
- Classe di esposizione ambientale XC3, XS1
- Copriferro 50 mm
- $R_{ck} = 40$  MPa Resistenza cubica caratteristica a compressione
- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.2$  N/mm<sup>2</sup> Resistenza caratteristica a compressione;
- $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 18.81$  N/mm<sup>2</sup> Resistenza di calcolo a compressione del cls;
- $E_{cm} = 33642.8$  N/mm<sup>2</sup> Modulo elastico del calcestruzzo

### 5.2 ACCIAIO

#### 5.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- acciaio B450C
- tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450$  N/mm<sup>2</sup>
- tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 540$  N/mm<sup>2</sup>
- resistenza di calcolo a trazione  $f_{yd} = 391.30$  N/mm<sup>2</sup>
- modulo elastico  $E_s = 206000$  N/mm<sup>2</sup>

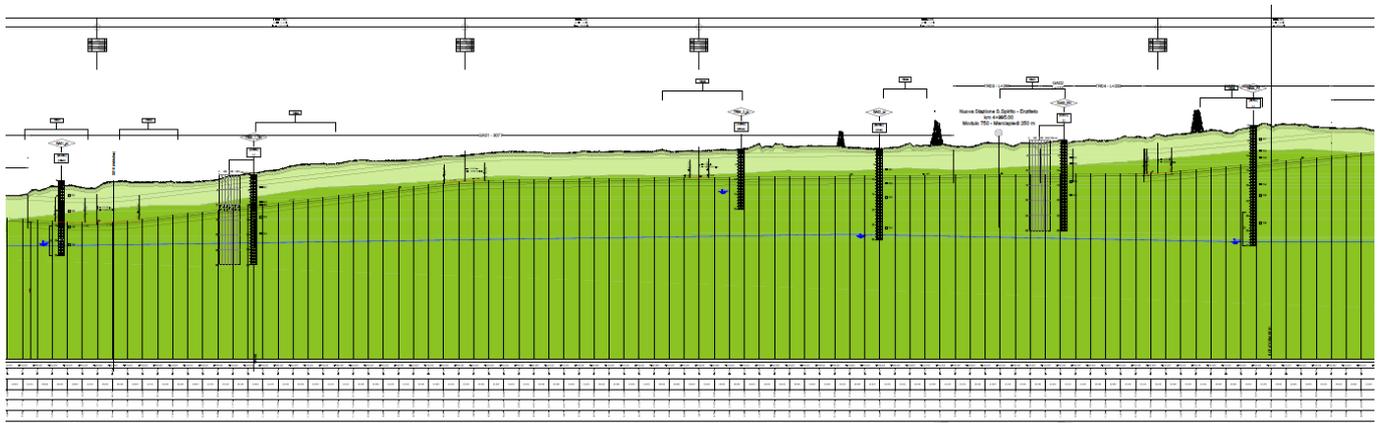
## 6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico, allegati al presente progetto e ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire uno stralcio del citato profilo in cui ricade l'opera qui esaminata e la tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nel calcolo.

Unità Geotecnica	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	GSI	$\sigma_{ci}$	$m_i$	$E_{op}$	$k$
	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)		(MPa)		(MPa)	(m/s)
TC	19.0	28-30	0-5				10	
<b>CAL</b> Calt	20.0	35-37	0-10				50	1E-03 ÷ 1E-05
C1a (da inizio a 5+000 da 8+000 a fine)	24.0	43	40	30	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
C1b (da 5+500 a 8+000)	24.0	41	20	20	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
C2	24.0	43	100	35	70	9	1000	1E-04 ÷ 1E-6

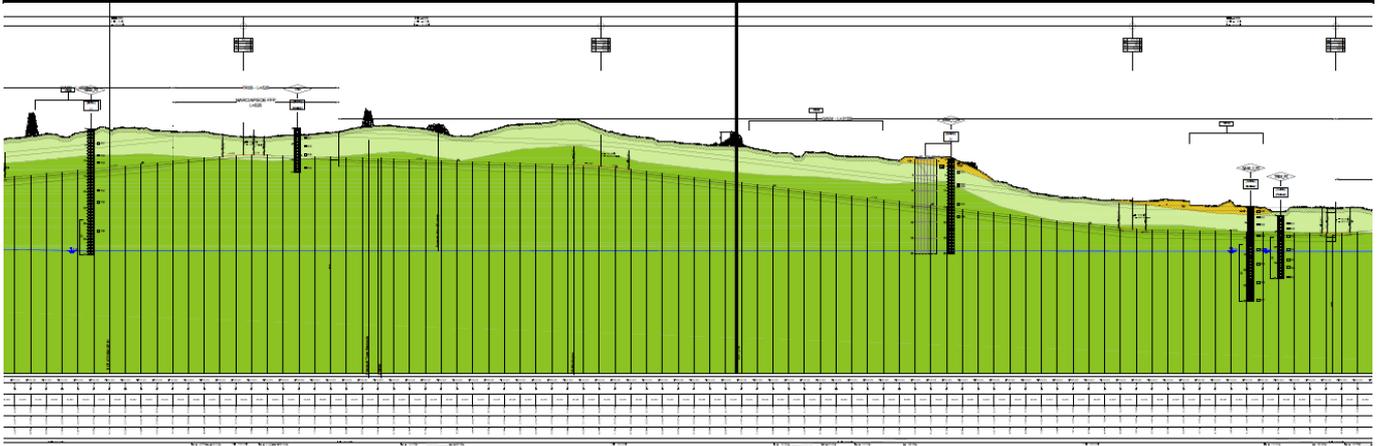
La falda si trova ad una quota di circa 0 m s.l.m. e non interferisce con le opere in progetto.

Il terreno di fondazione di tutte le gallerie è costituito dall'unità C2.



GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	14 di 70



**Figura 6-1: profilo geotecnico**



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	15 di 70

## 7 GEOMETRIA

Le caratteristiche geometriche risultano:

- Spessore medio del ricoprimento	$h_r$	2,5 m
- Larghezza totale dello scatolare	$L_{tot}$	34,36 m
- Larghezza utile dello scatolare	$L_{int}$	31,16 m
- Altezza totale dello scatolare	$H_{tot}$	11,20 m
- Altezza libera dello scatolare	$H_{int}$	8,0 m
- Spessore della soletta	$S_s$	1,60 m
- Spessore piedritti	$S_p$	1,60 m
- Spessore fondazione	$S_f$	1,60 m

Larghezza striscia di calcolo  $b = 1$  m

L'analisi della struttura è stata condotta mediante il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000, prodotto dalla Computer and Structures inc. di Berkeley, California, USA.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	16 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

SEZIONE 95  
PROGRESSIVA 4700.00

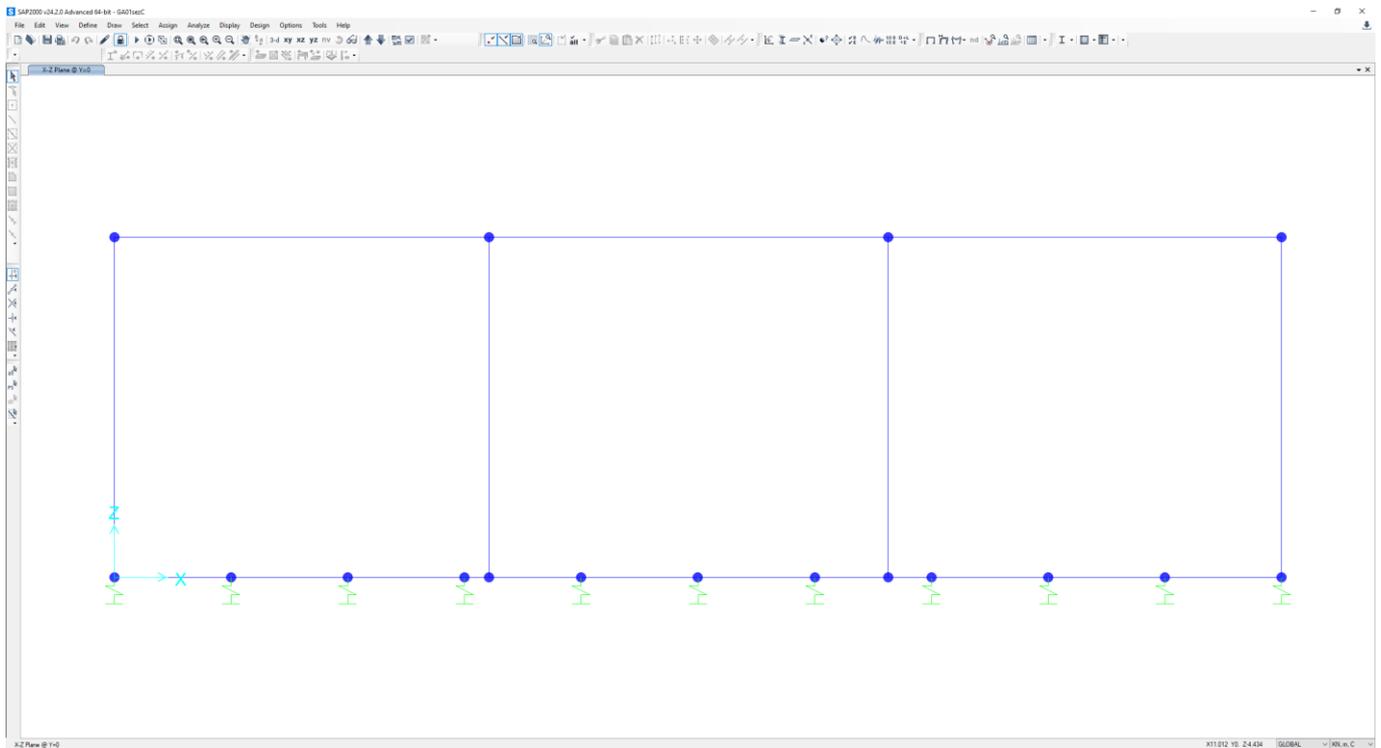
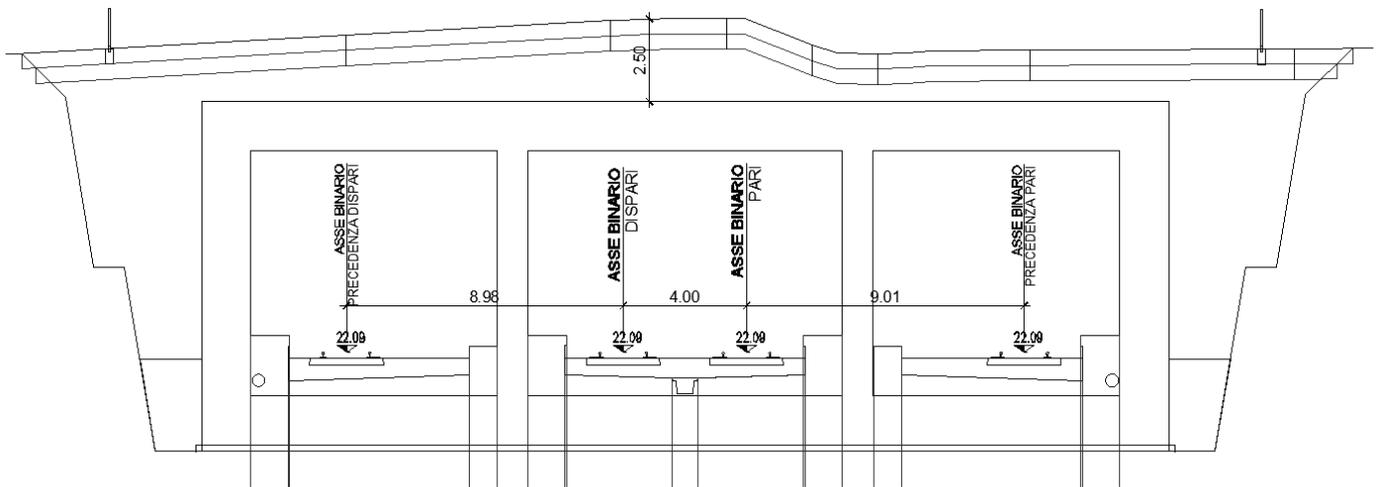


Figura 7-1: modello 2D dello scatolare



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	17 di 70

## 8 INTERAZIONE TERRENO STRUTTURA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle.

Tale valore è stato determinato, a partire dal valore di E dello strato di fondazione, attraverso la Relazione di Vogt:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b_t^2 \cdot b_l}}$$

- $K_s$  = costante di sottofondo [F/L<sup>3</sup>];
- $b_t$  = dimensione trasversale dell'opera;
- $b_l$  = dimensione longitudinale dell'opera;
- E = modulo di Young del terreno.

Di seguito si riportano i valori impiegati nel calcolo:

rigidezza molle

E (kN/m <sup>2</sup> )	1000000	modulo di Young terreno di fondazione
$b_t$ (m)	34.36	dimensione trasversale dell'opera
$b_l$ (m)	1	dimensione longitudinale dell'opera
$k_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	125839	costante di sottofondo (formulazione di Vogt)

## 9 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi riportata di seguito si riferisce alla sezione con luce massima, ricoprimento massimo e carico accidentale sulla soletta superiore dovuto ai mezzi di cantiere.

### 9.1 PESO PROPRIO (DEAD)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso dell'unità di volume del calcestruzzo armato pari a  $\gamma = 25$  kN/m<sup>3</sup>.

### 9.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI (PERM)

Permanenti portati (condizione PERM)\_sol superiore

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

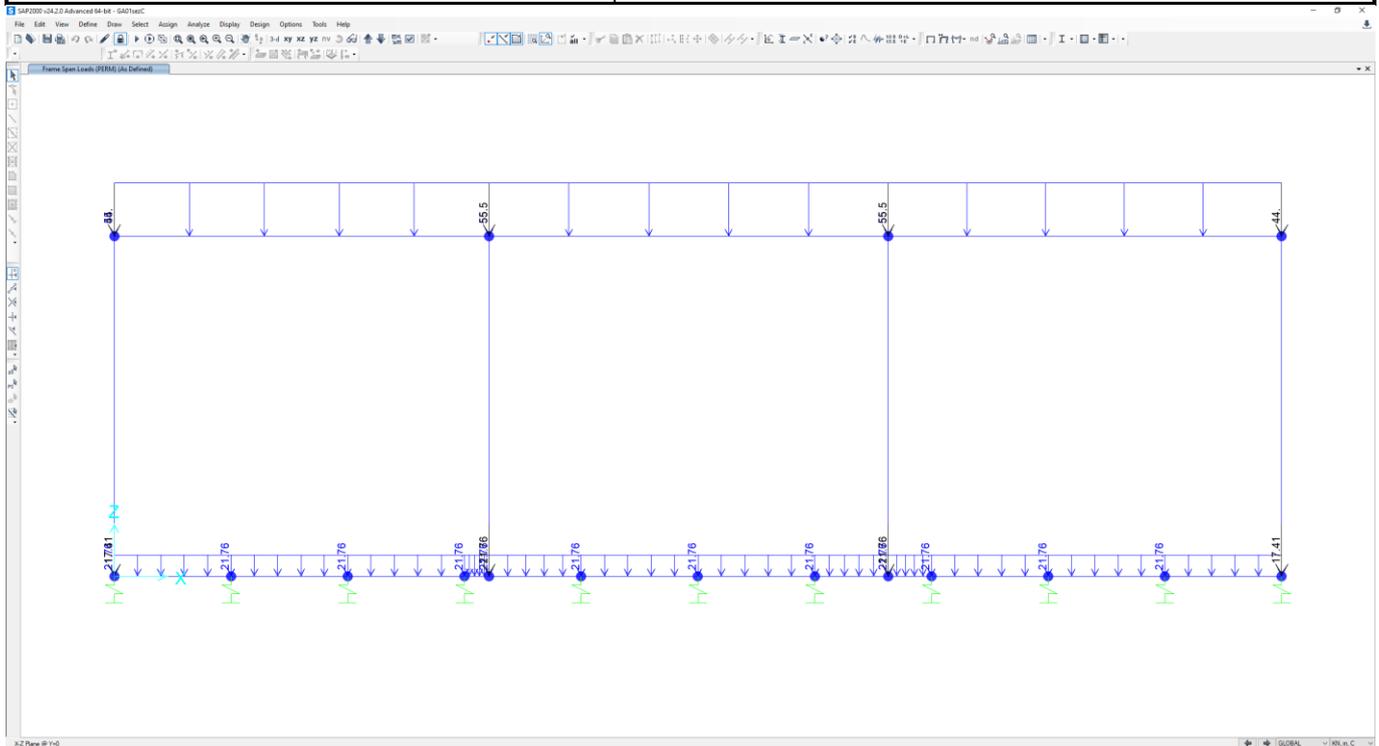
COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	18 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

Peso specifico ballast	$\gamma_b$	<b>0.00</b> kN/m <sup>3</sup>
Altezza ballast	$H_b$	0.80 m
Peso ballast	$P_b$	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Peso specifico rinterro	$\gamma_r$	<b>22.00</b> kN/m <sup>3</sup>
Altezza rinterro	$H_r$	2.50 m
Peso rinterro	$P_r$	55.00 kN/m <sup>2</sup>
Peso specifico massetto di protezione/pendenza	$\gamma_m$	<b>0.00</b> kN/m <sup>3</sup>
Altezza massetto di protezione/pendenza	$H_m$	<b>0.24</b> m
Peso massetto di protezione/pendenza	$P_m$	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Permanente totale	G2p	<b>55.00</b> kN/m <sup>2</sup>
Permanente nodi 1 e 2	G2P	<b>44.00</b> kN/m
Permanente nodi 19 e 21	G2P	<b>27.50</b> kN/m

**Permanenti portati (condizione PERM)\_sol inferiore**

Peso specifico ballast	$\gamma_b$	<b>20.00</b> kN/m <sup>3</sup>
Altezza ballast	$H_b$	0.80 m
Peso ballast	$P_b$	16.00 kN/m <sup>2</sup>
Peso specifico rinterro	$\gamma_r$	<b>22.00</b> kN/m <sup>3</sup>
Altezza rinterro	$H_r$	0.00 m
Peso rinterro	$P_r$	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Peso specifico massetto di protezione/pendenza	$\gamma_m$	<b>24.00</b> kN/m <sup>3</sup>
Altezza massetto di protezione/pendenza	$H_m$	<b>0.24</b> m
Peso massetto di protezione/pendenza	$P_m$	5.76 kN/m <sup>2</sup>
Permanente totale	G2p	<b>21.76</b> kN/m <sup>2</sup>
Permanente nodi 1 e 13	G2P	<b>17.41</b> kN/m
Permanente nodi 18 e 20	G2P	<b>10.88</b> kN/m


**Figura 9-1: carico PERM**

### 9.3 SPINTA DEL TERRENO (SPTSX E SPTDX)

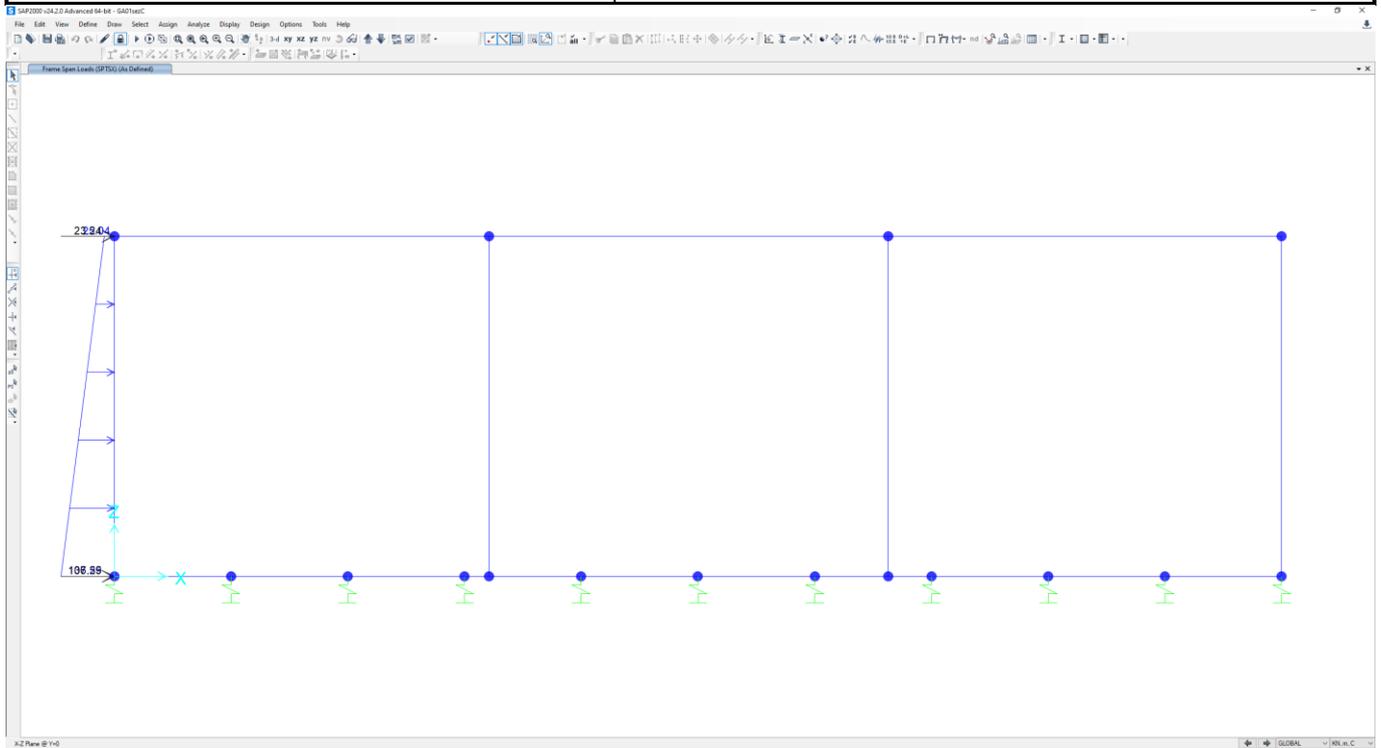
La struttura è stata analizzata nella condizione di spinta a riposo. Il coefficiente di spinta è stato calcolato utilizzando la formula  $K_0 = 1 - \sin\Phi$ , per cui si ottiene il valore  $K_0=0,455$ .

#### Spinta del terreno (condizioni SPTSX e SPTDX)

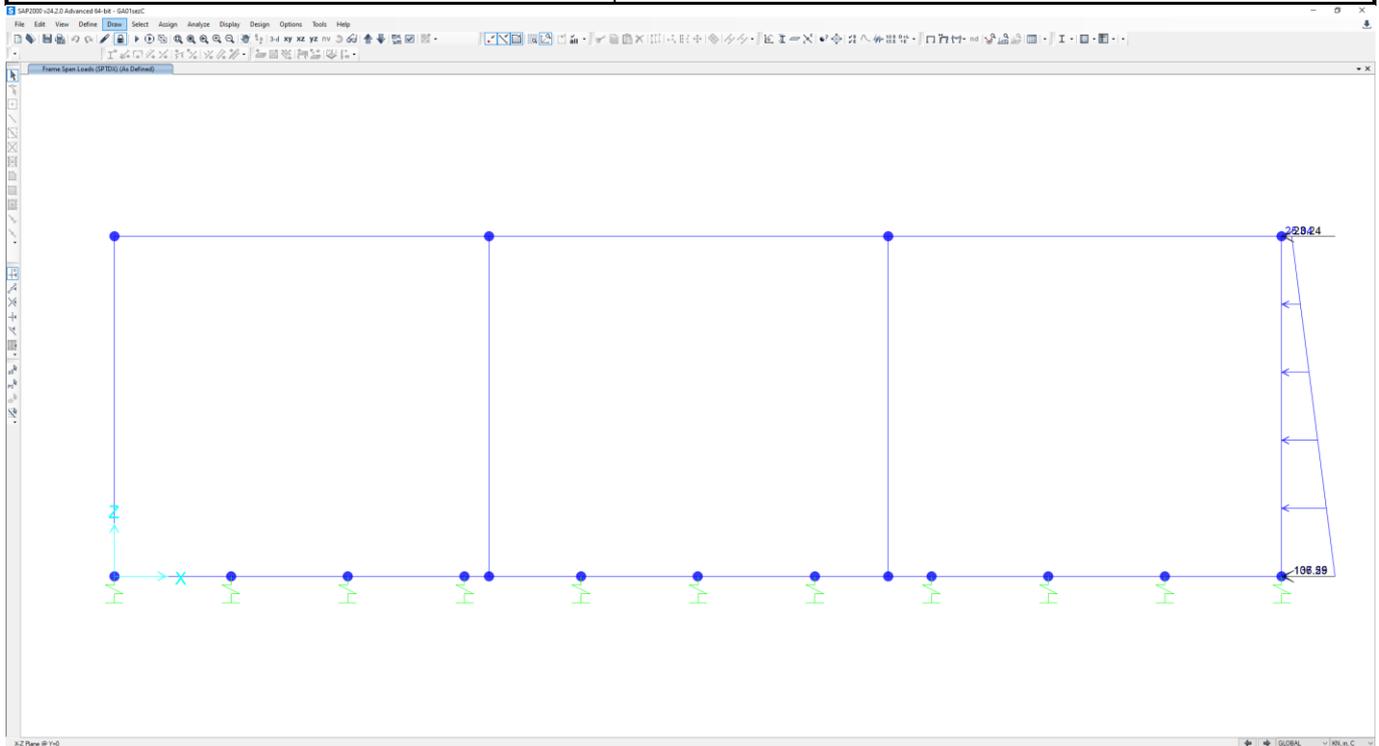
Peso specifico terreno	$\gamma_t$	<b>22.00</b> kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito rinterro	$\phi$	<b>33</b> °
coefficiente di spinta a riposo	$k_0$	0.455
Pressione estradosso soletta superiore	P1	<b>25.04</b> kN/m <sup>2</sup>
Pressione asse soletta superiore	P2	<b>33.06</b> kN/m <sup>2</sup>
Pressione asse soletta inferiore	P3	<b>129.23</b> kN/m <sup>2</sup>
Pressione intradosso soletta inferiore	P4	<b>137.25</b> kN/m <sup>2</sup>
Forza concentrata asse soletta superiore	F1	<b>23.24</b> kN/m
Forza concentrata asse soletta inferiore	F1	<b>106.59</b> kN/m

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	20 di 70



**Figura 9-2: carico SPTSX**



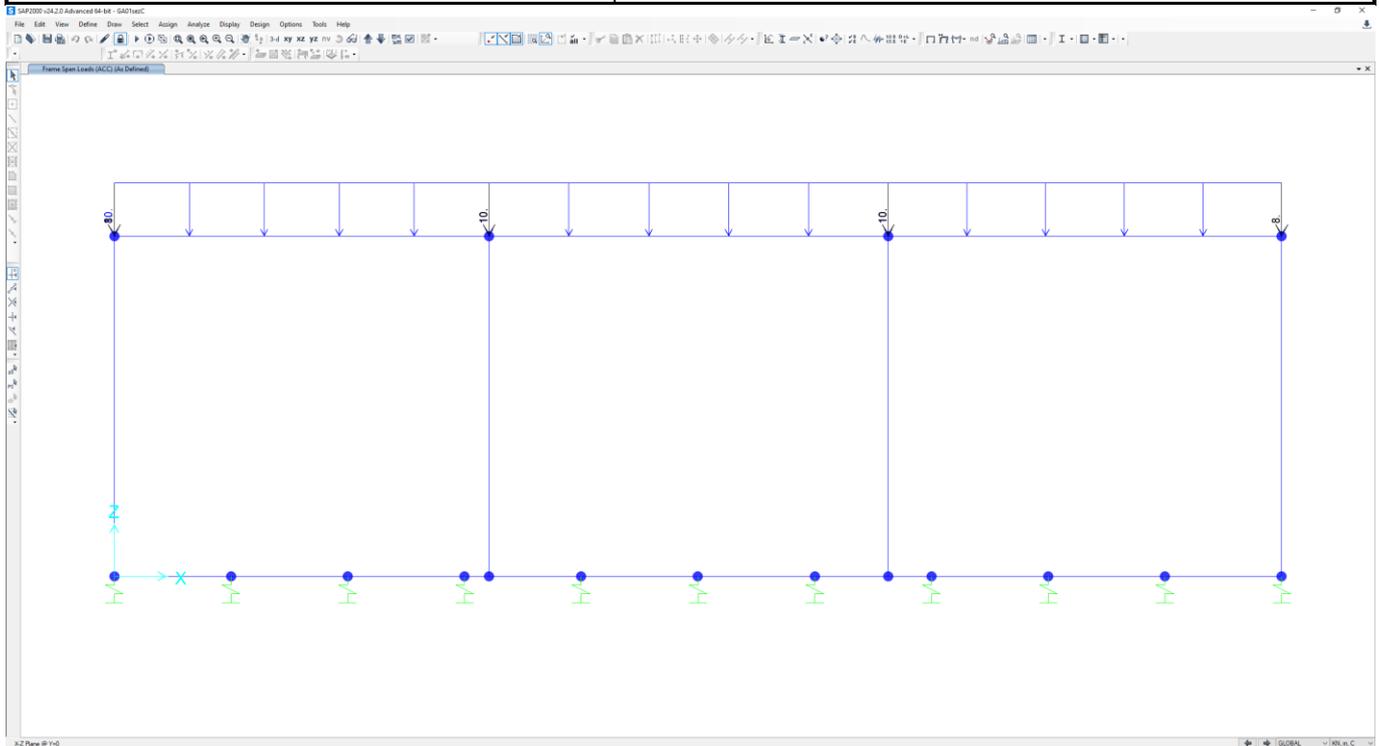
**Figura 9-3: carico SPTDX**

## 9.4 CARICHI ACCIDENTALI (ACC)

Il carico accidentale è sulla soletta superiore è rappresentato dai mezzi di cantiere.

### Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione ACC)\_sol superiore

Carico stradale ripartito verticale	$P_{Q1}$	10.00	$\text{kN/m}^2$
Accidentale nodi 1 e 2	$P_{Q1}$	8.00	$\text{kN/m}$
Accidentale nodi 19 e 21	$P_{Q1}$	5.00	$\text{kN/m}$



**Figura 9-4: carico ACC**

Nella soletta inferiore invece si considera il modello di carico LM71:

**Carichi accidentali, ripartizione carichi verticali (condizione LM71)\_sol inferiore**

Coefficiente di incremento dinamico	$\Phi$	<b>1.11</b>
Coefficiente di adattamento	$\alpha$	<b>1.10</b>
Larghezza di diffusione nel ballast	$L_{db}$	0.2 m
Larghezza di diffusione nel rinterro	$L_{dr}$	0.0 m
Larghezza di diffusione nel cls	$L_{dc}$	1.6 m
Larghezza trasversale di diffusione del carico	$L_{dv}$	4.20 m
Carico distribuito per treno LM71	$q_1$	<b>80 kN/m</b>
Carico concentrato per treno LM71	$Q_1$	<b>250 kN</b>
Num. carichi concentrati	$N_{Q1}$	<b>4</b>
Lunghezza applicazione carichi concentrati	$L_{d,Q1}$	<b>6.40 m</b>
Carico ripartito verticale per LM71	$P_{q1}$	<b>23.26 kN/m<sup>2</sup></b>

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	23 di 70

Carico ripartito verticale per LM71

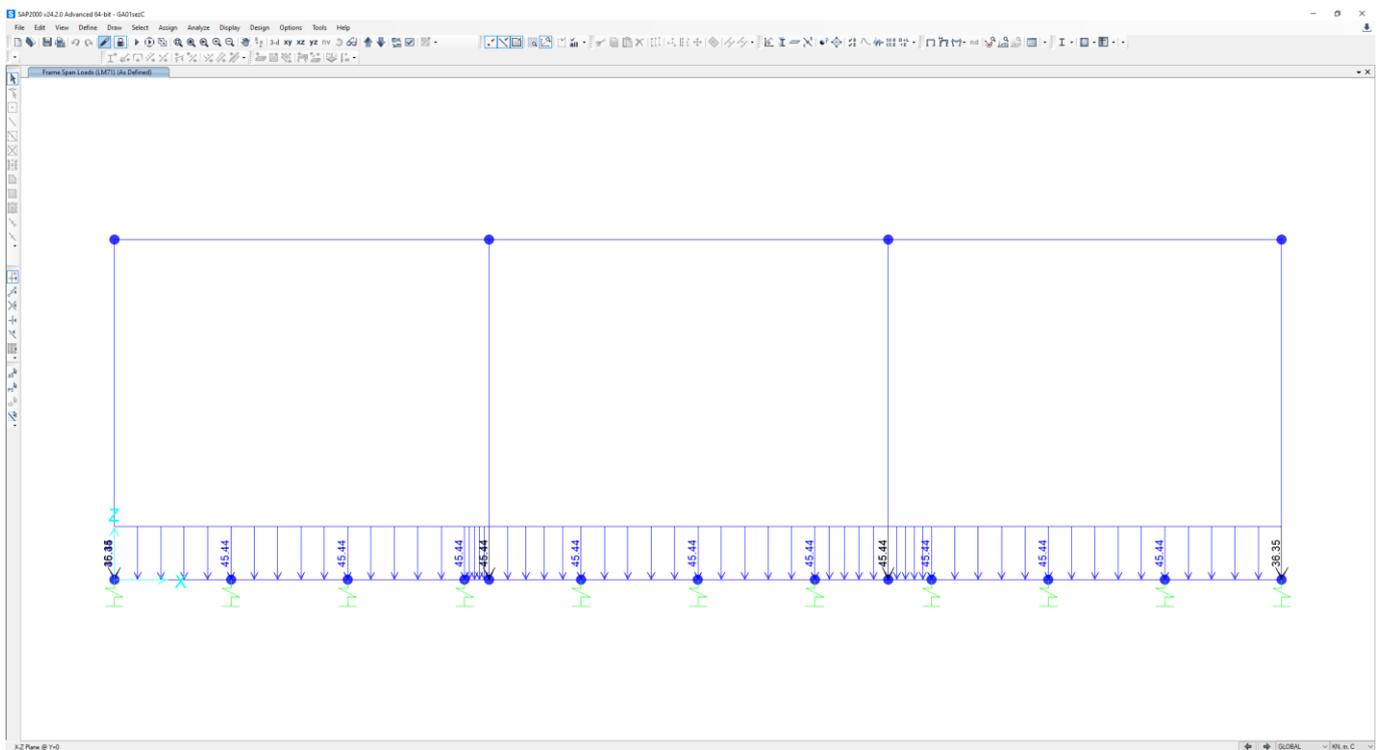
$P_{Q1}$  **45.44** kN/m<sup>2</sup>

Accidentale nodi 3 e 13

$P_{Q1}$  **36.35** kN/m

Accidentale nodi 18 e 20

$P_{Q1}$  **22.72** kN/m



**Figura 9-5: carico LM71**

## 9.5 SPINTA SUI PIEDRITTI PRODotta DAL SOVRACCARICO (SPACCSX)

Si è considerata la sola spinta prodotta dal carico massimo agente sulla soletta superiore, che vale:

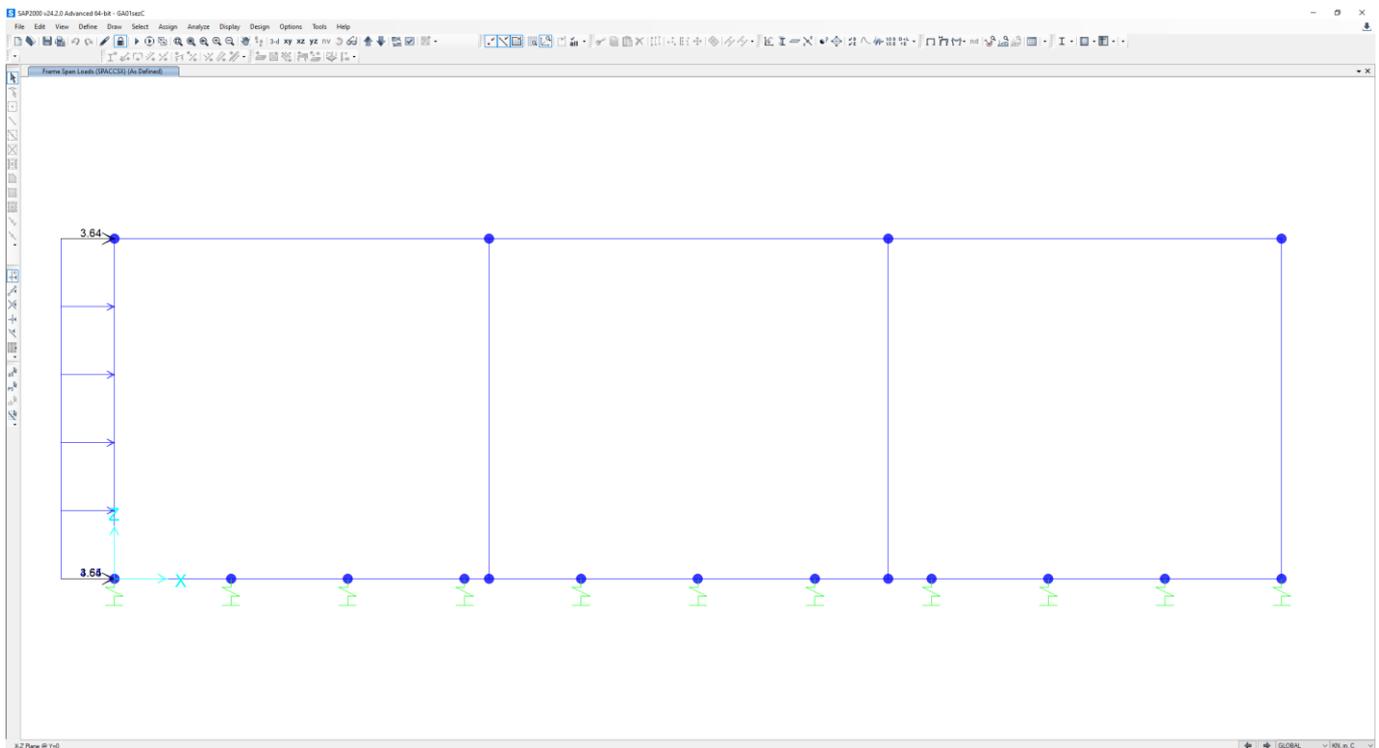


Figura 9-6: carico SPACCSX

## 9.6 AZIONE SISMICA

### 9.6.1 Classificazione sismica

Si considera la categoria di sottosuolo riportata nella Relazione Geotecnica, che, vista l'eterogeneità dei materiali rocciosi lungo il tracciato di interesse è stata assunta lungo tutto il tracciato di interesse come categoria di suolo B.

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, sempre sulla base delle informazioni fornite nella Relazione Geotecnica, il tracciato corre all'interno di un sito sostanzialmente pianeggiante e viene classificato in categoria topografica T1.



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	25 di 70

### 9.6.2 Forze d'inerzia

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato 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  $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

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

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

Ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo le NTC2018 si è assegnata all'opera una vita nominale  $V_N=75$  anni ed una classe d'uso III ( $C_U=1.5$ ), che danno luogo ad un periodo di riferimento  $V_R=V_N \cdot C_U=112.5$  anni.

A seguito di tale assunzione si ha allo stato limite ultimo SLV, in funzione del sito in esame (Longitudine= $16.767927^\circ$ ; Latitudine= $41.144079^\circ$ ), 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:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

$S_S=1,20$  Coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T=1.0$  Coefficiente di amplificazione topografica



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	26 di 70

ne deriva che:

$$a_{\max} = 1,20 \cdot 1 \cdot 0,121g = 0,145g$$

$$k_h = a_{\max}/g = 0,145$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h = 0,073$$

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

G1 + G2

Pertanto avremo che:

SismaH

**Forza di inerzia (condizione sisma H)**

% carico accidentale

20%

Forza orizzontale su soletta di copertura

$F'_h$

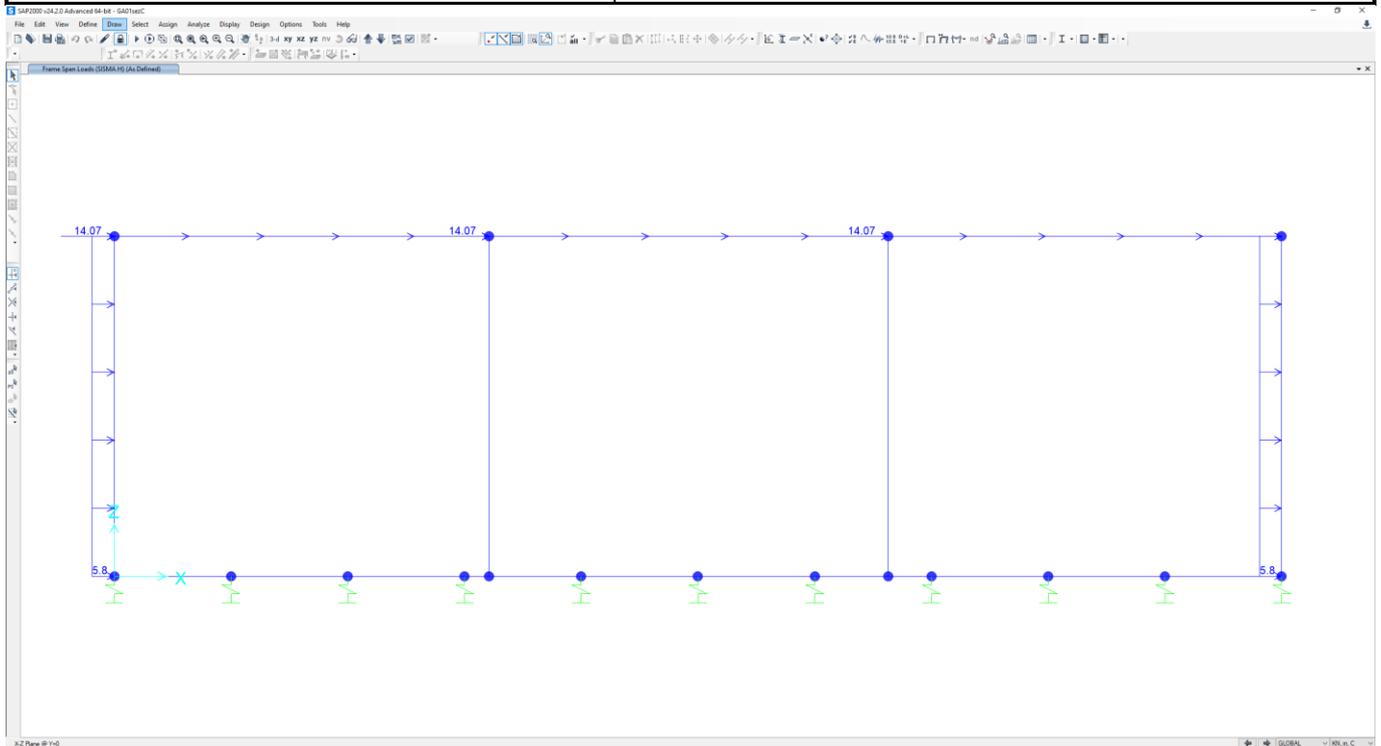
14.07 kN/m<sup>2</sup>

Forza orizzontale sul singolo piedritto

$F''_h$

5.80 kN/m<sup>2</sup>

Dove  $F'_h$  è dato da  $k_h \cdot (\text{peso soletta superiore} + \text{permanente soletta superiore} + 20\% \text{ accidentale su soletta superiore})$ , e  $F''_h$  è dato da  $k_h \cdot (\text{peso piedritto})$ .



**Figura 9-7: carico Sisma H**

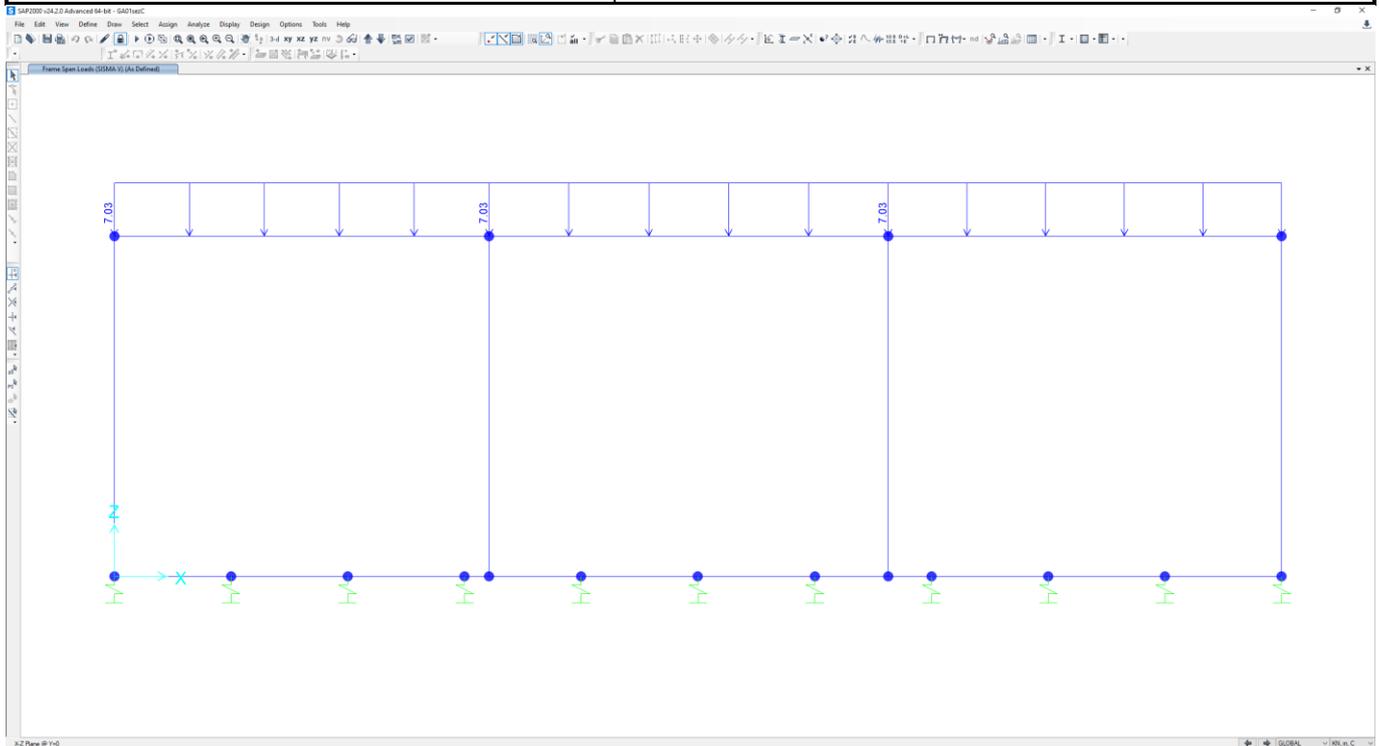
SismaV

**Forza di inerzia (condizione sisma V)**

Forza verticale su soletta di copertura

$$F''_v \quad 7.03 \text{ kN/m}^2$$

Dove  $F''_v$  è dato da  $k_v \cdot (\text{peso soletta superiore} + \text{permanente soletta superiore} + 20\% \text{ accidentale su soletta superiore})$



**Figura 9-8: carico Sisma V**

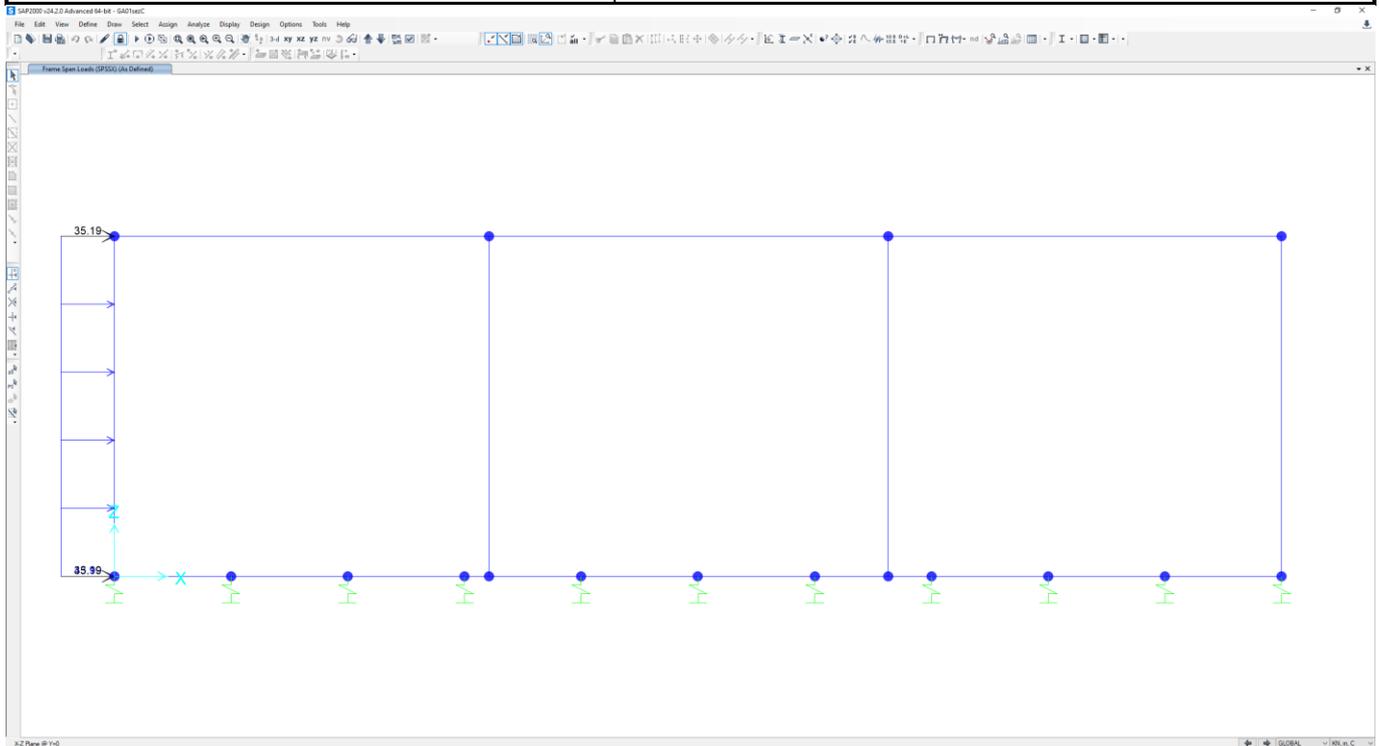
### 9.6.3 Spinta sismica del terreno (SPSSX)

Le spinte delle terre sono state determinate con la teoria di Wood:

#### Spinta sismica terreno - Teoria di WOOD (condizione SPSSX)

Spinta sul singolo piedritto	$Q_w$	43.99 kN/m <sup>2</sup>
Forza su nodo superiore	$Q_{w,sup}$	35.19 kN/m
Forza su nodo inferiore	$Q_{w,inf}$	35.19 kN/m

Dove  $Q_w$  è dato da  $a_{max} \cdot$  (permanente soletta superiore+20% accidentale su soletta superiore+peso specifico rinterro\*altezza totale),  $Q_{w,sup}$  è pari a ( $Q_w \cdot$  metà spessore soletta superiore) e ),  $Q_{w,inf}$  si calcola come ( $Q_w \cdot$  metà spessore soletta inferiore)



**Figura 9-9: carico SPSSX**

## 9.7 AZIONE TERMICA

Alla struttura è stata applicata una variazione termica uniforme  $\Delta T = \pm 10^{\circ}\text{C}$ , come indicato dalla normativa vigente.

## 9.8 RITIRO DEL CALCESTRUZZO

Gli effetti del ritiro sono stati valutati a lungo termine attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\phi(t, t_0)$ . Tali effetti sono stati considerati agenti solo sulla soletta superiore ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	30 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

## 10 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC2018 al par.2.5.3:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Per le verifiche si tiene conto dei coefficienti parziali per le azioni come da tabelle 5.2.V e 5.2.VI del MdP.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

Immagine sostituita

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	31 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

Immagine aggiunta

Di seguito si riportano i carichi elementari.

DEAD	PESO PROPRIO
PERM	CARICHI PERMANENTI
SPTSX/SPTDX	SPINTA DELLE TERRE SU PIEDRITTI
ACC	CARICHI VARIABILI
LM71	CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO
SPACCSX	SPINTA CARICHI VARIABILI SU PIEDRITTI
SISMAH	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI
SISMAV	AZIONI SISMICHE VERTICALI
SPSSX	SOVRASPINTA SISMICA
TEMP+	TEMPERATURA +
TEMP-	TEMPERATURA -



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	32 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

Nella tabella seguente sono indicate le combinazioni in condizioni statiche SLU e SLE e in condizioni sismiche SIS ritenute più gravose, da considerare ai fini delle verifiche strutturali.

	SLU01	SLU02	SLU03	SLU04	SLU05	SLU06	SLU07	SLU08	SLU09
DEAD	1.35	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35
PERM	1.50	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.50
SPTSX	1.35	1.00	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.35	1.00
SPTDX	1.35	1.00	1.35	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.00
ACC	1.45	1.45	0.00	1.45	0.00	1.45	0.00	1.45	1.45
LM71	1.45	1.45	1.16	1.45	1.16	1.45	1.16	0.00	0.00
SPACCSX	1.35	0.00	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	1.35	1.35
TEMP+	0.90	0.00	0.9	0.90	0.00	0.00	0.90	0.00	0.90
TEMP-	0.00	0.90	0.00	0.00	0.9	0.90	0.00	0.90	0.00
Sisma H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPSSX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	SIS01	SIS02	SIS03	SIS04	SIS05	SIS06	SIS07	SIS08
DEAD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PERM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SPTSX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SPTDX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ACC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LM71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPACCSX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TEMP+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TEMP-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma H	1.00	1.00	-1.00	-1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30
Sisma V	0.30	-0.30	0.30	-0.30	1.00	-1.00	1.00	-1.00
SPSSX	1.00	1.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00



GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	34 di 70

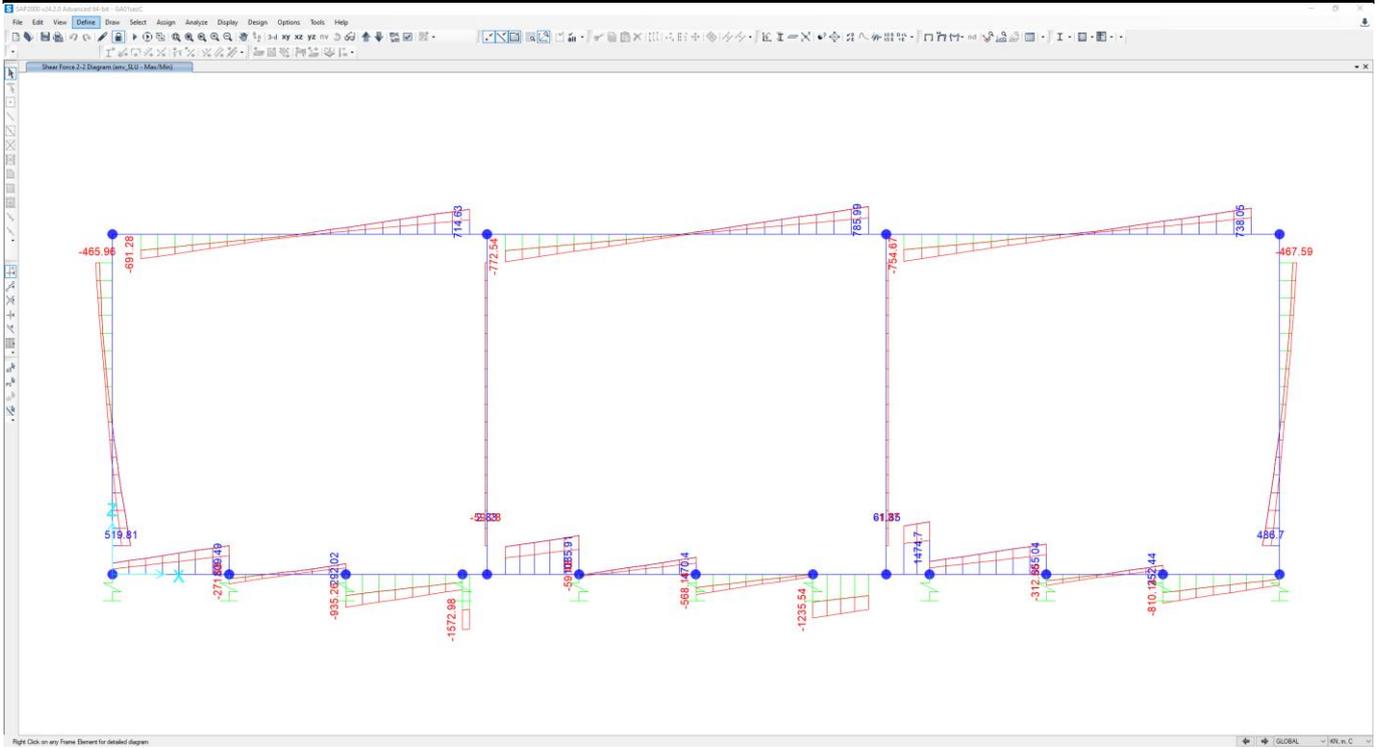
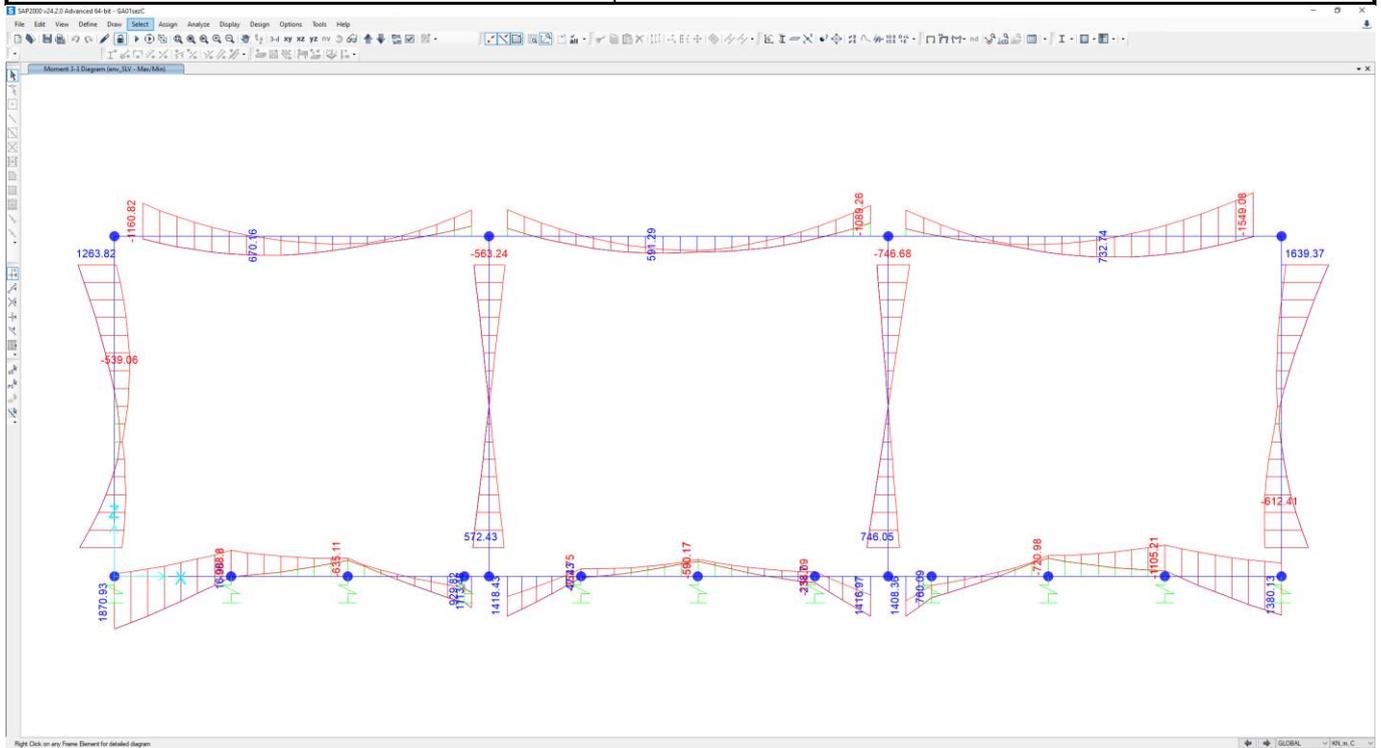


Figura 10-2: involucro taglio SLU

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	35 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C



**Figura 10-3: involuppo momento SIS**

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	36 di 70

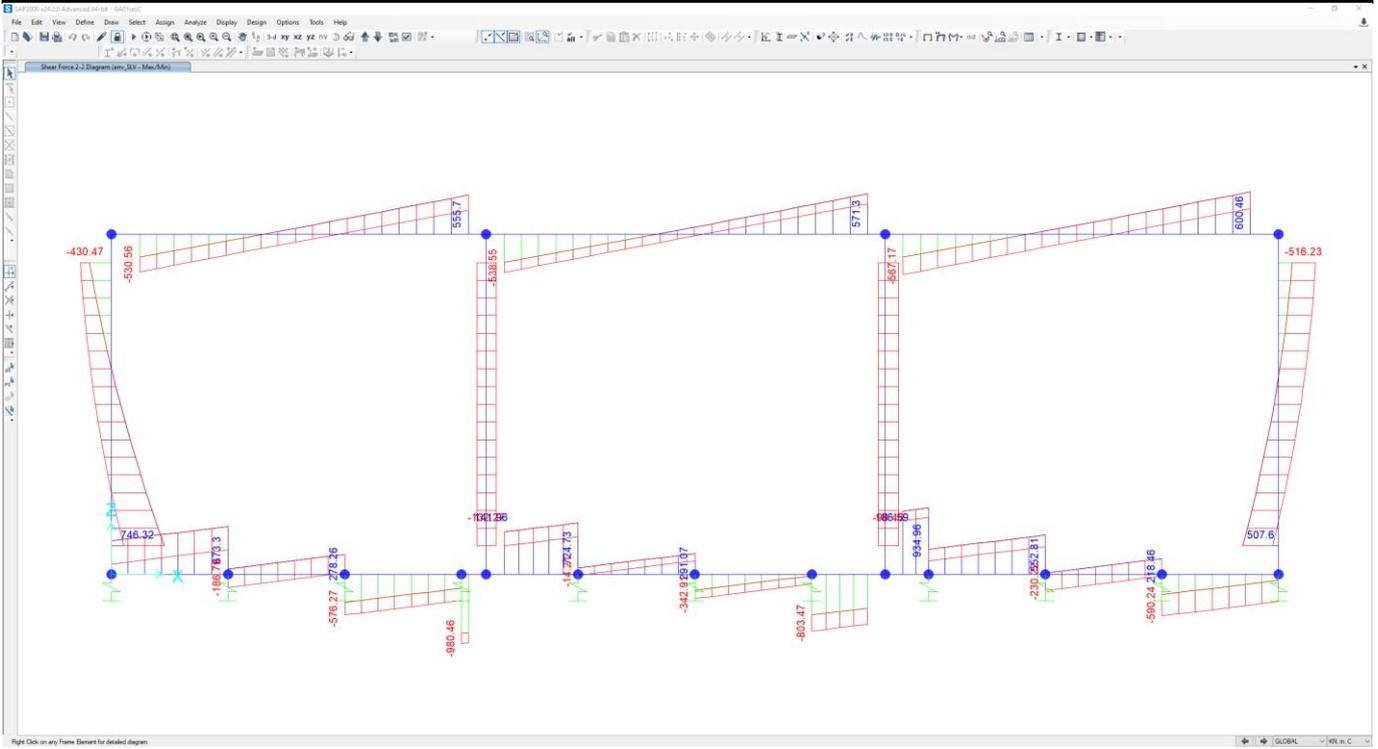


Figura 10-4: involuppo taglio SIS

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	37 di 70

## 11 VERIFICHE

### 11.1 VERIFICA SOLETTA SUPERIORE

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	0.27	0.00	<b>732.74</b>	11	6.34	SIS3
M3	min		600.46	0.00	<b>-1549.08</b>	11	10.24	SIS1
V2	max		600.46	<b>600.46</b>	-1549.08	11	10.24	SIS1
V2	min		-567.17	<b>-567.17</b>	-923.73	11	0.50	SIS3
P	max		<b>-250.87</b>	0.00	7.09	11	10.24	SIS4
P	min		<b>-582.83</b>	0.00	-1089.26	10	10.70	SIS1

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-27.88	0.00	<b>856.88</b>	10	5.36	SLU1
M3	min		785.99	0.00	<b>-1209.75</b>	10	10.70	SLU4
V2	max		785.99	<b>785.99</b>	-1209.75	10	10.70	SLU4
V2	min		-772.54	<b>-772.54</b>	-1144.71	10	0.50	SLU6
P	max		<b>-401.86</b>	0.00	-758.89	9	0.80	SLU7
P	min		<b>-569.63</b>	0.00	-1047.72	10	0.50	SLU1

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-19.38	0.00	<b>601.78</b>	10	5.36	RARA1
M3	min		541.56	0.00	<b>-793.19</b>	10	10.70	RARA1
V2	max		541.56	<b>541.56</b>	-793.19	10	10.70	RARA1
V2	min		-529.32	<b>-529.32</b>	-730.77	10	0.50	RARA1
P	max		<b>-388.14</b>	0.00	-683.31	11	0.50	RARA1
P	min		<b>-415.69</b>	0.00	-730.77	10	0.50	RARA1



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
 RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 IADR 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 38 di 70

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-19.42	0.00	<b>577.75</b>	10	5.36	FREQ1
M3	min	FRE	528.16	0.00	<b>-781.30</b>	10	10.70	FREQ1
V2	max		528.16	<b>528.16</b>	-781.30	10	10.70	FREQ1
V2	min		-517.22	<b>-517.22</b>	-725.52	10	0.50	FREQ1
P	max		<b>-378.73</b>	0.00	-687.31	11	0.50	FREQ1
P	min		<b>-402.30</b>	0.00	-725.52	10	0.50	FREQ1

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-19.80	0.00	<b>527.75</b>	10	5.36	QPERM1
M3	min	QPE	487.71	0.00	<b>-722.26</b>	10	10.70	QPERM1
V2	max		487.71	<b>487.71</b>	-722.26	10	10.70	QPERM1
V2	min		-481.17	<b>-481.17</b>	-688.88	10	0.50	QPERM1
P	max		<b>-358.58</b>	0.00	-577.49	9	0.80	QPERM1
P	min		<b>-378.89</b>	0.00	-688.88	10	0.50	QPERM1

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

As,superiore= 10 ø26

As,inferiore= 10 ø26

Staffe/spille: ø16/20 cm a 2 braccia

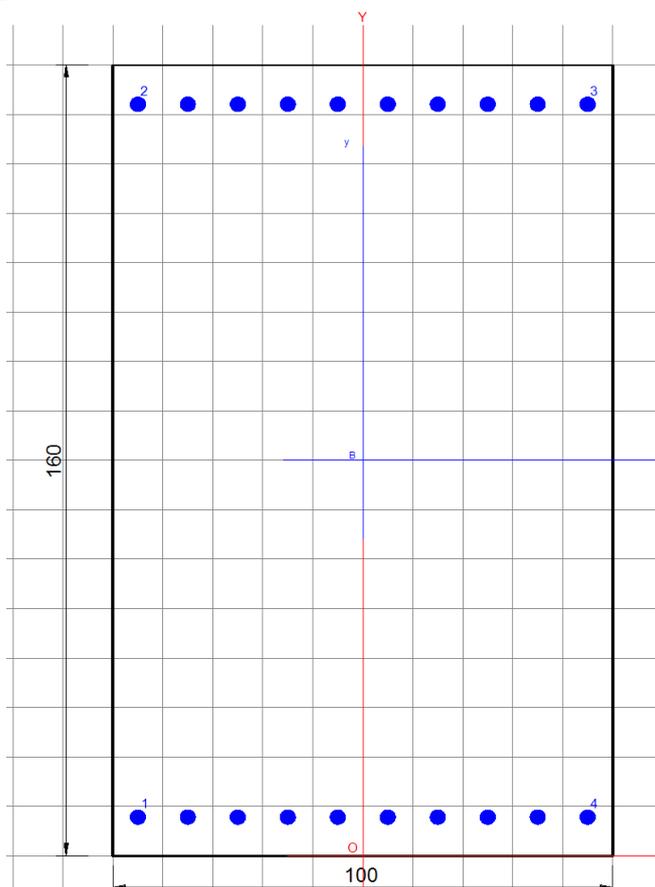
La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

**Verifica a flessione**

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	39 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C



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

**NOME SEZIONE: soletta superiore**

Descrizione Sezione:	SOLETTA SUPERIORE sp 1.60m
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3	MPa



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	40 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto 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:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	160.0
3	50.0	160.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.9	26
2	-45.0	152.1	26
3	45.0	152.1	26
4	45.0	7.9	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

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

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



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR** 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 41 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	732.74	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-1549.08	0.00	0.00	0.00
3	0.00	-1549.08	0.00	0.00	0.00
4	0.00	-923.73	0.00	0.00	0.00
5	0.00	7.09	0.00	0.00	0.00
6	0.00	-1089.26	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] 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	0.00	601.78	0.00
2	0.00	-793.19	0.00
3	0.00	-793.19	0.00
4	0.00	-730.77	0.00
5	0.00	-683.31	0.00
6	0.00	-730.77	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	732.74	0.00	0.00	3052.90	0.00	4.17	53.1(27.2)
2	S	0.00	-1549.08	0.00	0.00	-3052.90	0.00	1.97	53.1(27.2)
3	S	0.00	-1549.08	0.00	0.00	-3052.90	0.00	1.97	53.1(27.2)
4	S	0.00	-923.73	0.00	0.00	-3052.90	0.00	3.30	53.1(27.2)
5	S	0.00	7.09	0.00	0.00	3052.90	0.00	430.59	53.1(27.2)
6	S	0.00	-1089.26	0.00	0.00	-3052.90	0.00	2.80	53.1(27.2)

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

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR** 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 42 di 70

**RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C**

x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.063	-50.0	160.0	0.00059	-45.0	152.1	-0.05247	-45.0	7.9
2	0.00350	0.063	-50.0	0.0	0.00059	-45.0	7.9	-0.05247	-45.0	152.1
3	0.00350	0.063	-50.0	0.0	0.00059	-45.0	7.9	-0.05247	-45.0	152.1
4	0.00350	0.063	-50.0	0.0	0.00059	-45.0	7.9	-0.05247	-45.0	152.1
5	0.00350	0.063	-50.0	160.0	0.00059	-45.0	152.1	-0.05247	-45.0	7.9
6	0.00350	0.063	-50.0	0.0	0.00059	-45.0	7.9	-0.05247	-45.0	152.1

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000368005	-0.055380767	0.063	0.700
2	0.000000000	-0.000368005	0.003500000	0.063	0.700
3	0.000000000	-0.000368005	0.003500000	0.063	0.700
4	0.000000000	-0.000368005	0.003500000	0.063	0.700
5	0.000000000	0.000368005	-0.055380767	0.063	0.700
6	0.000000000	-0.000368005	0.003500000	0.063	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss 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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.72	50.0	160.0	-80.5	-45.0	7.9	1995	53.1
2	S	2.27	-50.0	0.0	-106.0	35.0	152.1	1950	53.1
3	S	2.27	-50.0	0.0	-106.0	35.0	152.1	1950	53.1
4	S	2.09	-50.0	0.0	-97.7	35.0	152.1	2000	53.1
5	S	1.96	-50.0	0.0	-91.4	35.0	152.1	2000	53.1
6	S	2.09	-50.0	0.0	-97.7	35.0	152.1	2000	53.1

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 e1 Esito della verifica  
 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 43 di 70**

**RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C**

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00043	0.00000	0.500	26.0	37	0.00024 (0.00024)	292	0.070 (0.20)	1643.52	0.00
2	S	-0.00057	0.00000	0.500	26.0	66	0.00032 (0.00032)	387	0.123 (0.20)	-1643.52	0.00
3	S	-0.00057	0.00000	0.500	26.0	66	0.00032 (0.00032)	387	0.123 (0.20)	-1643.52	0.00
4	S	-0.00052	0.00000	0.500	26.0	66	0.00029 (0.00029)	391	0.115 (0.20)	-1643.52	0.00
5	S	-0.00049	0.00000	0.500	26.0	66	0.00027 (0.00027)	391	0.107 (0.20)	-1643.52	0.00
6	S	-0.00052	0.00000	0.500	26.0	66	0.00029 (0.00029)	391	0.115 (0.20)	-1643.52	0.00

**Verifica a taglio**

Si procede alla verifica a taglio.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	44 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	800 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	1600 mm
-----	---------

Copriferro

$c$	79 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	1521 mm
-----	---------

Area Calcestruzzo

$A_c$	1600000 mm <sup>2</sup>
-------	-------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

$\varnothing$	26 mm
---------------	-------

$A_{sl}$	5306.6 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0035 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.36 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.25
------------	------

$V_{Rd}$	562.72 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**NON VERIFICATA**

La sezione necessita di armatura a taglio.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	45 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

### Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
diametro staffe		$\emptyset$	<b>16 mm</b>
numero bracci staffe		n	<b>2</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	402.12 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>200 mm</b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.41 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	1076.99 kN
		$V_{Rcd}$	6438.39 kN
		$V_{Rd}$	1076.99 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

La sezione risulta verificata predisponendo  $\emptyset 16/20$  cm a 2 braccia.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	46 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

## 11.2 VERIFICA PIEDRITTI

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-516.23	0.00	<b>1639.37</b>	2	8.80	SIS1
M3	min		-26.97	0.00	<b>-612.41</b>	2	1.80	SIS2
V2	max		746.32	<b>746.32</b>	1214.93	4	0.80	SIS2
V2	min		-516.23	<b>-516.23</b>	1639.37	2	8.80	SIS1
P	max		<b>-472.58</b>	0.00	-66.98	4	8.80	SIS2
P	min		<b>-1074.03</b>	0.00	-578.17	2	0.80	SIS1

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-407.34	0.00	<b>1332.51</b>	2	8.80	SLU4
M3	min		24.80	0.00	<b>-408.66</b>	4	3.80	SLU3
V2	max		519.81	<b>519.81</b>	446.52	4	0.80	SLU5
V2	min		-467.59	<b>-467.59</b>	1254.41	2	8.80	SLU1
P	max		<b>-592.91</b>	0.00	663.35	4	8.80	SLU5
P	min		<b>-1409.90</b>	0.00	171.72	2	0.80	SLU4

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-341.13	0.00	<b>885.66</b>	2	8.80	RARA1
M3	min		0.60	0.00	<b>-194.18</b>	4	3.80	RARA1
V2	max		345.35	<b>345.35</b>	298.44	4	0.80	RARA1
V2	min		-341.13	<b>-341.13</b>	885.66	2	8.80	RARA1
P	max		<b>-650.80</b>	0.00	776.60	4	8.80	RARA1
P	min		<b>-1003.22</b>	0.00	254.55	2	0.80	RARA1

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-331.71	0.00	<b>839.88</b>	2	8.80	FREQ1
M3	min		5.02	0.00	<b>-189.18</b>	4	3.80	FREQ1
V2	max		346.36	<b>346.36</b>	311.60	4	0.80	FREQ1
V2	min		-331.71	<b>-331.71</b>	839.88	2	8.80	FREQ1
P	max		<b>-632.33</b>	0.00	745.27	4	8.80	FREQ1
P	min		<b>-982.61</b>	0.00	284.09	2	0.80	FREQ1

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	47 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-315.48	0.00	<b>748.16</b>	2	8.80	QPERM1
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	6.50	0.00	<b>-188.37</b>	4	3.80	QPERM1
<b>V2</b>	<b>max</b>		337.59	<b>337.59</b>	301.46	4	0.80	QPERM1
<b>V2</b>	<b>min</b>		-315.48	<b>-315.48</b>	748.16	2	8.80	QPERM1
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-586.27</b>	0.00	696.06	4	8.80	QPERM1
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-929.94</b>	0.00	322.25	2	0.80	QPERM1

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

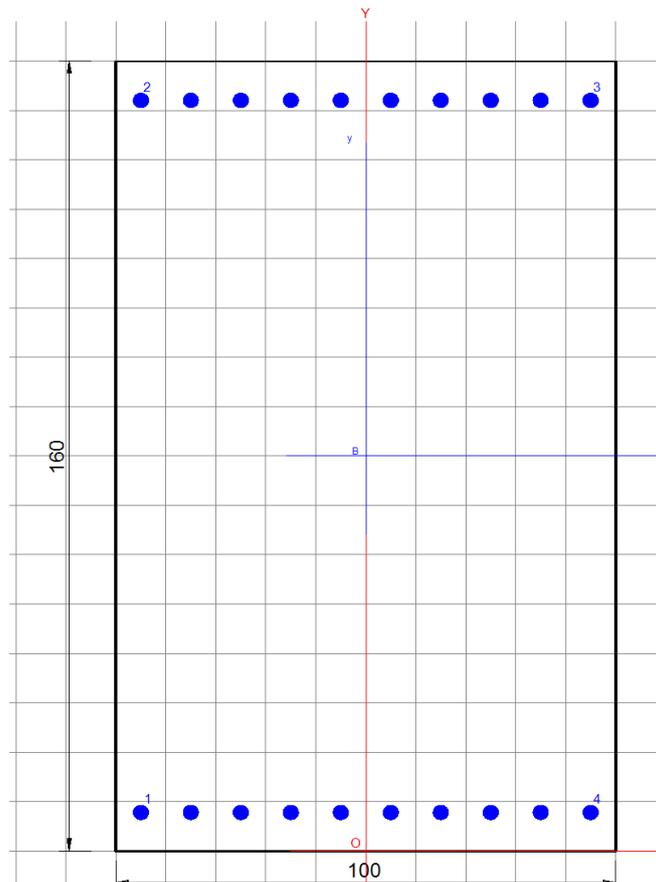
As,superiore= 10  $\varnothing$ 26

As,inferiore= 10  $\varnothing$ 26

Staffe/spille:  $\varnothing$ 16/20 cm a 2 braccia

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

### Verifica a flessione





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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	48 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

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

**NOME SEZIONE:** piedritti

Descrizione Sezione:	PIEDRITTI sp 1.60m
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50		
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	160.0
3	50.0	160.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-45.0	7.9	26
2	-45.0	152.1	26
3	45.0	152.1	26
4	45.0	7.9	26



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	49 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1639.37	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-612.41	0.00	0.00	0.00
3	0.00	1214.93	0.00	0.00	0.00
4	0.00	1639.37	0.00	0.00	0.00
5	0.00	-66.98	0.00	0.00	0.00
6	0.00	-578.17	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] 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	0.00	885.66	0.00
2	0.00	-194.18	0.00
3	0.00	298.44	0.00
4	0.00	885.66	0.00
5	0.00	776.60	0.00
6	0.00	254.55	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 IADR 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 50 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1639.37	0.00	0.00	3052.90	0.00	1.86	53.1(27.2)
2	S	0.00	-612.41	0.00	0.00	-3052.90	0.00	4.99	53.1(27.2)
3	S	0.00	1214.93	0.00	0.00	3052.90	0.00	2.51	53.1(27.2)
4	S	0.00	1639.37	0.00	0.00	3052.90	0.00	1.86	53.1(27.2)
5	S	0.00	-66.98	0.00	0.00	-3052.90	0.00	45.58	53.1(27.2)
6	S	0.00	-578.17	0.00	0.00	-3052.90	0.00	5.28	53.1(27.2)

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

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.063	-50.0	160.0	0.00059	-45.0	152.1	-0.05247	-45.0	7.9
2	0.00350	0.063	-50.0	0.0	0.00059	-45.0	7.9	-0.05247	-45.0	152.1
3	0.00350	0.063	-50.0	160.0	0.00059	-45.0	152.1	-0.05247	-45.0	7.9
4	0.00350	0.063	-50.0	160.0	0.00059	-45.0	152.1	-0.05247	-45.0	7.9
5	0.00350	0.063	-50.0	0.0	0.00059	-45.0	7.9	-0.05247	-45.0	152.1
6	0.00350	0.063	-50.0	0.0	0.00059	-45.0	7.9	-0.05247	-45.0	152.1

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000368005	-0.055380767	0.063	0.700
2	0.000000000	-0.000368005	0.003500000	0.063	0.700
3	0.000000000	0.000368005	-0.055380767	0.063	0.700
4	0.000000000	0.000368005	-0.055380767	0.063	0.700
5	0.000000000	-0.000368005	0.003500000	0.063	0.700
6	0.000000000	-0.000368005	0.003500000	0.063	0.700



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	51 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss 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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.54	50.0	160.0	-118.4	35.0	7.9	2000	53.1
2	S	0.56	-50.0	0.0	-26.0	35.0	152.1	2000	53.1
3	S	0.86	-50.0	160.0	-39.9	-25.0	7.9	1950	53.1
4	S	2.54	50.0	160.0	-118.4	35.0	7.9	2000	53.1
5	S	2.23	-50.0	160.0	-103.8	35.0	7.9	1950	53.1
6	S	0.73	-50.0	160.0	-34.0	15.0	7.9	1950	53.1

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00063	0.00000	0.500	26.0	66	0.00036 (0.00036)	391	0.139 (0.20)	1643.52	0.00
2	S	-0.00014	0.00000	0.500	26.0	66	0.00008 (0.00008)	391	0.030 (0.20)	-1643.52	0.00
3	S	-0.00021	0.00000	0.500	26.0	66	0.00012 (0.00012)	387	0.046 (0.20)	1643.52	0.00
4	S	-0.00063	0.00000	0.500	26.0	66	0.00036 (0.00036)	391	0.139 (0.20)	1643.52	0.00
5	S	-0.00055	0.00000	0.500	26.0	66	0.00031 (0.00031)	387	0.120 (0.20)	1643.52	0.00
6	S	-0.00018	0.00000	0.500	26.0	66	0.00010 (0.00010)	387	0.039 (0.20)	1643.52	0.00

**Verifica a taglio**

Si procede alla verifica a taglio.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	52 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	780 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	1600 mm
-----	---------

Copriferro

$c$	79 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	1521 mm
-----	---------

Area Calcestruzzo

$A_c$	1600000 mm <sup>2</sup>
-------	-------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **10**

$\varnothing$	26 mm
---------------	-------

$A_{sl}$	5306.6 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0035 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.36 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.25
------------	------

$V_{Rd}$	562.72 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**NON VERIFICATA**

La sezione necessita di armatura a taglio.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	53 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

### Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
diametro staffe		$\emptyset$	<b>16 mm</b>
numero bracci staffe		n	<b>2</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	402.12 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>200 mm</b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.41 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	1076.99 kN
		$V_{Rcd}$	6438.39 kN
		$V_{Rd}$	1076.99 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

La sezione risulta verificata predisponendo  $\emptyset 16/20$  cm a 2 braccia.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
 RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	54 di 70

### 11.3 VERIFICA SOLETTA INFERIORE

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	471.01	0.00	<b>1870.93</b>	12	0.00	SIS1
M3	min		218.46	0.00	<b>-1105.21</b>	22	3.27	SIS1
V2	max		934.97	<b>934.97</b>	760.09	20	1.21	SIS1
V2	min		-980.46	<b>-980.46</b>	832.67	15	0.00	SIS7
P	max		<b>-149.84</b>	0.00	911.80	20	0.50	SIS3
P	min		<b>-1362.28</b>	0.00	1369.84	20	0.50	SIS2

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-997.62	0.00	<b>1880.29</b>	19	1.56	SLU6
M3	min		252.44	0.00	<b>-1131.48</b>	22	3.27	SLU4
V2	max		1474.71	<b>1474.71</b>	862.74	20	1.21	SLU4
V2	min		-1572.99	<b>-1572.99</b>	1232.02	15	0.00	SLU6
P	max		<b>-417.02</b>	0.00	1639.68	16	0.50	SLU6
P	min		<b>-874.57</b>	0.00	1232.53	20	0.50	SLU5

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	949.42	0.00	<b>1269.68</b>	20	0.50	RARA1
M3	min		587.69	0.00	<b>-782.45</b>	21	3.28	RARA1
V2	max		1025.53	<b>1025.53</b>	568.58	20	1.21	RARA1
V2	min		-1090.38	<b>-1090.38</b>	811.05	15	0.00	RARA1
P	max		<b>-544.09</b>	0.00	1184.85	16	0.50	RARA1
P	min		<b>-571.64</b>	0.00	1269.68	20	0.50	RARA1

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-661.87	0.00	<b>1208.70</b>	19	1.56	FREQ1
M3	min		529.91	0.00	<b>-736.59</b>	21	3.28	FREQ1
V2	max		960.14	<b>960.14</b>	547.16	20	1.21	FREQ1
V2	min		-1023.80	<b>-1023.80</b>	785.66	15	0.00	FREQ1
P	max		<b>-544.74</b>	0.00	1127.80	16	0.50	FREQ1
P	min		<b>-568.32</b>	0.00	1207.56	20	0.50	FREQ1

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	55 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	<b>SLE</b>	-613.15	0.00	<b>1109.29</b>	19	1.56	QPERM1
<b>M3</b>	<b>min</b>	<b>QPE</b>	455.58	0.00	<b>-665.93</b>	21	3.28	QPERM1
<b>V2</b>	<b>max</b>		859.46	<b>859.46</b>	496.22	20	1.21	QPERM1
<b>V2</b>	<b>min</b>		-922.02	<b>-922.02</b>	730.51	15	0.00	QPERM1
<b>P</b>	<b>max</b>		<b>-529.93</b>	0.00	1019.53	16	0.50	QPERM1
<b>P</b>	<b>min</b>		<b>-550.24</b>	0.00	613.46	12	0.00	QPERM1

Si riassume di seguito l'armatura adottata.

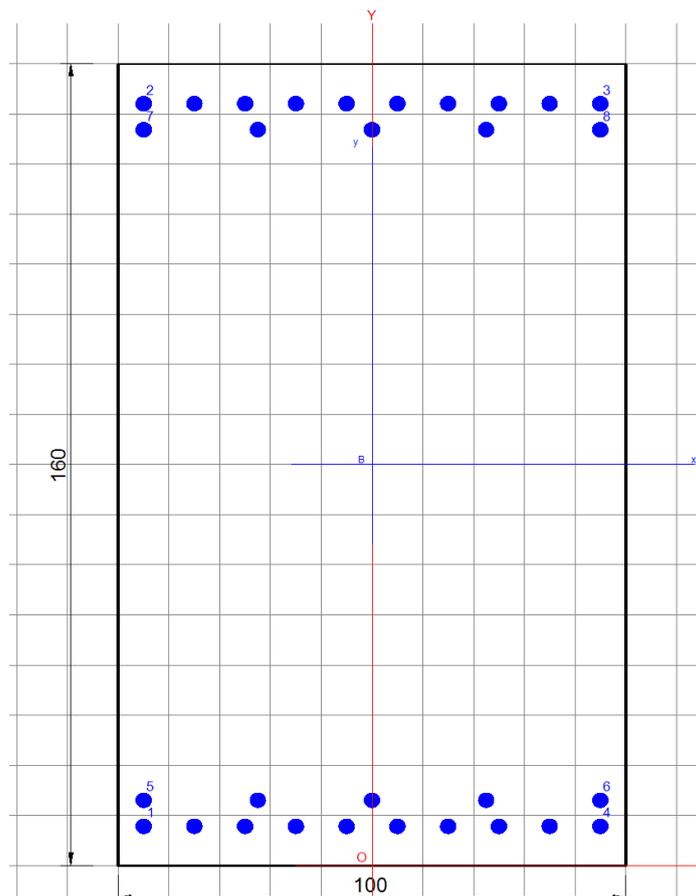
As,superiore= 15  $\varnothing$ 26

As,inferiore= 15  $\varnothing$ 26

Staffe/spille:  $\varnothing$ 16/10 cm a 2 braccia

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

### Verifica a flessione





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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	56 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

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

**NOME SEZIONE: soletta inferiore**

Descrizione Sezione:	SOLETTA INFERIORE sp 1.60m
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto 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:	337.50	MPa	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	160.0
3	50.0	160.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.9	26
2	-45.0	152.1	26
3	45.0	152.1	26
4	45.0	7.9	26



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR** 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 57 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

5	-45.0	13.1	26
6	45.0	13.1	26
7	-45.0	146.9	26
8	45.0	146.9	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	3	26
4	7	8	3	26

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1880.29	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-1131.48	0.00	0.00	0.00
3	0.00	862.74	0.00	0.00	0.00
4	0.00	1232.02	0.00	0.00	0.00
5	0.00	1639.68	0.00	0.00	0.00
6	0.00	1232.53	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] 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	0.00	1269.68	0.00
2	0.00	-782.45	0.00
3	0.00	568.58	0.00
4	0.00	811.05	0.00
5	0.00	1184.85	0.00
6	0.00	1269.68	0.00



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 58 di 70**

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1880.29	0.00	0.00	4497.29	0.00	2.39	79.6(27.2)
2	S	0.00	-1131.48	0.00	0.00	-4497.29	0.00	3.97	79.6(27.2)
3	S	0.00	862.74	0.00	0.00	4497.29	0.00	5.21	79.6(27.2)
4	S	0.00	1232.02	0.00	0.00	4497.29	0.00	3.65	79.6(27.2)
5	S	0.00	1639.68	0.00	0.00	4497.29	0.00	2.74	79.6(27.2)
6	S	0.00	1232.53	0.00	0.00	4497.29	0.00	3.65	79.6(27.2)

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

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.081	-50.0	160.0	0.00126	-45.0	152.1	-0.03953	-45.0	7.9
2	0.00350	0.081	-50.0	0.0	0.00126	-45.0	7.9	-0.03953	-45.0	152.1
3	0.00350	0.081	-50.0	160.0	0.00126	-45.0	152.1	-0.03953	-45.0	7.9
4	0.00350	0.081	-50.0	160.0	0.00126	-45.0	152.1	-0.03953	-45.0	7.9
5	0.00350	0.081	-50.0	160.0	0.00126	-45.0	152.1	-0.03953	-45.0	7.9
6	0.00350	0.081	-50.0	160.0	0.00126	-45.0	152.1	-0.03953	-45.0	7.9

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 59 di 70**

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

1	0.000000000	0.000282925	-0.041768031	0.081	0.700
2	0.000000000	-0.000282925	0.003500000	0.081	0.700
3	0.000000000	0.000282925	-0.041768031	0.081	0.700
4	0.000000000	0.000282925	-0.041768031	0.081	0.700
5	0.000000000	0.000282925	-0.041768031	0.081	0.700
6	0.000000000	0.000282925	-0.041768031	0.081	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.03	-50.0	160.0	-117.6	-35.0	7.9	2400	79.6
2	S	1.87	-50.0	0.0	-72.5	35.0	152.1	2400	79.6
3	S	1.36	-50.0	160.0	-52.7	35.0	7.9	2400	79.6
4	S	1.94	-50.0	160.0	-75.1	-35.0	7.9	2400	79.6
5	S	2.83	-50.0	160.0	-109.8	-5.0	7.9	2400	79.6
6	S	3.03	-50.0	160.0	-117.6	-35.0	7.9	2400	79.6

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00063	0.00000	0.500	26.0	66	0.00035 (0.00035)	358	0.126 (0.20)	1781.63	0.00
2	S	-0.00039	0.00000	0.500	26.0	66	0.00022 (0.00022)	358	0.078 (0.20)	-1781.63	0.00
3	S	-0.00028	0.00000	0.500	26.0	66	0.00016 (0.00016)	358	0.057 (0.20)	1781.63	0.00
4	S	-0.00040	0.00000	0.500	26.0	66	0.00023 (0.00023)	358	0.081 (0.20)	1781.63	0.00
5	S	-0.00059	0.00000	0.500	26.0	66	0.00033 (0.00033)	358	0.118 (0.20)	1781.63	0.00
6	S	-0.00063	0.00000	0.500	26.0	66	0.00035 (0.00035)	358	0.126 (0.20)	1781.63	0.00



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	60 di 70

**Verifica a taglio**

Si procede alla verifica a taglio.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	61 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	1600 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	1600 mm
-----	---------

Copriferro

$c$	79 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	1521 mm
-----	---------

Area Calcestruzzo

$A_c$	1600000 mm <sup>2</sup>
-------	-------------------------

Armatura longitudinale tesa

n **15**

$\emptyset$	26 mm
-------------	-------

$A_{sl}$	7959.9 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0052 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.36 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.25
------------	------

$V_{Rd}$	644.15 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**NON VERIFICATA**

La sezione necessita di armatura a taglio.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	62 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b> 0.79 rad
diametro staffe		$\emptyset$	<b>16 mm</b>
numero bracci staffe		n	<b>2</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	402.12 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>100 mm</b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.41 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	2153.98 kN
		$V_{Rcd}$	6438.39 kN
		$V_{Rd}$	2153.98 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

La sezione risulta verificata predisponendo  $\emptyset 16/10$  cm a 2 braccia.



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
 RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	63 di 70

#### 11.4 VERIFICA SETTI INTERNI

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	186.59	0.00	<b>746.05</b>	8	0.80	SIS1
M3	min		186.59	0.00	<b>-746.68</b>	8	8.80	SIS1
V2	max		186.59	<b>186.59</b>	746.05	8	0.80	SIS1
V2	min		-132.27	<b>-132.27</b>	-527.39	7	0.80	SIS3
P	max		<b>-1002.19</b>	0.00	213.54	7	8.80	SIS8
P	min		<b>-1418.87</b>	0.00	-64.86	8	0.80	SIS7

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	61.85	0.00	<b>258.57</b>	8	0.80	SLU4
M3	min		-59.28	0.00	<b>-242.15</b>	7	0.80	SLU6
V2	max		61.85	<b>61.85</b>	258.57	8	0.80	SLU4
V2	min		-59.28	<b>-59.28</b>	-242.15	7	0.80	SLU6
P	max		<b>-1064.29</b>	0.00	89.19	7	8.80	SLU3
P	min		<b>-2063.27</b>	0.00	127.68	8	0.80	SLU2

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	27.55	0.00	<b>115.40</b>	8	0.80	RARA1
M3	min		27.55	0.00	<b>-105.00</b>	8	8.80	RARA1
V2	max		27.55	<b>27.55</b>	115.40	8	0.80	RARA1
V2	min		-21.19	<b>-21.19</b>	-84.85	7	0.80	RARA1
P	max		<b>-1204.98</b>	0.00	84.65	7	8.80	RARA1
P	min		<b>-1439.23</b>	0.00	115.40	8	0.80	RARA1

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IADR 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 64 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	23.58	0.00	99.15	8	0.80	FREQ1
M3	min	FRE	23.58	0.00	-89.45	8	8.80	FREQ1
V2	max		23.58	23.58	99.15	8	0.80	FREQ1
V2	min		-19.73	-19.73	-78.74	7	0.80	FREQ1
P	max		-1179.29	0.00	79.10	7	8.80	FREQ1
P	min		-1413.09	0.00	99.15	8	0.80	FREQ1

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE	-20.31	0.00	81.73	7	8.80	QPERM1
M3	min	QPE	-20.31	0.00	-80.79	7	0.80	QPERM1
V2	max		16.40	16.40	69.69	8	0.80	QPERM1
V2	min		-20.31	-20.31	-80.79	7	0.80	QPERM1
P	max		-1093.15	0.00	81.73	7	8.80	QPERM1
P	min		-1325.27	0.00	69.69	8	0.80	QPERM1

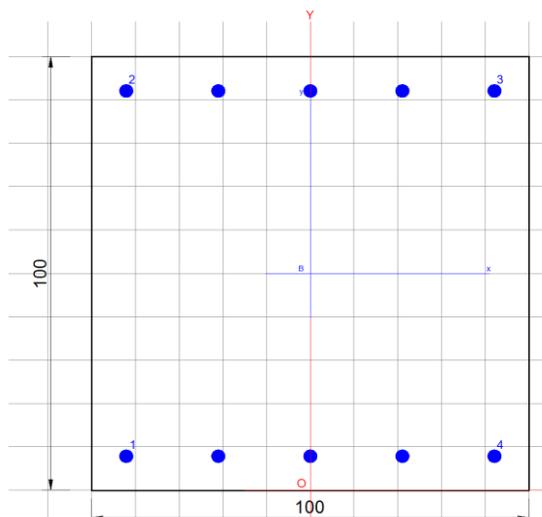
Si riassume di seguito l'armatura adottata.

As,superiore= 5 ø26

As,inferiore= 5 ø26

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

### Verifica a flessione



DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: setti interni



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	65 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

Descrizione Sezione: SETTI sp 1.00m  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di progetto fcd: 18.8 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 33642.8 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 3.10 MPa  
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Rare: 18.3 MPa

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto 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: 337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-42.1	7.9	26
2	-42.1	92.1	26
3	42.1	92.1	26
4	42.1	7.9	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	66 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

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	3	26
2	2	3	3	26

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	746.05	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-746.68	0.00	0.00	0.00
3	0.00	746.05	0.00	0.00	0.00
4	0.00	-527.39	0.00	0.00	0.00
5	0.00	213.54	0.00	0.00	0.00
6	0.00	-64.86	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
 My Momento flettente [kNm] 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	0.00	115.40	0.00
2	0.00	-105.00	0.00
3	0.00	115.40	0.00
4	0.00	-84.85	0.00
5	0.00	84.65	0.00
6	0.00	115.40	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.5 cm

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



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR** 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 67 di 70

**RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	746.05	0.00	0.00	929.11	0.00	1.25	26.5(16.5)
2	S	0.00	-746.68	0.00	0.00	-929.11	0.00	1.24	26.5(16.5)
3	S	0.00	746.05	0.00	0.00	929.11	0.00	1.25	26.5(16.5)
4	S	0.00	-527.39	0.00	0.00	-929.11	0.00	1.76	26.5(16.5)
5	S	0.00	213.54	0.00	0.00	929.11	0.00	4.35	26.5(16.5)
6	S	0.00	-64.86	0.00	0.00	-929.11	0.00	14.32	26.5(16.5)

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

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.081	-50.0	100.0	-0.00019	-42.1	92.1	-0.03954	-42.1	7.9
2	0.00350	0.081	-50.0	0.0	-0.00019	-42.1	7.9	-0.03954	-42.1	92.1
3	0.00350	0.081	-50.0	100.0	-0.00019	-42.1	92.1	-0.03954	-42.1	7.9
4	0.00350	0.081	-50.0	0.0	-0.00019	-42.1	7.9	-0.03954	-42.1	92.1
5	0.00350	0.081	-50.0	100.0	-0.00019	-42.1	92.1	-0.03954	-42.1	7.9
6	0.00350	0.081	-50.0	0.0	-0.00019	-42.1	7.9	-0.03954	-42.1	92.1

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000467360	-0.043235992	0.081	0.700
2	0.000000000	-0.000467360	0.003500000	0.081	0.700
3	0.000000000	0.000467360	-0.043235992	0.081	0.700
4	0.000000000	-0.000467360	0.003500000	0.081	0.700
5	0.000000000	0.000467360	-0.043235992	0.081	0.700
6	0.000000000	-0.000467360	0.003500000	0.081	0.700



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA REL CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**IADR 00 D 29 CL GA 01 00 003 A 68 di 70**

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss 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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.03	-50.0	100.0	-51.2	0.0	7.9	1950	26.5
2	S	0.94	-50.0	0.0	-46.6	21.1	92.1	2000	26.5
3	S	1.03	-50.0	100.0	-51.2	0.0	7.9	1950	26.5
4	S	0.76	50.0	0.0	-37.7	21.1	92.1	2000	26.5
5	S	0.76	-50.0	100.0	-37.6	-21.1	7.9	1954	26.5
6	S	1.03	-50.0	100.0	-51.2	0.0	7.9	1950	26.5

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00028	0.00000	0.500	26.0	66	0.00015 (0.00015)	549	0.084 (0.20)	604.18	0.00
2	S	-0.00026	0.00000	0.500	26.0	66	0.00014 (0.00014)	557	0.078 (0.20)	-604.18	0.00
3	S	-0.00028	0.00000	0.500	26.0	66	0.00015 (0.00015)	549	0.084 (0.20)	604.18	0.00
4	S	-0.00021	0.00000	0.500	26.0	66	0.00011 (0.00011)	557	0.063 (0.20)	-604.18	0.00
5	S	-0.00021	0.00000	0.500	26.0	66	0.00011 (0.00011)	550	0.062 (0.20)	604.18	0.00
6	S	-0.00028	0.00000	0.500	26.0	66	0.00015 (0.00015)	549	0.084 (0.20)	604.18	0.00

**Verifica a taglio**

Si procede alla verifica a taglio.

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	69 di 70

RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

## VERIFICA A TAGLIO

### Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	200 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	1000 mm
-----	---------

Copriferro

$c$	79 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	921 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	1000000 mm <sup>2</sup>
-------	-------------------------

Armatura longitudinale tesa

n 5

$\emptyset$	26 mm
-------------	-------

$A_{sl}$	2653.3 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0029 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.47 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.26
------------	------

$V_{Rd}$	343.92 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

La sezione risulta verificata senza armatura a taglio.



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

GA01 - GALLERIE ARTIFICIALI  
RELAZIONE DI CALCOLO – SEZIONE TIPO C

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 003	A	70 di 70

## 12 RIEPILOGO INCIDENZE

PIEDRITTI: 110 kg/m<sup>2</sup>

SOLETTA SUPERIORE: 110 kg/m<sup>2</sup>

SOLETTA INFERIORE: 170 kg/m<sup>2</sup>

SETTI INTERNI: 100 kg/m<sup>2</sup>