

**S.S.131 "Carlo Felice"**  
 Completamento itinerario Sassari – Olbia.  
 Potenziamento e messa in sicurezza S.S.131  
 dal km 192+500 al km 209+500.  
 2° Lotto dal km 202+000 al km 209+500

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. CA357

**PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG**

**RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

*Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)*

**PROGETTISTA:**

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*  
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*  
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*  
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

**GEOLOGO:**

*Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)*

**COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

*Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)*

**RESPONSABILE SIA:**

*Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

*Dott. Ing. Salvatore Frasca*

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



**OPERE D'ARTE MAGGIORI  
GALLERIE**

**GALLERIA ARTIFICIALE\_GA03**

**Relazione tecnica e di calcolo**



CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA357_P00GA03STRRE01_A			
DPCA0357	D 20	CODICE ELAB.	P00GA03STRRE01	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	GIU. 2021	A. SCHIRRIPA	G.PIAZZA	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITA'</b> .....	<b>4</b>
1.1	OGGETTO.....	4
1.2	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	4
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>NORME TECNICHE</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA</b> <b>13</b>	
4.1.1	<i>Vita Nominale <math>V_n</math></i> .....	13
4.1.2	<i>Classi d'Uso</i> .....	13
4.1.3	<i>Periodo di Riferimento per l'azione sismica</i> .....	14
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO</b> .....	<b>15</b>
5.1	CALCESTRUZZI .....	15
5.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i> .....	15
5.1.2	<i>Copriferri nominali</i> .....	16
5.1.3	<i>Resistenze di progetto</i> .....	19
5.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	20
5.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO E RETI ELETTRISALDATE .....	22
5.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	22
5.2.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	22
5.3	ACCIAIO IN TREFOLI PER CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO .....	23
<b>6</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE DEI TERRENI CONSIDERATI</b> .....	<b>24</b>
6.1	PARAMETRICI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	24
6.2	LIVELLO DI FALDA DI PROGETTO .....	25
<b>7</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b> .....	<b>26</b>
7.1	METODOLOGIA DI CALCOLO E DESCRIZIONE DEL MODELLO.....	26
7.2	CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI .....	27
<b>8</b>	<b>AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO</b> .....	<b>28</b>
8.1	ANALISI DEI CARICHI .....	28
8.1.1	<i>Carichi permanenti strutturali</i> .....	28

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

8.1.2	Carichi permanenti non strutturali.....	28
8.1.3	Sovraccarichi accidentali .....	29
8.1.4	Spinta del terreno .....	29
8.1.5	Spinta dell'acqua di falda.....	29
8.1.6	Azioni sismiche.....	29
8.2	COMBINAZIONI DI CARICO .....	31
<b>9</b>	<b>SOLLECITAZIONI DI PROGETTO.....</b>	<b>33</b>
9.1	TRAVI IN C.A.P. ....	33
9.2	MEMBRATURE IN C.A. ....	33
<b>10</b>	<b>RISULTATI E VERIFICHE .....</b>	<b>36</b>
10.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	36
10.1.1	TRAVI IN C.A.P. ....	36
10.1.2	GALLERIA ARTIFICIALE - MEMBRATURE GETTATE IN OPERA .....	38
<b>11</b>	<b>DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018) .....</b>	<b>61</b>
11.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE.....	61
11.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	61
11.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	61
11.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	61
11.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	62
11.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	62
<b>12</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>63</b>
12.1	ALLEGATO 1 - TRAVE C.A.P. TRASVERSO DI COPERTURA - ANALISI.....	63
12.2	ALLEGATO 2 - TRAVE C.A.P. TRASVERSO DI COPERTURA – SEZIONE DI VERIFICA .....	64

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## 1 GENERALITA'

### 1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alle strutture della "Galleria artificiale isolata – GA03", dalla progressiva km 5+160.00 alla progressiva km 5+302.00, previsto nell'ambito dei lavori di realizzazione della "S.S. 131 Carlo Felice – Completamento itinerario Sassari-Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 – 2° lotto dal km 202 al km 209+500".

Le analisi e le verifiche statiche sono condotte conformemente al livello di Progettazione Definitiva di cui trattasi e mirano al dimensionamento degli elementi principali per consentirne una piena definizione dal punto di vista prestazionale ed economico (§art. 26 e 29 D.P.R. 5/10/2010, n°207).

Le analisi e le verifiche degli aspetti di dettaglio, saranno sviluppate nella successiva fase di Progettazione Esecutiva.

### 1.2 Descrizione delle opere

L'opera in oggetto si configura come una galleria artificiale isolata, di forma "rettangolare" e si sviluppa per una lunghezza complessiva di 142.00 m in asse progetto, in un tratto in curva previsto nel progetto stradale. La struttura scatolare a singola canna presenta una sezione di dimensioni costanti lungo lo sviluppo, con altezza interna libera di 7.25 m e una larghezza interna libera di 14.30 m. L'opera presenta una altezza totale costante di 9.35 m. La struttura avrà, in fase definitiva, una larghezza totale complessiva di 16.85 m per la soletta di fondazione, mentre il trasverso avrà una larghezza totale di 18.33 m, poiché risulta presente uno sbalzo a sezione variabile tra 0.95 m e 0.39 m, terminante con veletta in c.a, di sezione trapezia.

La galleria artificiale presenta una conformazione aperta da un lato, con sostegno fornito da coppie di pilastri in c.a. a sezione quadrata 0.80 m x 0.60 m, inclinati di 75° rispetto all'orizzontale e posti ad interasse di 8.00 m per tutto lo sviluppo dell'opera, per un totale di 18 coppie di pilastri.

Le membrature principali avranno i seguenti spessori:

- Spessore traverso: strav = 0.90 m;
- Spessore piedritto contro terra: spied = 1.10 m;
- Spessore fondazione: sfond = 1.20 m;
- Sezione pilastri: Apil = 0.8x0.6 mq.

Le strutture portanti in cemento armato della galleria sono gettate in opera a meno delle travi in c.a.p. previste per la fase di realizzazione della copertura che verrà completata in una seconda fase con un getto in c.a. in opera di 0.30 m di spessore. La configurazione definitiva sarà dunque di solidarizzazione degli elementi piedritti - trasverso. Le travi in c.a.p. (0.69 m x 0.60 m) accostate, a trefoli pre-tesi, sono disposte ad interasse di 0.70 m e hanno una lunghezza totale di 15,30 m e in tutti i casi presentano una lunghezza di retrotrave di 0.25 m agli appoggi.

La copertura sarà completata con il massetto delle pendenze, l'impermeabilizzazione e uno strato protettivo in cls di 0.10 m. L'opera sarà ritombata con il terreno di ricoprimento, tale da coprire la paratia provvisoria ed è previsto uno strato di magrone di 0.20 m su cui poggerà la fondazione.

Si riportano a seguire, i dettagli tecnici degli appoggi provvisori delle travi che prevedono cuscinetti in neoprene armato (150 mm x 250 mm x 31 mm).

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica delle sezioni trasversali e longitudinali dell'opera, le sezioni tipo e di dettaglio e le planimetrie con l'individuazione delle stesse, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici:

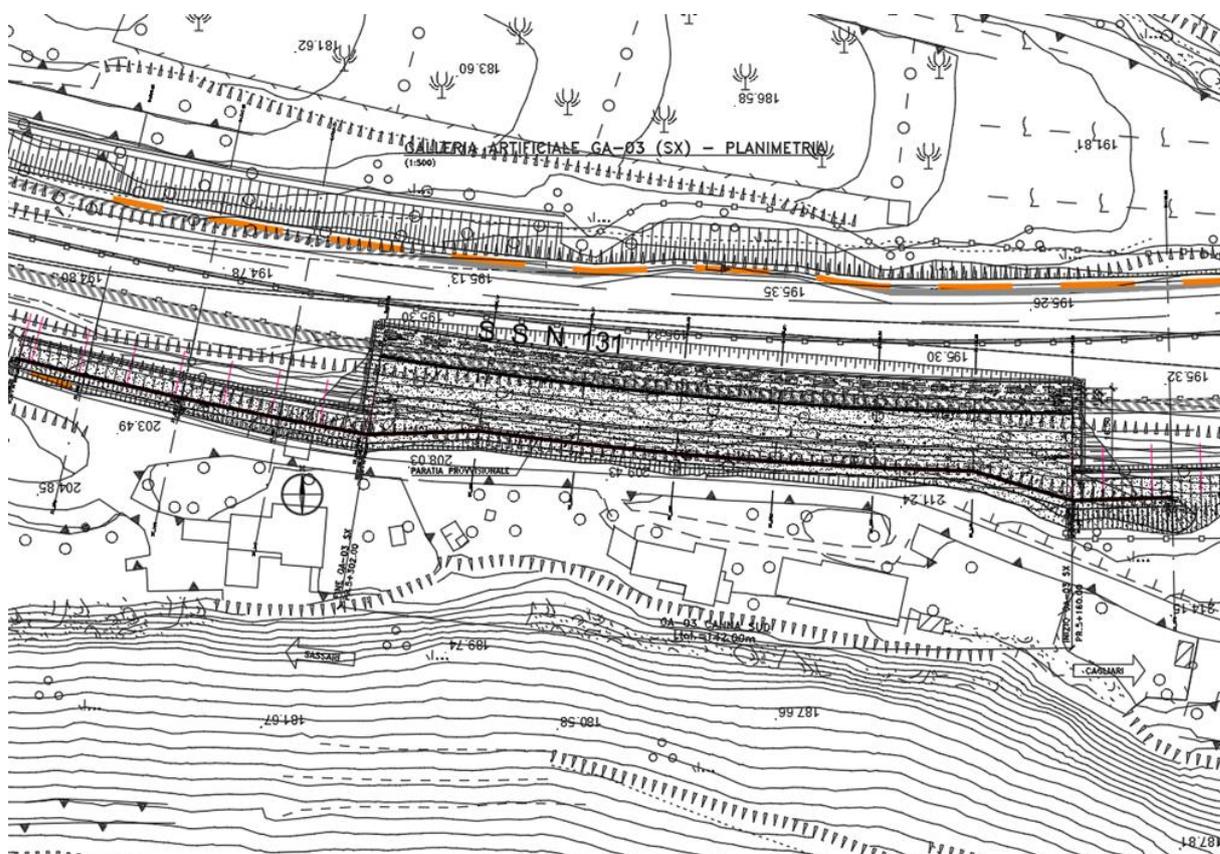


Figura 1.1 - Planimetria con ubicazione dell'opera

SS 131 "Carlo Felice"

Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500



CA-357

Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03

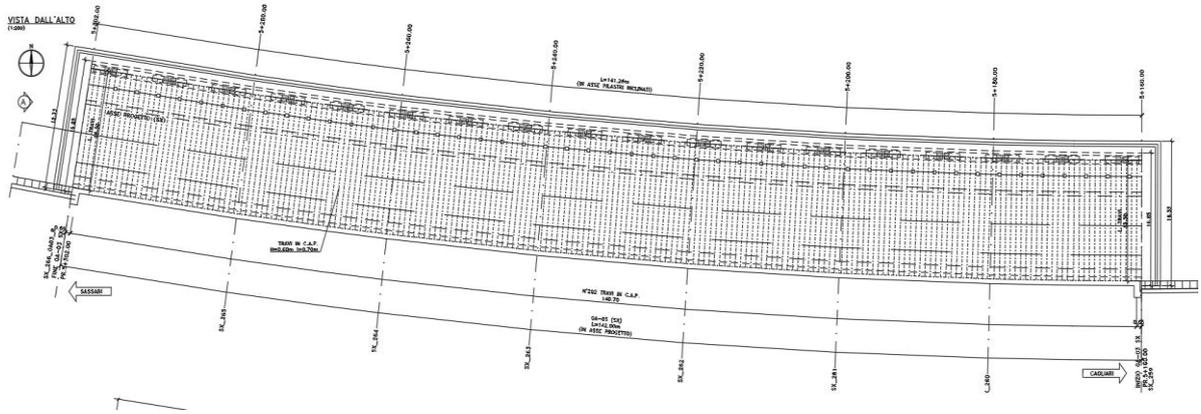


Figura 1.2 - Planimetria opera – Vista dall'alto

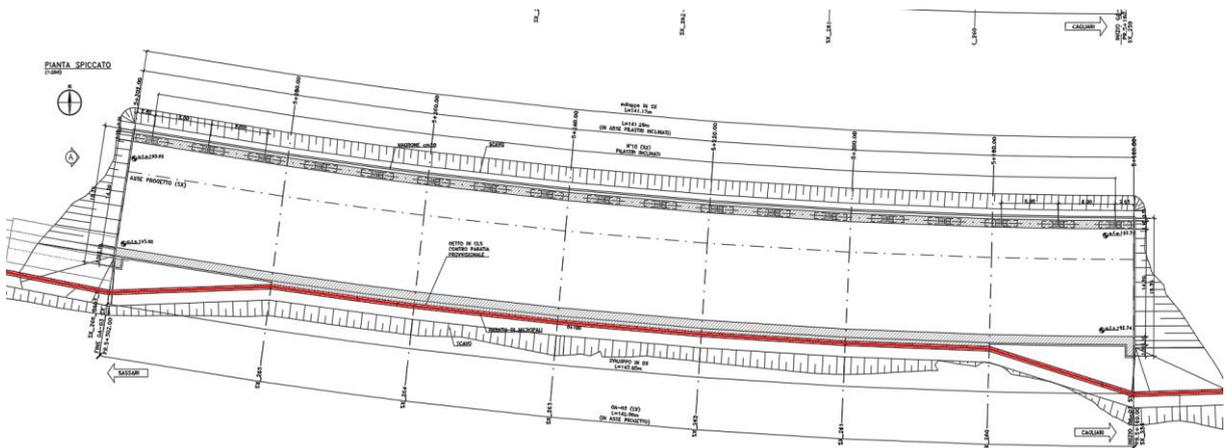


Figura 1.3 - Planimetria opera – Spiccato

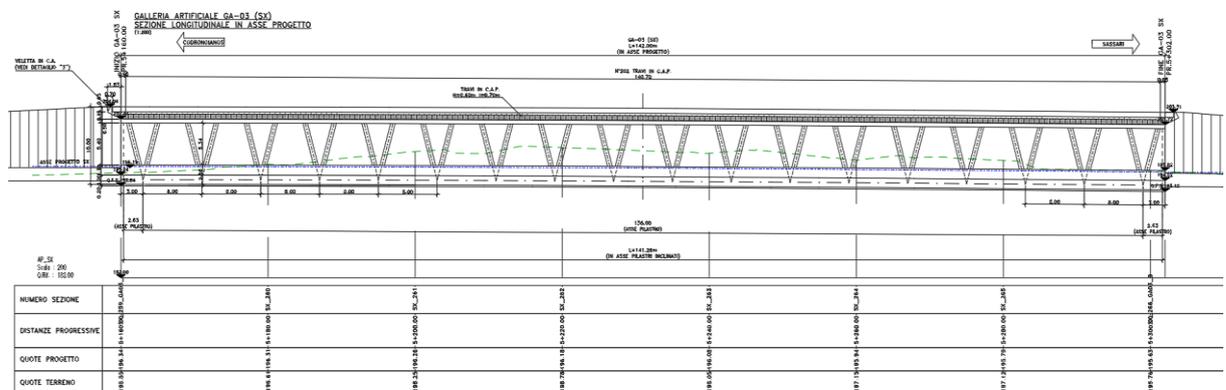


Figura 1.4 - Sezione longitudinale galleria artificiale – In asse progetto



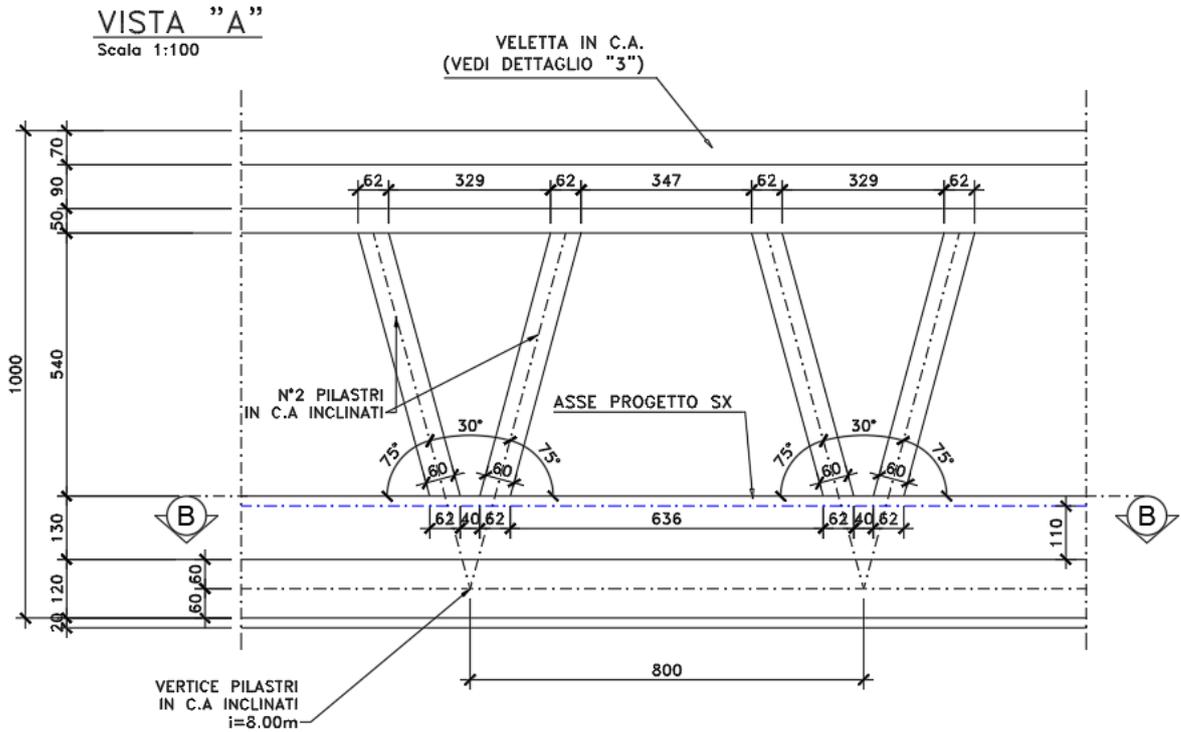


Figura 1.6 – Prospetto - Pilastri in c.a. inclinati

**SEZIONE "B-B"**  
Scala 1:100

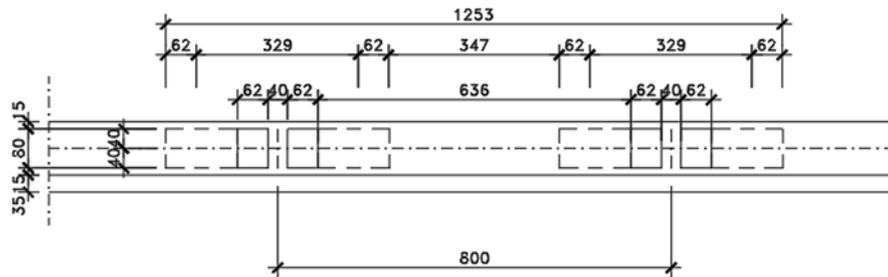


Figura 1.7 – Sezione di spiccato - Pilastri in c.a. inclinati

**CARPENTERIA TRAVI DI COPERTURA**  
 H=60.0cm Largh.=69.0cm i=70.0cm  
 SCALA 1:20

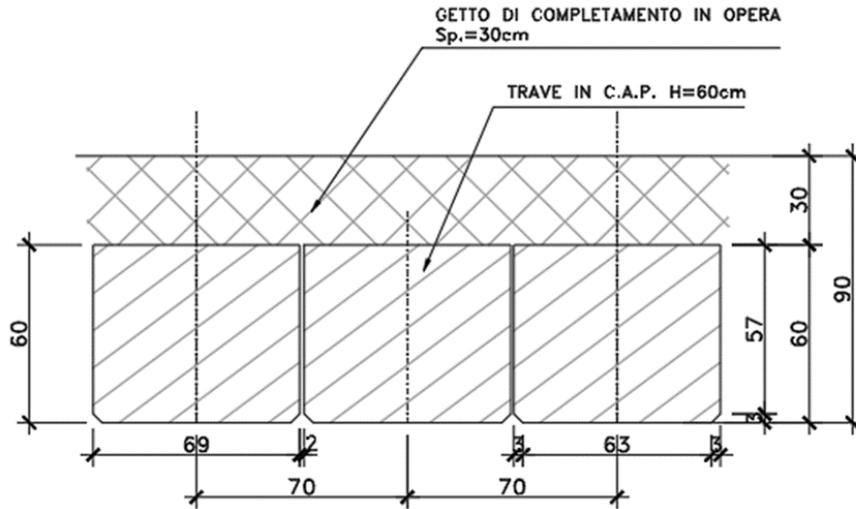


Figura 1.8 Dettaglio trasverso

**DETTAGLIO "4" – IMPERMEABILIZZAZIONE**  
 Scala 1:50

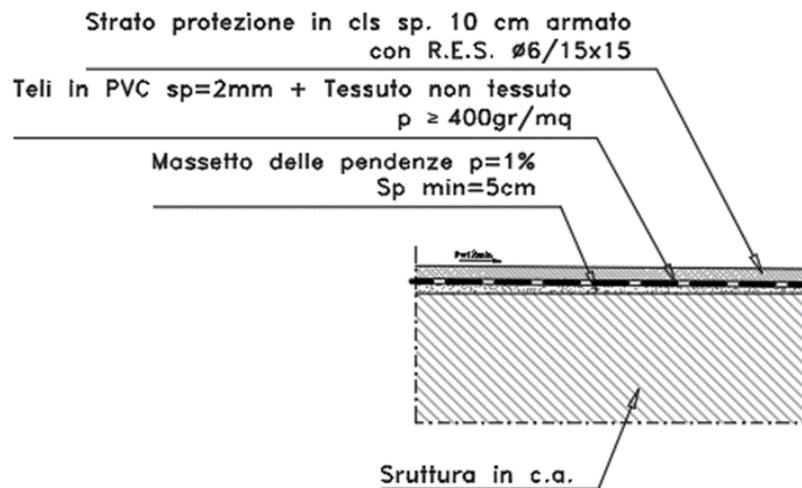


Figura 1.9 Dettaglio finiture trasverso

**DETTAGLIO "3" – VELETTA IN C.A.**

Scala 1:20

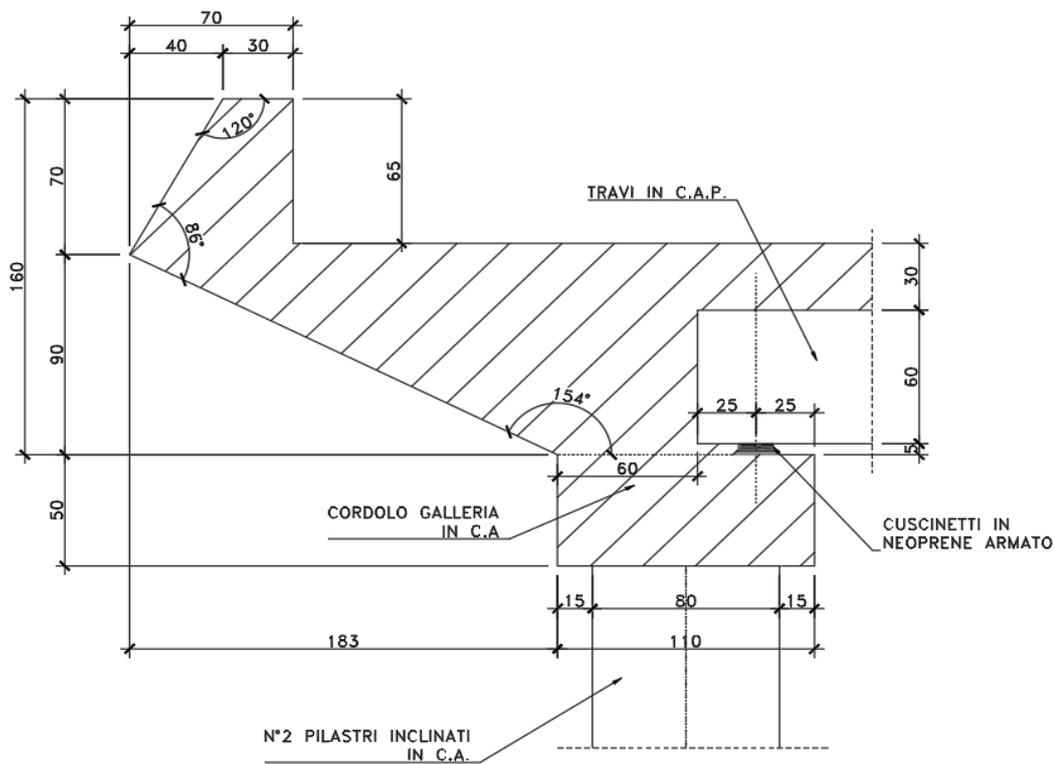


Figura 1.10 Dettaglio veletta esterna

## DETTAGLIO "2" – APPOGGIO PROVVISORIO TRAVI

Scala 1:20

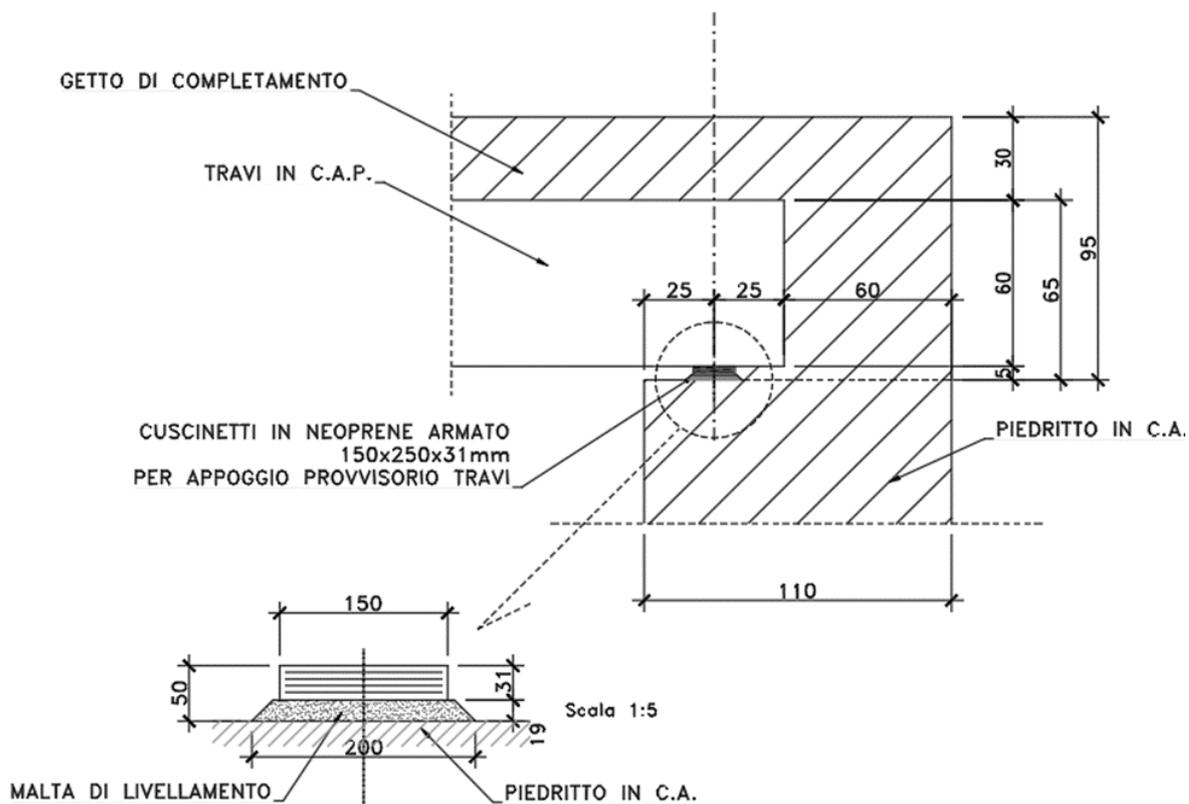


Figura 1.11 Dettaglio Appoggio esterno

SS 131 "Carlo Felice"		
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## 2 NORMATIVA E RIFERIMENTI

Le analisi e le verifiche delle strutture sono state effettuate nel rispetto della seguente normativa vigente:

- [D\_1]. DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>> (nel seguito indicate come NTC18).
- [D\_2]. Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 5 alla G. U. n° 35 del 11/02/2019 (nel seguito indicate come CNTC18).
- [D\_3]. Norma Europea UNI EN 206: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità (Dicembre 2016).
- [D\_4]. Norma Italiana UNI 11104: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 (luglio 2016).

## 3 NORME TECNICHE

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite, con applicazione di coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni, variabili in ragione dello stato limite indagato.

SS 131 "Carlo Felice"		
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## 4 VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA

### 4.1.1 Vita Nominale $V_N$

La vita nominale di progetto  $V_N$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. (§ 2.4.1 NTC2018). Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 4.1 – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

In accordo con la Committenza Anas è stato assunto:

- Vita Nominale di progetto:  $V_N = 50$  anni (costruzioni con livelli di prestazione ordinari).

### 4.1.2 Classi d'Uso

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite (§2.4.2 NTC2018):

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Relativamente alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, delle opere di cui trattasi, vi si attribuisce:

- Classe d'Uso: **IV**;
- Coefficiente d'Uso:  $C_U = 2.0$ .

#### **4.1.3 Periodo di Riferimento per l'azione sismica**

Il periodo di riferimento, impiegato nella valutazione delle azioni sismiche risulta pari a:

- Periodo di Riferimento:  $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2.0 = 100$  anni.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

### 5.1 Calcestruzzi

#### 5.1.1 Caratteristiche ai fini della durabilità

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alle norme [D\_3] e [D\_4].

Relativamente alla scelta delle classi di esposizione, in accordo alla "Classificazione del livello di rischio di attacco del gelo per aree climatiche del territorio italiano" contenuta nell'appendice A alla norma [D\_4], che attribuisce alla **Sardegna** un livello di rischio **Nullo**, è stata esclusa l'applicazione della classe XF (Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti), e conseguentemente della classe XD (corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare).

Analogamente è stata esclusa l'applicazione della classe XS (Corrosione indotta dai cloruri contenuti nell'acqua di mare).

Relativamente all'applicazione della classe XA (Attacco chimico da parte del terreno naturale e delle acque contenute nel terreno), le analisi chimiche eseguite su campioni di terreno e su acqua di falda ai sensi della norma UNI EN 206, hanno evidenziato acidità nei terreni e concentrazioni di CO<sub>2</sub> nell'acqua, tali da rientrare nei range illustrati nel prospetto 2 della norma [D\_3].

Di seguito il prospetto di sintesi riportato nel report "Documentazione indagini ambientali", prodotto da TECNOIN (§4.4 – Attacco chimico del calcestruzzo).

#### *Classe di esposizione per i terreni*

Denominazione		Terreno				Classi di esposizione		
		S02D_PZ (0-30)	S12D_PZ CA1 (40-62,60 m)	S13D_PZ (0-30)	S18D_PZ (0-80)			
PARAMETRO	U. M.					XA1	XA2	XA3
Solfato (ione solfato)	mg/kg	112,84	112,06	125,39	28,60	2000-3000	3000-4000	12000-24000
Acidità	mL/kg	4	<5	340	<2	300	non incontrato	

Denominazione		Terreno				Classi di esposizione		
		S22D (0-30)	S26D_DH (2-3)	S31HD CA3 (128-128,60 m)	Pz10D (0-2)			
PARAMETRO	U. M.					XA1	XA2	XA3
Solfato (ione solfato)	mg/kg	<0,5	28,40	120,72	<0,5	2000-3000	3000-4000	12000-24000
Acidità	mL/kg	<2	<2	<5	<2	300	non incontrato	

#### *Classe di esposizione per le acque*

Denominazione		Acqua			Classi di esposizioni		
		S02D_PZ	S13D_PZ	S21D_PZ			
PARAMETRO	U. M.				XA1	XA2	XA3
Solfati (ione solfato)	mg/L	59,26	60,96	52,99	200-600	800-3000	3000-6000
pH	unità pH	7,51	7,54	7,65	5,5-6,5	4,5-5,5	4,0-4,5
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	mg/L	31,96	31,96	21,97	15-40	40-100	>100
Ammoniaca (ione ammonio)	mg/L	<0,4	<0,4	<0,4	15-30	30-50	60-100
Magnesio	mg/L	12,19	11,34	11,21	300-1000	1000-3000	>3000

Pertanto per le membrature di fondazione è prevista una classe di esposizione XA1.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, i range previsti per le dimensioni massime degli aggregati, la classe di consistenza, il valore massimo del rapporto acqua/cemento, il tipo di cemento da impiegare in funzione della parte d'opera e il contenuto minimo di cemento:

<b>CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)</b>					
<b>CALCESTRUZZO PER</b>		<b>Magrone</b>	<b>Galleria - soletta di fondazione*</b>	<b>Galleria- Elevazioni</b>	<b>Travi prefabbricate</b>
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)		<b>C12/15</b>	<b>C32/40</b>	<b>C32/40</b>	<b>C45/55</b>
Classe di esposizione ambientale		-	<b>XC2-XA1</b>	<b>XC4</b>	<b>XC4</b>
φ max inerti (mm)	Dupper	-	32	25	25
	Dlower	-	20	16	16
Classe di consistenza		-	<b>S4</b>	<b>S4</b>	<b>S4</b>
Rapporto max acqua/cemento		-	0.50	0.50	0.50
Tipo di cemento (secondo UNI EN 197-1)		-	<b>CEM IV</b>	<b>CEM IV</b>	<b>CEM I÷V</b>
Contenuto minimo di cemento (kg/m <sup>3</sup> )		150	340***	340** - ***	300

*Tabella 5.1 – Caratteristiche dei Calcestruzzi*

\* Cemento LH (Low Heat) a basso calore di idratazione.

\*\* I contenuti di cemento indicati saranno verificati in sede di prequalifica, imponendo che il riscaldamento del calcestruzzo del nucleo in condizioni adiabatiche rispetti le seguenti condizioni:

- $\delta T_{3gg} \leq 35^\circ$  per getti di spessore non superiore a 2 m;
- $\delta T_{7gg} \leq 35^\circ$  per getti di spessore superiore a 2 m.

In ogni caso, dovrà essere garantito il rispetto delle classi di esposizione e resistenza sopra indicate.

\*\*\* cemento tipo SR resistente ai solfati secondo EN 197/1.

### **5.1.2 Copriferrini nominali**

I valori minimi dello spessore dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferrino), ai fini della protezione delle armature dalla corrosione, sono riportati nella Tab. C4.1.IV delle circolari applicative §[D\_2], nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tab. 4.1.IV delle NTC:

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

**Tabella C4.1.IV - Copriferrì minimi in mm**

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
$C_{min}$	$C_0$	ambiente	$C > C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C > C_0$	$C_{min} < C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

I valori della tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con Vita Nominale di 50 anni (tipo 2 della Tab. 2.4.1 delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 della citata Tab. 2.4.1), i valori della Tab. C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm.

Per la definizione del calcestruzzo nominale, ai valori minimi di copriferro vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

La tabella seguente illustra, i valori del calcestruzzo nominale, richiesti in base all'applicazione dei criteri sopra esposti e specializzati al caso in esame:

**DETERMINAZIONE DEI COPRIFERRI NOMINALI SECONDO NTC2018**

Dati generali relativi all'opera	Var	unità	
Tipo di costruzione (1=temp. o provvisoria; 2 = prestazioni ordinarie; 3=prestazioni elevate)	TC		2
Vita nominale dell'opera	$V_N$	anni	50

Tabella C4.1.IV Copriferrì minimi in mm

ambiente	barre da c.a.		cavi da c.a.p.									
	elementi a piastra		altri elementi				elementi a piastra				altri elementi	
	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$		
ordinario	30	45	15	20	20	25	25	30	30	35		
aggressivo	37	50	25	30	30	35	35	40	40	45		
molto ag.	45	55	35	40	40	45	5	50	50	50		

Elemento	Fondazioni - Galleria artificiale	Elevazioni - Galleria artificiale	Elevazioni - Travi in c.a.p. per traverso di copertura
Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)	1	1	1
Elemento a piastra	SI	SI	NO
Classe di esposizione	XC2 - XA1	XC4	XC4
Ambiente	aggressivo	aggressivo	aggressivo
Rck	40	40	40
Check Rck min	OK	OK	OK
copriferro minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	30	30	35
incremento Per $V_n=100$ (tipo di costruzione 3)	0	0	0
elem. prefabbricato con ver. Copriferrì*	NO	NO	SI
riduzione per produzioni con ver. Copriferrì	0	0	-5
Tolleranza di posa	10	10	5
copriferro nominale	40	40	35

Tabella 5.2 – Valori dei copriferri nominali in base alle NTC2018

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

Relativamente alle predalle prefabbricate, trattandosi di elementi prodotti con sistemi sottoposti a controlli di qualità che comprendono la verifica dei copriferri, i valori minimi della Tab. C4.1.IV sono stati ridotti di 5 mm. Analogamente, per questi elementi le tolleranze di posa sono state limitate a 5 mm.

I valori effettivamente adottati per i copriferri nominali di progetto tengono conto anche di criteri di uniformità e della volontà di garantire valori maggiori dei minimi di norma per superfici contro-terra e particolarmente per le opere di sottofondazione.

Elemento		Fondazioni - Galleria artificiale	Elevazioni - Galleria artificiale	Elevazioni - Travi in c.a.p. per traverso di copertura
<b>copriferro nominale di progetto</b>	mm	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>

*Tabella 5.3 – Valori dei copriferri nominali adottati in progetto*

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

### 5.1.3 Resistenze di progetto

#### Calcestruzzo C32/40 per strutture di fondazione e in elevazione:

<b>Caratteristiche Calcestruzzo</b>	<b>Var</b>	<b>C32/40</b>
Resistenza a compressione caratteristica cubica	$R_{ck}$	40
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	32
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	40.00
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	3.02
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	2.12
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	3.93
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.63
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	33346
<hr/>		
<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>	<b>Var</b>	
coefficiente $\gamma_c$	$\gamma_c$	1.50
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	18.13
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.41
<hr/>		
<b>STATI LIMITE DI ESERCIZIO</b>	<b>Var</b>	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	19.20
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	14.40
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	2.52
<hr/>		
<b>ANCORAGGIO DELLE BARRE</b>	<b>Var</b>	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	3.18
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	2.22

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

### Calcestruzzo per c.a.p. C45/55:

<b>Caratteristiche Calcestruzzo</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	<b>C45/55</b>
Resistenza a compressione caratteristica cubica	$R_{ck}$	Mpa	55
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	45
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	53.00
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	Mpa	3.80
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	2.66
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	4.93
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	4.55
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	36283

<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
coefficiente $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50
coefficiente $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	Mpa	25.50
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.77

<b>STATI LIMITE DI ESERCIZIO</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	Mpa	27.00
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	Mpa	20.25
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	3.16
Resistenza cubica cls allo scassero	$R_{ckj}$	Mpa	40.0
tensioni max iniziali di compressione	$\sigma_c < 0.6 f_{ckj}$	Mpa	19.92
tensioni max iniziali di compr. - elementi con arm.pretesa	$\sigma_c < 0.7 f_{ckj}$	Mpa	23.24

<b>ANCORAGGIO DELLE BARRE</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	Mpa	3.99
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	MPa	2.79

#### 5.1.4 Verifiche a fessurazione

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni **aggressive**: per le verifiche a fessurazione di tutte le membrature (classe di esposizione **XC4-XA1**).

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

La Tab. 4.1.IV stabilisce i criteri per la scelta degli stati limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali e del tipo di armatura:

**Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	$w_k$	Poco sensibile Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Verifiche a fessurazione – condizioni ambientali **Aggressive** – Armatura poco sensibile:
  - o Combinazione di azioni frequente:  $w_k \leq w_2 = 0.3$  mm
  - o Combinazione di azioni quasi permanente:  $w_k \leq w_1 = 0.2$  mm

In alcuni casi, in accordo al par. §4.1.2.2.4.5, le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure sono state condotte senza calcolo diretto, verificando che la tensione di trazione dell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, sia contenuta entro i valori limite specificati nelle seguenti tabelle:

**Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III -Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

In rapporto a quanto specificato nelle precedenti tabelle è possibile individuare le tensioni limite dell'acciaio per ciascun diametro delle barre:

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

Tensioni limite in funzione diametro barre			
Diametro barre $\phi$ [mm]	Tensione max acciaio $\sigma_s$ [Mpa]		
	$w_3=0.4\text{mm}$	$w_2=0.3\text{mm}$	$w_1=0.2\text{mm}$
40	160	114	93
36	180	137	111
32	200	160	129
30	207	171	138
28	213	183	147
26	220	194	156
24	227	204	164
22	233	213	173
20	240	222	182
18	260	231	191
16	280	240	200
14	300	260	220
12	320	280	240
10	360	320	260
8	360	360	280
6	360	360	320

## 5.2 Acciaio in barre per cemento armato e Reti Elettrosaldate

### 5.2.1 Qualità dell'acciaio

Acciaio in barre B450C in accordo a DM 17/01/2018 (Capitolo 11).

Le Reti Elettrosaldate (RES), potranno essere realizzate impiegando acciaio B450A con le limitazioni all'impiego previste nel capitolo 11 delle NTC2018.

### 5.2.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità		
Qualità dell'acciaio			B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento nominale	$f_{yk}$	Mpa	450	450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	$f_{tk}$	Mpa	540	450
Modulo elastico	$E_s$	Mpa	210000	210000
diametro minimo della barra impiegabile	$\phi_{min}$	mm	6	5
diametro massimo della barra impiegabile	$\phi_{max}$	mm	40	10
<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>				
	Var	unità		
coefficiente $\gamma_s$	$\gamma_s$		1.15	1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$	Mpa	391.3	391.3
<b>STATI LIMITE DI ESERCIZIO</b>				
	Var	unità		
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max}=0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0	360.0

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

### 5.3 Acciaio in trefoli per cemento armato precompresso

Acciaio in trefoli in accordo a DM 17/01/2018 (Capitolo 11).

#### ACCIAIO

<b>Caratteristiche Acciaio da precompressione</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>	
Tipologia di armatura			Trefoli
Tensione caratteristica a carico ultimo	$f_{ptk}$	Mpa	1860
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{pyk} f_{p(0.1)k} f_{p(1)k} *$	Mpa	1670
Modulo elastico	Es	Mpa	195000

\*  $f_{pyk}$  per acciaio in barre  $f_{p(0.1)k}$  per acciaio in fili  $f_{p(1)k}$  per acciaio in trefoli e trecce

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## 6 CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE DEI TERRENI CONSIDERATI

L'opera in oggetto si posiziona in un tratto dell'Asse Principale di progetto, caratterizzato da una unica formazione litostatica che interagisce con essa e si identifica con i calcari bioclastici "CB", che si presentano in fondazione e in elevazione.

Per maggiori dettagli, si rimanda al profilo di progetto dell'asse principale.

### 6.1 Parametrici geotecnici di progetto

I parametri geotecnici medi considerati in fase di calcolo, per il terreno di spinta, sono i seguenti:

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)
<b>CB</b>	20.1	250	26.7

Tabella 6.1 – Riepilogo dei parametri geotecnici considerati in fase di calcolo

L'interazione con il terreno di fondazione, è stata schematizzata assumendo un valore cautelativo e operativo del modulo elastico dello stesso, pari a:

$E_{\text{scarico, fondazione}} = 80 \text{ MPa}$ .

dove:

$\gamma$  peso di volume del materiale;

$E_{\text{scarico}}$  modulo a scarico e ricarico;

$c'$  coesione efficace;

$\phi'$  angolo di attrito efficace.

L'interazione terreno-struttura è stata schematizzata attraverso l'imposizione di vincoli elastici, soggetti a sola compressione, posti in corrispondenza dei nodi della struttura.

Per la costante di sottofondo verticale, che influenza in maniera limitata i risultati delle analisi in termini di caratteristiche della sollecitazione agenti nelle membrature della galleria, ci si è riferiti alle indicazioni proposte dalle norme *AFTES (Tunnels et ouvrages souterrains, 1993)*:

Arco rovescio piatto  
o con grande raggio  
di curvatura

$$k = \frac{1}{f(1-\nu^2)} \frac{E}{B}$$

con:

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

- R: raggio calotta/arco rovescio;  
 a: semialtezza del piedritto;  
 B: semilarghezza dell'arco rovescio;  
 f=2.25 per piedritto infinitivamente lungo;  
 f=1 per un piedritto lungo circa 2a;

In particolare, si è adottata la formulazione valida per "arco piatto o con grande raggio di curvatura".

## MOLLE

### AFTES

E scarico/ricarico arco rovescio	MPa	80
coefficiente di Poisson v		0.3
R ext calotta	m	
R ext arco rovescio	m	
a semialtezza del piedritto	m	4.68
B semi larghezza dell'arco	m	8.525
f		2.25

Arco rovescio piatto o con grande raggio	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)B}$	KN/m <sup>2</sup>	4583
	-		

L'interazione terreno-struttura del piedritto è stata trascurata, in via cautelativa, in quanto le eventuali condizioni di spinta non permetterebbero la compressione del terreno a tergo, che risulterebbe pertanto, un vincolo inefficace.

## 6.2 Livello di falda di progetto

Dalle indagini effettuate in situ è stato possibile ricostruire la assenza di falda interagente con l'opera in oggetto.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## 7 MODELLO DI CALCOLO

### 7.1 Metodologia di calcolo e descrizione del modello

Per la determinazione delle sollecitazioni agenti nei vari elementi strutturali, è stato sviluppato un modello di calcolo agli elementi finiti.

La copertura della galleria prevede due distinte fasi e schemi di calcolo:

1. gli elementi strutturali resistenti sono le travi precomprese soggette al solo peso proprio e al peso del getto della soletta di completamento, lo schema statico è quello di trave appoggiata
2. l'elemento resistente è quello composto dal sistema travi+soletta soggetto ai permanenti portati di seconda fase. Lo schema statico, una volta solidarizzati gli elementi attraverso il getto di completamento, è quello di telaio.

Per cogliere tutti gli stati di sollecitazione intermedi ai due schemi statici descritti - e in ogni modo a favore di sicurezza - in configurazione definitiva la sezione di mezzeria soggetta a flessione positiva verrà comunque verificata secondo lo schema statico di trave appoggiata. Le sezioni d'estremità invece verranno verificate secondo lo schema statico di telaio relativo alla seconda fase costruttiva.

Per le travi prefabbricate della copertura è stato utilizzato il software SIGMA-C e le verifiche sono state effettuate con il software TCAP entrambi prodotti da SIGMA-C SOFT - Via della Croce Rossa n.42, 35129 Padova – ITALIA.

Il programma risolve il problema strutturale della determinazione delle sollecitazioni nei vari elementi con il metodo di Massonet. Per la valutazione dell'evolvere dello stato tensionale delle travi prefabbricate e degli altri elementi strutturali nel tempo vengono fissate delle fasi di costruzione del traverso. Ciò permette di controllare la rispondenza delle verifiche anche delle fasi transitorie, che possono essere più limitative delle verifiche di esercizio.

Un'ipotesi fondamentale nello svolgimento dei calcoli è quella della conservazione delle sezioni piane per tutti gli elementi strutturali verificati. Da ciò ne consegue che è sufficiente verificare le tensioni dei materiali nei punti più distanti dall'asse baricentrico, risultando le tensioni nei punti intermedi contenute tra la massima ad un lembo e la minima all'altro.

In allegato si riportano i tabulati di calcolo delle travi in c.a.p. prodotti dal programma utilizzato insieme alle verifiche delle sezioni maggiormente sollecitate. Come è possibile evincere tutte le verifiche forniscono esito positivo.

Le restanti membrature (fondazioni e piedritti) e le sezioni d'incastro del traverso di copertura sono state analizzate per semplicità di calcolo in riferimento alla struttura completa del telaio scatolare.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

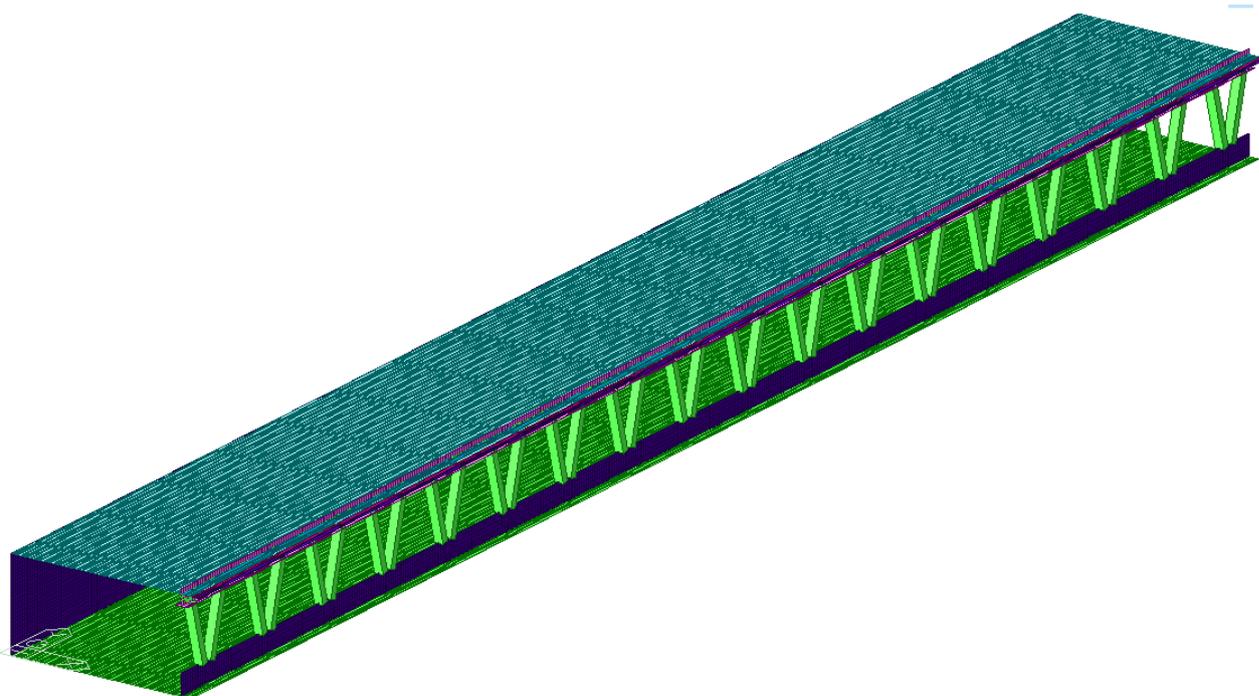
Per la modellazione dell'interazione terreno-struttura, la fondazione è stata modellata come trave su suolo alla Winkler.

Per la risoluzione del modello è stato utilizzato il programma di calcolo automatico "MIDAS-GEN" prodotto dalla CSPFEA Engineering Solutions.

Il modello si configura come una rappresentazione 3D dell'intero sviluppo della galleria ed è stato definito per cogliere al meglio i rapporti di rigidezza relativa tra gli elementi componenti.

Si sono adottati elementi piani tipo "shell" per il piedritto contro terra, per il trasverso in fase definitiva e per la fondazione ed elementi monodimensionali tipo "frame", per i pilastri e la trave longitudinale di appoggio dello sbalzo.

Di seguito è riportato lo schema di calcolo adottato:



## 7.2 Codici di calcolo utilizzati

I software utilizzati per i calcoli delle opere in esame sono di seguito elencati:

- Midas Gen
- RC SEC distribuito dalla GeoStru per la verifica delle sezioni in calcestruzzo armato;
- SIGMAC per le travi prefabbricate in c.a.p.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## 8 AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO

### 8.1 Analisi dei carichi

#### 8.1.1 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio delle membrature della struttura è computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato con riferimento ad un peso specifico del calcestruzzo pari a **25.0 kN/m<sup>3</sup>**.

#### 8.1.2 Carichi permanenti non strutturali

Sulla struttura è applicato il carico dovuto ai pesi permanenti relativi al massetto, alla impermeabilizzazione e allo strato di protezione in cls, a cui si è sommato un contributo di rinterro, di spessore tale da coprire la sommità della veletta, per un carico complessivo di **14.5 kPa**, uniformemente distribuito su tutto il trasverso. Sul trasverso è anche presente un significativo sovraccarico dovuto al "cuneo" di ritombamento definitivo, che è stato schematizzato come un carico uniforme, di intensità pari a **50 kPa**, applicato per un'estensione orizzontale di **9.30 m**.

Al terreno di ritombamento è stato assegnato un peso specifico pari a **19.0 kN/m<sup>3</sup>**.

A seguire i valori dei carichi applicati:

<i>geometria</i>			
Altezza travi cap	ht cap	m	0.60
Altezza getto di completamento	hcompletamento	m	0.30
Base appoggio travi estremità	bappoggio ext	m	0.25
Base travi cap	bt cap	m	0.69
Interasse travi cap	it cap	m	0.70
Lunghezza totale travi in cap	Lt tot sx	m	15.50
Luce di calcolo travi in cap	Lct sx	m	15.00
Spessore massetto max	Smassetto	m	0.24
Spessore strato di protezione	Sprotezione	m	0.10
Spessore reinterro max	Sreinterro	m	0.31
<i>Pesi per unità di volume materiali</i>			
Peso cls	pp cls	kN/mc	25
Peso ritombamento	pp terreno	kN/mc	19
<i>carichi elementari</i>			
Peso proprio travi	G1 fase 1	kN/mq	15.0
Peso proprio getto di completamento	G2 fase 1	kN/mq	7.5
Peso proprio massetto + imp. + protezione	G2 fase 2	kN/mq	8.5
Peso proprio reinterro	G2 fase 2	kN/mq	5.9

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

### 8.1.3 Sovraccarichi accidentali

Alla struttura del trasverso, con funzione di copertura, non sono stati applicati carichi accidentali, poiché questi ultimi non risultano presenti in fase di esercizio. Inoltre, gli effetti di un eventuale carico accidentale, risultano trascurabili, rispetto agli effetti prodotti dal ritombamento.

### 8.1.4 Spinta del terreno

Poiché l'opera non presenta un contrasto tale da limitarne in assoluto la deformabilità, le spinte del terreno sono state valutate con riferimento al coefficiente di **spinta attiva**  $K_A$ .

Con riferimento alla classica espressione della spinta attiva, di seguito riportata, e sostituendo i valori di coesione ed angolo d'attrito assunti, si sovviene ad una assenza di spinta.

$$S_{A,k} = 0.5 \gamma k_{A,k} H^2 - 2 c' H \sqrt{k_{A,k}}$$

**Per quanto concerne la struttura in esame e date le caratteristiche non spingenti del terreno interagente con l'opera, si è trascurata la spinta delle terre sulla stessa.**

### 8.1.5 Spinta dell'acqua di falda

La spinta della falda non è stata portata in conto, in quanto non presente.

### 8.1.6 Azioni sismiche

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati per la regione Sardegna utilizzando la Tabella 2, in allegato alle NTC. Si ottengono i seguenti valori:

#### TUTTE LE OPERE

Vita Nominale	$V_N =$	50	anni
Classe d'uso	$Cl =$	IV	
Coefficiente d'uso	$C.u. =$	2.0	
<b>Periodo di riferimento</b>	$V_R =$	<b>100</b>	<b>anni</b>

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T^*_C$ [s]
SLO	60	0.026	2.685	0.300
SLD	101	0.032	2.729	0.307
<b>SLV</b>	949	<b>0.061</b>	<b>2.976</b>	<b>0.371</b>
<b>SLC</b>	<b>1950</b>	<b>0.072</b>	<b>3.061</b>	<b>0.393</b>

Gli effetti delle azioni sismiche sulle paratie sono stati determinati con metodo pseudostatico.

L'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

In accordo al §7.11.6.3.1 è stato trascurato l'effetto dell'azione sismica verticale.

L'accelerazione di picco è fornita da:

$$a_{max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

dove:

- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido, determinata in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ ;
- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s \times S_T$ , essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica

**Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

**Tabella 8.1 – Espressioni per  $S_s$  e  $C_c$**

**Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

**Tabella 8.2 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Categoria di sottosuolo:           **B**
- Categoria stratigrafica:           **T1**

Relativamente allo stato limite di Salvaguardia della Vita (**SLV**):

- $a_g = 0.061$  g                                   accelerazione massima su sito rigido;
- $S_S = 1.20$                                        coefficiente d'amplificazione stratigrafica;
- $S_T = 1.00$                                        coefficiente d'amplificazione topografica.
- $a_{max} = 0.061$  g x  $1.20$  x  $1.0 = 0.0732$    accelerazione massima al suolo;
- $k_h = 0.0732$                                    coefficiente sismico orizzontale;
- $k_v = \pm 0.50$  x  $0.0732 = \pm 0.0366$        coefficiente sismico verticale.

L'incremento di spinta delle terre agente in fase sismica è stato valutato in accordo alla teoria di *Mononobe-Okabe*.

$$S_{AE} = 0.5 \gamma (1 \pm kv) k_{AE} H^2$$

**Stanti le caratteristiche del terreno a tergo dell'opera, che risulta non spingente per le motivazioni precedentemente esposte, si è trascurato il contributo di incremento di spinta delle terre in fase sismica.**

Si è però considerata, l'inerzia orizzontale e verticale dell'opera, applicata agli elementi strutturali rispettivamente con i fattori  $k_h$  e  $k_v$ .

## 8.2 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al Cap. 2 delle NTC.

Gli stati limite ultimi delle opere interrate si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

I carichi sono denominati:

- $G_k$  valore caratteristico del carico permanente, costituito dai pesi propri e dalla pressione del terreno;
- $Q_k$  valore caratteristico di carichi accidentali di tipo stradale.
- $E$  azione sismica

Le verifiche sono tutte effettuate nei riguardi degli stati limite ultimi SLU, sismici SLV e di esercizio SLE.

Gli stati limite introducono dei coefficienti moltiplicativi  $\gamma$  sulle azioni di calcolo, generalmente maggiori dell'unità.

Parimenti per le resistenze dei materiali si introducono dei coefficienti riduttivi applicati alle resistenze dei materiali

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

- Combinazione fondamentale agli SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazioni agli SLE:

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

Frequente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Quasi permanente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Rara  $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

- Combinazione agli SLV:

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## 9 SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

### 9.1 Travi in c.a.p.

Relativamente alle sollecitazioni di progetto cui sono soggette le travi in c.a.p. del traverso superiore della galleria è stato eseguito il calcolo per la lunghezza maggiore delle travi (15.30 m). Tutte le travi risultano armate allo stesso modo.

A scopo esemplificativo ma non esaustivo vengono riportate le sollecitazioni agenti sulle travi per le condizioni di carico elementari. I risultati completi sono mostrati nei tabulati di calcolo in allegato

<i>Sollecitazioni</i>			<i>al metro lineare</i>	<i>sulla singola trave</i>
Momento in mezzeria permanenti strutturali in fase 1	$M^{1/2}_{G1\ fase1}$	kNm/m	422	295
Momento in mezzeria permanenti portati in fase 1	$M^{1/2}_{G2\ fase1}$	kNm/m	211	148
Momento in mezzeria permanenti portati in fase 2	$M^{1/2}_{G2\ fase2}$	kNm/m	405	283

### 9.2 Membrature in c.a.

Per la configurazione finale dell'opera le sollecitazioni di progetto sono state ottenute dal software di calcolo MIDAS-GEN prodotto da CSPFEA Engineering Solutions. Di seguito sono riportati i valori di sollecitazione relativi agli inviluppi delle combinazioni di carico SLU/SLV e agli SLE. I valori sono espressi in kNm/m per i momenti flettenti e in kN/m per il taglio. Le verifiche sono svolte considerando le sollecitazioni massime

Per la fondazione e per il trasverso, il segno "-", indica le fibre tese all'estradosso.

A favore di sicurezza nelle verifiche a taglio e a flessione lo sforzo assiale per le membrature orizzontali è considerato nullo mentre per i piedritti si è assunto il valore minimo della combinazione di calcolo SLE-QP.

#### Fondazione – Sp 1.20 m

- $M_{SLU/SLV} = - 2340 \text{ kNm/m} / + 1373 \text{ kNm/m}$ ;
- $V_{SLU/SLV} = 1130 \text{ kN/m}$ ;
- $M_{SLE} = - 1800 \text{ kNm/m} / + 1030 \text{ kNm/m}$ .

#### Piedritto (base) – Sp 1.10 m

- $M_{SLU/SLV} = - 1861 \text{ kNm/m}$ ;
- $V_{SLU/SLV} = 785 \text{ kN/m}$ ;
- $M_{SLE} = - 1432 \text{ kNm/m}$ .

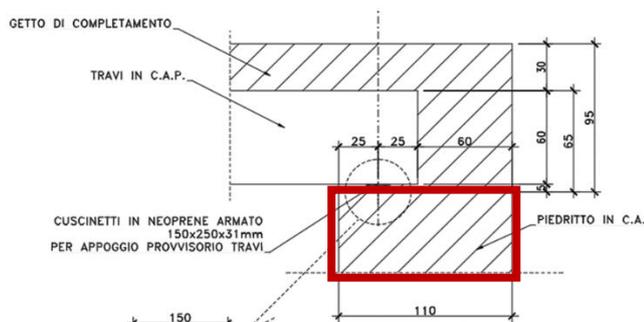
**Trasverso – Sp 0.90 m**

- $M_{SLU/SLV} = - 1861 \text{ kNm/m} / + 1700 \text{ kNm/m}$ ;
- $V_{SLU/SLV} = 864 \text{ kN/m}$ ;
- $M_{SLE} = - 1432 \text{ kNm/m} / + 1305 \text{ kNm/m}$ .

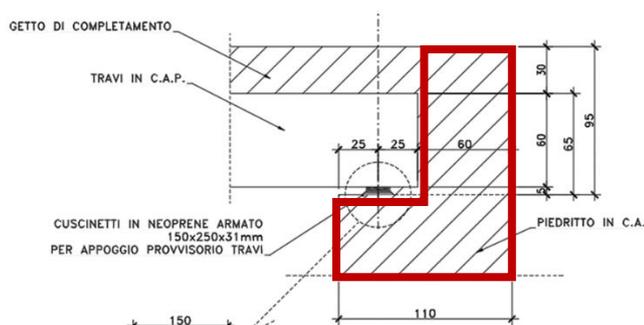
**Pilastro – 0.80 x 0.60 m**

- $M_{z,SLU/SLV} = 1084 \text{ kNm}$ ;
- $M_{y,SLU/SLV} = 31 \text{ kNm}$ ;
- $V_{y,SLU/SLV} = 191 \text{ kN}$ ;
- $V_{z,SLU/SLV} = 19 \text{ kN}$ ;
- $M_{z,SLE} = 726 \text{ kNm}$ ;
- $M_{y,SLE} = 24 \text{ kNm}$ .

Il cordolo in c.a. di appoggio delle travi in c.a.p. in corrispondenza dei pilastri, di sezione ad "L", presenta una duplice configurazione resistente e un comportamento per fasi. In fase I (varo delle travi in c.a.p e getto della soletta), risulta reagente la sola sezione rettangolare 1.10 x 0.50 m di appoggio della trave. In fase II (condizione definitiva), in cui agiscono i permanenti portati, risulta essere reagente la sezione ad "L" solidarizzata 1.10 x 1.45 m. La seguente figura mostra la sezione resistente nelle due configurazioni.



Sezione resistente cordolo – Fase I



Sezione resistente cordolo – Fase II

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

In entrambe le configurazioni, la struttura è calcolata secondo lo schema di trave doppiamente incastrata, con luce pari alla massima tra gli assi dei due pilastri consecutivi. In via cautelativa, il momento flettente in mezzzeria, è assunto pari a  $1/16 qL^2$ .

Seguono le sollecitazioni agenti.

### **Cordolo – Fase I – 1.10 x 0.50 m**

#### **Fase I - Getto**

	<b>pk (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L' (m)</b>	<b>qk (kN/m)</b>
<b>qG1,k</b>	22.5	8.35	188

- Sezione di appoggio

<b>L (m)</b>	<b>MED,SLU, App (kNm)</b>	<b>MSLER, App (kNm)</b>	<b>VED,SLU, App (kN)</b>
4.09	-340	-262	499

- Sezione di mezzzeria

<b>L (m)</b>	<b>MED,SLU, Mez (kNm)</b>	<b>MSLER, Mez (kNm)</b>
4.09	255	196

### **Cordolo – Fase II – 1.10 x 1.45 m**

#### **Fase II - Esercizio**

	<b>pk (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>L' (m)</b>	<b>qk (kN/m)</b>
<b>qG1,k</b>	22.5	8.35	188
<b>qG2,k</b>	14.5	9.60	139
<b>qG2,k,rint</b>	50.0	9.30	233

	<b>qd (kN/m)</b>
<b>qSLU</b>	727.4
<b>qSLER</b>	559.6

- Sezione di appoggio

<b>L (m)</b>	<b>MED,SLU, App (kNm)</b>	<b>MSLER, App (kNm)</b>	<b>VED,SLU, App (kN)</b>
4.09	-1014	-780	1488

- Sezione di mezzzeria

<b>L (m)</b>	<b>MED,SLU, Mez (kNm)</b>	<b>MSLER, Mez (kNm)</b>
4.09	761	585

## 10 RISULTATI E VERIFICHE

### 10.1 VERIFICHE STRUTTURALI

#### 10.1.1 TRAVI IN C.A.P

Le travi in cemento armato precompresso presentano quattro file di trefoli: tre inferiori ed una superiore. I trefoli sono disposti come mostrato in figura:

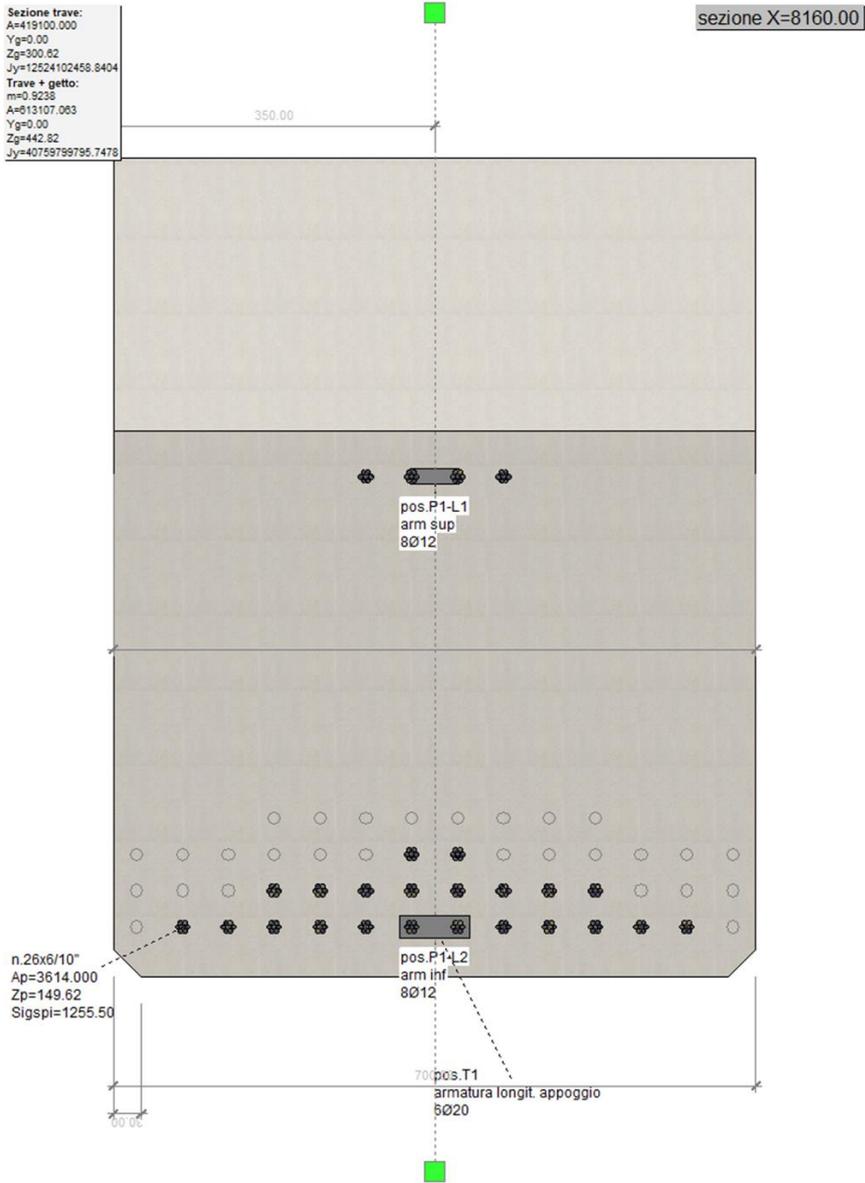


Figura 10.1 – Schema trefoli per travi di copertura in c.a.p.

SS 131 "Carlo Felice"		
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

Le travi hanno come armatura longitudinale lenta corrente  $8+8\phi 12$ . In testata sono disposti  $6\phi 20$  inferiormente e  $6\phi 14$  superiormente. Gli elementi hanno doppia armatura a taglio: la prima interna alle travi con la seguente disposizione:

- $\phi 12/10$  cm per i primi 2 metri misurati dalle testate;
- $\phi 12/20$  cm dai 2 ai 5 metri misurati dalle testate;
- $\phi 10/20$  cm per la restante lunghezza dell'elemento.

La seconda armatura trasversale con funzione di collegamento tra le travi e il getto di completamento lavora sull'altezza utile della sezione finale del traverso ed è così disposta:

- $\phi 10/10$  cm per i primi 2 metri misurati dalle testate
- $\phi 10/20$  cm dai 2 ai 5 metri misurati dalle testate
- $\phi 12/30$  cm per la restante lunghezza dell'elemento

[Per i risultati e le verifiche delle travi in c.a.p. si faccia riferimento ai tabulati di calcolo in allegato, così come per le verifiche in mezzeria del traverso di copertura in configurazione definitiva.](#)

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

### 10.1.2 GALLERIA ARTIFICIALE - MEMBRATURE GETTATE IN OPERA

La soletta di completamento del traverso, di spessore **0.90 m**, sarà armata superiormente con uno strato di **Ø26/10 cm** correnti e un ulteriore strato di **Ø26/10 cm** all'appoggio. Come armatura a taglio sono previste una staffe **Ø10/10 cm**.

La soletta di fondazione, di spessore **1.20 m**, sarà armata superiormente ed inferiormente con **Ø26/20 cm** correnti e rinforzata con **Ø26/20 cm** + con un ulteriore strato di **Ø26/10 cm** all'estradosso in mezzeria e all'intradosso agli appoggi.

Come armatura a taglio è prevista una maglia di **cavallotti Ø26/50x50 cm**.

I piedritti esterni, di spessore **1.10 m**, saranno armati con **Ø26/10 cm** lato terra e **Ø26/20 cm** lato interno, con un ulteriore rinforzo di **Ø26/20 cm** lato terra. Come armatura a taglio è prevista una maglia di **spille Ø12/40x40 cm** in testa e una maglia di **spille Ø14/40x40 cm** allo spiccatto.

Per tutti gli elementi sono previsti **ripartitori Ø16/20 cm**.

Il cordolo di appoggio tra trave e

Il cordolo di prima fase, di dimensioni **1.10 x 0.50 m**, sarà armato con **7Ø20** correnti superiori e inferiori e un rinforzo di ulteriori **3Ø20** superiori all'appoggio. Come armatura a taglio è prevista una maglia di **staffe Ø12/10 cm a 4 bracci**.

Il cordolo di seconda fase, di dimensioni **1.10 x 1.45 m**, sarà armato con **5Ø20 superiori in doppio strato** correnti. Come armatura a taglio è prevista una maglia di **staffe Ø12/10 cm a 3 bracci**.

I pilastrini, di dimensioni **0.60 x 0.80 m**, saranno armati con **8+8Ø20** e **3+3Ø20** correnti e con **staffe Ø10/10 cm a 2 bracci**, per una distanza di 2.0 m dalle sezioni di incasto e con **staffe Ø10/20 cm a 2 bracci**, per la restante porzione del pilastro.

#### 10.1.2.1 Verifiche a flessione

Le verifiche a flessione e pressoflessione delle sezioni in c.a., sia agli Stati Limite Ultimi che per quelli di Esercizio, sono state effettuate con il software RCSEC® prodotto da Geostru.

Si riportano le verifiche per l'involuppo agli SLU/SLV e agli SLE per il traverso, la fondazione e i piedritti, per il traverso le sollecitazioni di progetto al metro lineare vengono moltiplicate per l'interasse tra le travi in c.a.p. e verificate sulla relativa sezione. I piedritti e i pilastrini, sono verificati con riferimento allo sforzo normale SLE-QP.

Le verifiche risultano soddisfatte.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## Fondazione – Sp 1.20 m

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.630	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	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:	360.00	MPa	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	120.0
3	50.0	120.0
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	7.9	26
3	-45.0	112.1	26
4	45.0	112.1	26
5	-45.0	106.9	26
6	45.0	106.9	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	2	3	26
2	3	4	8	26
3	5	6	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

<b>SS 131 "Carlo Felice"</b> Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-2340.00	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	-1800.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (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	-1800.00 (-1244.92)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (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	-1800.00 (-1244.92)	0.00 (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:	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)  
 As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-2340.00	0.00	0.00	-4192.56	0.00	1.79	106.2(24.0)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato 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	0.189	-50.0	0.0	0.00220	-45.0	7.9	-0.01497	-45.0	112.1

<b>SS 131 "Carlo Felice"</b> Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000164801	0.003500000	0.189	0.700

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.58	-50.0	0.0	-183.2	35.0	112.1	2550	106.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.58	-50.0	0.0	-183.2	35.0	112.1	2550	106.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00102	0	0.500	26.0	66	0.00059 (0.00055)	222	0.131 (0.30)	-1244.92	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.58	-50.0	0.0	-183.2	35.0	112.1	2550	106.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00102	0	0.500	26.0	66	0.00070 (0.00055)	222	0.155 (0.20)	-1244.92	0.00

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## Piedritto – Sp 1.10 m

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.630	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	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:	360.00	MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	110.0
3	50.0	110.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.9	26
2	45.0	7.9	26
3	-45.0	102.1	26
4	45.0	102.1	26
5	-45.0	96.9	26
6	45.0	96.9	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	2	3	26
2	3	4	8	26
3	5	6	3	26

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [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

<b>SS 131 "Carlo Felice"</b> Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	187.00	-1861.00	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	187.00	-1432.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (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	187.00	-1432.00 (-1022.95)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (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	187.00	-1432.00 (-1022.95)	0.00 (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:	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)  
 As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	187.00	-1861.00	0.00	187.23	-2998.34	0.00	1.61	79.6(22.0)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato 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	0.157	-50.0	0.0	0.00178	-45.0	7.9	-0.01874	-45.0	102.1

<b>SS 131 "Carlo Felice"</b> Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000217802	0.003500000	0.157	0.700

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.76	-50.0	0.0	-197.1	35.0	102.1	2400	79.6

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.76	-50.0	0.0	-197.1	35.0	102.1	2400	79.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00111	0	0.500	26.0	66	0.00059 (0.00059)	249	0.147 (0.30)	-1022.95	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.76	-50.0	0.0	-197.1	35.0	102.1	2400	79.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00111	0	0.500	26.0	66	0.00072 (0.00059)	249	0.180 (0.20)	-1022.95	0.00

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## Trasverso – Sp 0.90 m

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.630	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	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:	360.00	MPa	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-35.0	0.0
2	-35.0	90.0
3	35.0	90.0
4	35.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-27.7	7.3	20
2	27.7	7.3	20
3	-27.7	82.7	26
4	27.7	82.7	26
5	-27.7	77.5	26
6	27.7	77.5	26

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	5	20
2	3	4	5	26
3	5	6	3	26

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [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

<b>SS 131 "Carlo Felice"</b> Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-1303.00	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	-1002.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (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	-1002.00 (-505.65)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (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	-1002.00 (-505.65)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.0 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)  
 As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-1303.00	0.00	0.00	-1835.78	0.00	1.41	63.7(12.6)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato 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	0.194	-35.0	0.0	0.00191	-27.7	7.3	-0.01450	-27.7	82.7

<b>SS 131 "Carlo Felice"</b> Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000217634	0.003500000	0.194	0.700

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.16	-35.0	0.0	-233.4	18.5	82.7	1330	63.7

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.16	-35.0	0.0	-233.4	18.5	82.7	1330	63.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00134	0	0.500	26.0	60	0.00087 (0.00070)	197	0.172 (0.30)	-505.65	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	10.16	-35.0	0.0	-233.4	18.5	82.7	1330	63.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00134	0	0.500	26.0	60	0.00097 (0.00070)	197	0.192 (0.20)	-505.65	0.00

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## Pilastro –0.80 x 0.60 m

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.630	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	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:	360.00	MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-30.0	0.0
2	-30.0	80.0
3	30.0	80.0
4	30.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-22.8	7.2	20
2	22.8	7.2	20
3	-22.8	72.8	20
4	22.8	72.8	20

### 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	2	6	20
2	3	4	6	20
3	1	3	3	20
4	2	4	3	20

### 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

<b>SS 131 "Carlo Felice"</b> Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

1                    1690.00                    1084.00                    31.00                    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	1690.00	726.00	24.00

**COMB. FREQUENTI (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	1690.00	726.00 (439.13)	24.00 (14.52)

**COMB. QUASI PERMANENTI (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	1690.00	726.00 (439.13)	24.00 (14.52)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.5 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)
As Totale	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1690.00	1084.00	31.00	1690.09	1326.17	40.15	1.22	69.1(14.4)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	30.0	80.0	0.00251	22.8	72.8	-0.00633	-22.8	7.2

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.00011137	0.000126960	-0.006990878	----	----

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	14.27	30.0	80.0	-167.9	-22.8	7.2	702	25.1

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	14.27	30.0	80.0	-167.9	-22.8	7.2	702	25.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00103	0	0.500	20.0	62	0.00050 (0.00050)	203	0.102 (0.30)	439.13	14.52

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	14.27	30.0	80.0	-167.9	-22.8	7.2	702	25.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00103	0	0.500	20.0	62	0.00059 (0.00050)	203	0.121 (0.20)	439.13	14.52

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

### Cordolo – Fase I – 1.10 x 0.50 m

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resist. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.630	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	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:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-55.0	0.0
2	-55.0	50.0
3	55.0	50.0
4	55.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-47.8	7.2	20
2	47.8	7.2	20
3	-47.8	42.8	20
4	47.8	42.8	20

#### 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	2	5	20
2	3	4	8	20
3	1	3	2	20
4	2	4	2	20

#### 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

SS 131 "Carlo Felice"

Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500



CA-357

Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-340.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	255.00	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	-262.00	0.00
2	0.00	196.00	0.00

COMB. FREQUENTI (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	-262.00 (-207.27)	0.00 (0.00)
2	0.00	196.00 (200.94)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (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	-262.00 (-207.27)	0.00 (0.00)
2	0.00	196.00 (200.94)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.6 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)  
 As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1,000  
 Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-340.00	0.00	0.00	-575.40	0.00	1.69	44.0(11.0)
2	S	0.00	255.00	0.00	0.00	443.39	0.00	1.74	34.6(11.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato 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.)

SS 131 "Carlo Felice"

Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500



CA-357

Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03

		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	0.207	-55.0	0.0	0.00066	-47.8	7.2	-0.01339	47.8	42.8
2	0.00350	0.178	-55.0	50.0	0.00019	-47.8	42.8	-0.01616	-47.8	7.2

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

		Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen. Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45 Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N° Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.	
1	0.000000000	-0.000394729	0.003500000	0.207	0.700	
2	0.000000000	0.000459267	-0.019463374	0.178	0.700	

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

		S = comb. verificata/ N = comb. non verificata Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa] Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O) Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa] Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O) Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure							
N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.37	-55.0	0.0	-204.7	37.2	42.8	1265	31.4
2	S	6.03	-55.0	50.0	-206.9	31.9	7.2	1375	22.0

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

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.37	-55.0	0.0	-204.7	37.2	42.8	1265	31.4
2	S	6.03	-55.0	50.0	-206.9	31.9	7.2	1375	22.0

COMBINAZIONI FREQUENTI 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 fctm Esito della verifica Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2] = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2] = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2] = 1.750 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2] Cofre [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa 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] Massima distanza tra le fessure [mm] Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm] 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	-0.00129	0	0.500	20.0	62	0.00061 (0.00061)	245	0.151 (0.30)	-207.27	0.00	
2	S	-0.00128	0	0.500	20.0	62	0.00062 (0.00062)	321	0.199 (0.30)	200.94	0.00	

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.37	-55.0	0.0	-204.7	37.2	42.8	1265	31.4
2	S	6.03	-55.0	50.0	-206.9	31.9	7.2	1375	22.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00129	0	0.500	20.0	62	0.00069 (0.00061)	245	0.169 (0.20)	-207.27	0.00
2	S	-0.00128	0	0.500	20.0	62	0.00062 (0.00062)	321	0.199 (0.20)	200.94	0.00

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## Cordolo – Fase II – 1.10 x 1.45 m

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.630	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	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:	360.00	MPa	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-55.0	0.0
2	-55.0	50.0
3	-30.0	50.0
4	-30.0	145.0
5	30.0	145.0
6	30.0	50.0
7	55.0	50.0
8	55.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-47.8	7.2	20
2	47.8	7.2	20
3	-47.8	42.8	20
4	47.8	42.8	20
5	-22.8	137.8	20
6	22.8	137.8	20
7	-22.8	133.2	20
8	22.8	133.2	20

### 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	2	5	20
2	3	4	5	20
3	1	3	2	20
4	2	4	2	20
5	5	6	3	20
6	7	8	3	20

SS 131 "Carlo Felice"

Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500



CA-357

Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-1014.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	761.00	0.00	0.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-780.00	0.00
2	0.00	585.00	0.00
3	0.00	-518.00	0.00
4	0.00	389.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-780.00 (-1054.85)	0.00 (0.00)
2	0.00	585.00 (1405.48)	0.00 (0.00)
3	0.00	-518.00 (-1054.85)	0.00 (0.00)
4	0.00	389.00 (1405.48)	0.00 (0.00)

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-780.00 (-1054.85)	0.00 (0.00)
2	0.00	585.00 (1405.48)	0.00 (0.00)
3	0.00	-518.00 (-1054.85)	0.00 (0.00)
4	0.00	389.00 (1405.48)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.2 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)
As Tesa	Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000 Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

<b>SS 131 "Carlo Felice"</b> Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-1014.00	0.00	0.00	-2013.23	0.00	1.99	66.0(22.4)
2	S	0.00	761.00	0.00	0.00	2494.38	0.00	3.28	56.5(22.4)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato 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	0.088	-55.0	0.0	0.00142	-47.8	7.2	-0.03630	-22.8	137.8
2	0.00350	0.112	-30.0	145.0	0.00187	-22.8	137.8	-0.02766	-47.8	7.2

**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	-0.000288812	0.003500000	0.088	0.700
2	0.000000000	0.000226106	-0.029285347	0.112	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 conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf 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	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.51	-55.0	0.0	-196.5	11.4	137.8	1440	31.4
2	S	3.30	-30.0	145.0	-114.9	31.9	7.2	2809	34.6
3	S	2.33	-55.0	0.0	-130.5	11.4	137.8	1410	31.4
4	S	2.19	-30.0	145.0	-76.4	31.9	7.2	2809	34.6

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.51	-55.0	0.0	-196.5	11.4	137.8	1440	31.4
2	S	3.30	-30.0	145.0	-114.9	31.9	7.2	2809	34.6
3	S	2.33	-55.0	0.0	-130.5	11.4	137.8	1410	31.4
4	S	2.19	-30.0	145.0	-76.4	31.9	7.2	2809	34.6

**COMBINAZIONI FREQUENTI 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 fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 1.750 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diámetro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	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	-0.00105	0	0.500	20.0	62	0.00059 (0.00059)	264	0.156 (0.30)	-1054.85	0.00

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

2	S	-0.00062	0	0.500	20.0	62	0.00034 (0.00034)	385	0.133 (0.30)	1405.48	0.00
3	S	-0.00070	0	0.500	20.0	62	0.00039 (0.00039)	261	0.102 (0.30)	-1054.85	0.00
4	S	-0.00041	0	0.500	20.0	62	0.00023 (0.00023)	385	0.088 (0.30)	1405.48	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.51	-55.0	0.0	-196.5	11.4	137.8	1440	31.4
2	S	3.30	-30.0	145.0	-114.9	31.9	7.2	2809	34.6
3	S	2.33	-55.0	0.0	-130.5	11.4	137.8	1410	31.4
4	S	2.19	-30.0	145.0	-76.4	31.9	7.2	2809	34.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	∅	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00105	0	0.500	20.0	62	0.00061 (0.00059)	264	0.160 (0.20)	-1054.85	0.00
2	S	-0.00062	0	0.500	20.0	62	0.00034 (0.00034)	385	0.133 (0.20)	1405.48	0.00
3	S	-0.00070	0	0.500	20.0	62	0.00039 (0.00039)	261	0.102 (0.20)	-1054.85	0.00
4	S	-0.00041	0	0.500	20.0	62	0.00023 (0.00023)	385	0.088 (0.20)	1405.48	0.00

Il cordolo è verificato, con riferimento agli SLE in fase II definitiva lato acciaio e lato cls, sulla base della somma delle tensioni generate nelle barre di armatura in fase I e in fase II, cioè:

$$\sigma_{s,tot} = \sigma_{s,I} + \sigma_{s,II}$$

$$\sigma_{c,tot} = \sigma_{c,I} + \sigma_{c,II}$$

Tali valutazioni, sono effettuate rispetto al lembo di cls maggiormente compresso e ai due livelli di armature resistenti, presenti nella sezione, sia per la zona di appoggio, che di mezzzeria.

**Fase I - Getto**

- Sezione di appoggio

<b><math>\sigma_{S, App}</math></b> <b>(MPa)</b>	<b><math>\sigma_{C, App}</math></b> <b>(MPa)</b>
205	7.37

- Sezione di mezzzeria

<b><math>\sigma_{S, Mez}</math></b> <b>(MPa)</b>	<b><math>\sigma_{C, Mez}</math></b> <b>(MPa)</b>
207	6.03

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

## Fase II - Esercizio

- Sezione di appoggio

$\sigma_S$ sup, App (MPa)	$\sigma_S$ inf, App (MPa)	$\sigma_C$ , App (MPa)
131	17.00	2.35

- Sezione di mezzeria

$\sigma_S$ sup, Mez (MPa)	$\sigma_S$ inf, Mez (MPa)	$\sigma_C$ , Mez (MPa)
77	49	2.20

## Totali

- Sezione di appoggio

$\sigma_S$ sup, App (MPa)	$\sigma_S$ inf, App (MPa)	$\sigma_C$ , App (MPa)
131	222	10

- Sezione di mezzeria

$\sigma_S$ sup, Mez (MPa)	$\sigma_S$ inf, Mez (MPa)	$\sigma_C$ , Mez (MPa)
77	256	8.23

## Verifica tensionale - SLE

	$\sigma_{Smax}$ (MPa)	$\sigma_{Cmax}$ (MPa)
<i>Tensioni resistenti</i>	360	14.40
	OK	OK

Le verifiche tensionali in esercizio, risultano soddisfatte.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

### 10.1.2.2 Verifiche a taglio

La verifica a taglio agli SLU è eseguita nei confronti delle sollecitazioni massime di progetto ed è la seguente:

#### VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Sollecitazioni di calcolo	Var	unità	TRAVERSO SUPERIORE	TESTA PIEDRITTI	BASE PIEDRITTI	FONDAZIONE
<b>Taglio di calcolo</b>	<b>V<sub>Ed</sub></b>	<b>kN</b>	<b>604.8</b>	<b>430.0</b>	<b>785.0</b>	<b>1130.0</b>
<b>Dati</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>				
<b>Resistenza a compressione cubica caratteristica</b>	<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>Mpa</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	Mpa	33.2	33.2	33.2	33.2
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	f <sub>cd</sub>	Mpa	18.8	18.8	18.8	18.8
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	f <sub>yk</sub>	Mpa	450	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	f <sub>ywd</sub>	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>						
<b>Altezza (porre = 0 in caso di sezione circolare)</b>	<b>H</b>	<b>m</b>	<b>0.90</b>	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>	<b>1.20</b>
Larghezza/ Diametro	B	m	0.69	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	A <sub>c</sub>	m <sup>2</sup>	0.62	1.10	1.10	1.20
Larghezza anima	b <sub>w</sub>	m	0.69	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.099	0.079	0.079	0.105
altezza utile della sezione	d	m	0.80	1.02	1.02	1.10
<b>Compressione agente nella sezione</b>						
<b>Sforzo normale di calcolo</b>	<b>N<sub>Ed</sub></b>	<b>kN</b>	<b>0.0</b>	<b>187.9</b>	<b>385.9</b>	<b>0.0</b>
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>						
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata	A <sub>sl</sub>	mm <sup>2</sup>	3717	5310	5310	10620
Coefficiente k	k	m	1.50	1.44	1.44	1.43
$v_{min}$	$v_{min}$		0.4	0.3	0.3	0.3
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00673	0.00520	0.00520	0.00970
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	0.00	0.17	0.35	0.00
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>280.1</b>	<b>483.0</b>	<b>510.6</b>	<b>596.7</b>
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>						
<i>Verifica del conglomerato</i>						
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	3119.4	5762.5	5762.5	6180.2
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>						
diametro staffe	f <sub>sw</sub>	mm	10	12	14	26
passo staffe	s <sub>cp</sub>	m	0.10	0.40	0.40	0.50
numero di bracci	n <sub>b</sub>		2.0	2.5	2.5	2.0
Armatura a taglio (staffe)	A <sub>sw</sub>	mm <sup>2</sup>	157	283	385	1062
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	0	171	351	0
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.00	1.01	1.02	1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsd</sub>	kN	1107.8	635.5	864.9	2047.6
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	1613.4	3007.5	3036.0	3196.5
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>1107.8</b>	<b>635.5</b>	<b>864.9</b>	<b>2047.6</b>
Coefficiente di Sicurezza a Taglio	V <sub>rd</sub> /V <sub>ed</sub>		1.83	1.48	1.10	1.81

SS 131 "Carlo Felice"		
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</b>	

#### VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Sollecitazioni di calcolo	Var	unità	PILASTRI	CORDOLO - FASE I	CORDOLO - FASE II
<b>Taglio di calcolo</b>	<b>V<sub>Ed</sub></b>	<b>kN</b>	<b>191.9</b>	<b>500</b>	<b>1490.0</b>
<b>Dati</b>					
<b>Resistenza a compressione cubica caratteristica</b>	<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>Mpa</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	Mpa	33.2	33.2	33.2
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	f <sub>cd</sub>	Mpa	18.8	18.8	18.8
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	f <sub>yk</sub>	Mpa	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	f <sub>ywd</sub>	Mpa	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>					
<b>Altezza (porre = 0 in caso di sezione circolare)</b>	<b>H</b>	<b>m</b>	<b>0.80</b>	<b>0.50</b>	<b>1.45</b>
Larghezza/ Diametro	B	m	0.60	1.10	0.60
Area calcestruzzo	A <sub>c</sub>	m <sup>2</sup>	0.48	0.55	0.87
Larghezza anima	b <sub>w</sub>	m	0.60	1.10	0.60
copriferro	c	m	0.072	0.072	0.072
altezza utile della sezione	d	m	0.73	0.43	1.38
<b>Compressione agente nella sezione</b>					
<b>Sforzo normale di calcolo</b>	<b>N<sub>Ed</sub></b>	<b>kN</b>	<b>1690.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio</b>					
Area dell'armatura longitudinale di trazione ancorata al di là dell'intersezione dell'asse dell'armatura con una eventuale fessura a 45° che si inneschi nella sezione considerata					
	A <sub>sl</sub>	mm <sup>2</sup>	2512	3140	1884
Coefficiente k	k	m	1.52	1.68	1.38
v <sub>min</sub>	v <sub>min</sub>		0.4	0.4	0.3
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00575	0.00667	0.00228
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	3.52	0.00	0.00
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>444.2</b>	<b>267.1</b>	<b>269.0</b>
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>					
<i>Verifica del conglomerato</i>					
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	2465.3	2657.2	4666.5
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>					
diametro staffe	f <sub>sw</sub>	mm	10	12	12
passo staffe	s <sub>cp</sub>	m	0.10	0.10	0.10
numero di bracci	n <sub>b</sub>		2.0	4.0	3.0
Armatura a taglio (staffe)	A <sub>sw</sub>	mm <sup>2</sup>	157	452	339
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	45	45	45
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	3521	0	0
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.19	1.00	1.00
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsd</sub>	kN	402.7	681.9	1646.6
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	2195.0	1992.9	3499.8
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>402.7</b>	<b>681.9</b>	<b>1646.6</b>
<i>Coefficiente di Sicurezza a Taglio</i>	<i>V<sub>rd</sub>/V<sub>ed</sub></i>		2.10	1.36	1.11

Le verifiche risultano soddisfatte.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## **11 DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018)**

### **11.1 Tipo di analisi svolte**

Le analisi strutturali e le verifiche per il dimensionamento delle strutture sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato ricorrendo a modelli tridimensionali in cui gli elementi strutturali sono stati schematizzati come elementi piani tipo "shell" ed elementi monodimensionali tipo "frame".

I vincoli esterni sono costituiti da cerniere o incastri.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui le opere saranno soggette.

### **11.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

#### ANALISI STRUTTURALE

Nome del Software: MIDAS-GEN 2019 (v2.1)

Produttore CSPFEA Engineering Solutions

Licenza concessa a VIA INGEGNERIA s.r.l. – Licenza N° 21324

#### Verifiche di elementi in c.a.

Software: RC-SEC

Produttore: GeoStru

Licenza: Via Ingegneria srl – numero 6VJOK-MNXPY-ZPAS2-REJKU.

### **11.3 Affidabilità dei codici di calcolo**

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori del software contiene esaurienti descrizioni delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati con l'individuazione dei campi d'impiego.

### **11.4 Modalità di presentazione dei risultati**

Le relazioni di calcolo strutturale presentano i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. Le relazioni di calcolo illustrano in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b><i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i></b>	

### **11.5 Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### **11.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, il Progettista delle Strutture asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

SS 131 "Carlo Felice"		 GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## 12 ALLEGATI

### 12.1 Allegato 1 - Trave c.a.p. trasverso di copertura - Analisi

# SS131 - OSSI

## GALLERIA ARTIFICIALE

### 1 Dati impalcato

Tipo di impalcato: travi prefabbricate più soletta collaborante

#### 1.1 Dati geometrici

Luce di calcolo	15.00
Larghezza cordolo sinistro	0.00
Larghezza carreggiata	7.70
Larghezza cordolo destro	0.00
Larghezza fuori tutto impalcato	7.70
Numero travi	11
Tipo trave	H60
Interasse travi	0.70
Larghezza travi	0.70
Lunghezza retrotrave	0.30
Lunghezza ringrosso	0.00
Lunghezza svasatura	0.00
Eccentricità travi-soletta	0.00
Spessore medio soletta	0.30
Spessore minimo soletta	0.25
Luce di calcolo soletta	0.00
Larghezza marciapiede sinistro	0.00
Dist. marciapiede sinistro	0.00
Larghezza marciapiede destro	0.00
Dist. marciapiede destro	0.00
Spessore medio cordoli	0.30

#### 1.2 Traversi in testata

Altezza sezione traversi	0.50
Spessore sezione traversi	0.30
<b>n.</b>	<b>X [m]</b>
1	0.00
2	15.00

#### 1.3 Trave prefabbricata H60

Altezza della sezione	0.60	[m]
Spessore complessivo anime	7000.00	[m]
Area sezione di calcestruzzo	0.42	[m <sup>2</sup> ]
Ordinata y baricentro	0.30	[m]
Ascissa x baricentro	0.00	[m]
J baricentro	0.01	[m <sup>4</sup> ]
Coefficiente torsionale	0.02	[m <sup>4</sup> ]

#### 1.4 Geometria getto in opera

Lunghezza in direz. X	15.60	[m]
Altezza della sezione	0.30	[m]

Area sezione	2.31	[m <sup>2</sup> ]
Z baricentro	0.75	[m]
J baricentrico	0.02	[m <sup>4</sup> ]

## 2 Parametri dei materiali

Ritiro differenziale trave - soletta	0.00000	[-]
Coeff. omogen. E cls soletta / E cls trave	0.92	[-]
Modulo elastico trave e soletta (calcolo frecce)	3.502945E7	[KN/m <sup>2</sup> ]
Peso specifico trave prefabbricata	25.0000	[KN/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico calcestruzzo getto in opera	25.0000	[KN/m <sup>3</sup> ]

## 3 Normative di riferimento

- DM 17/01/2018 - Norme tecniche per le costruzioni

## 4 Carichi applicati

### 4.1 Carichi permanenti

#### 4.1.1 Distribuiti uniformi

Peso unitario pavimentazione = 0.00 [KN/m<sup>2</sup>]

Peso totale pavimentazione = 0.00 [KN]

permanentemente portati 14.50 [KN/m<sup>2</sup>]

Totale sull'impalcato = 111.65 [KN]

#### 4.1.2 Carichi lineari di 2a fase sull'impalcato (extra2)

n.	Descrizione	q [KN/m]	ecc.Y	X'i	Rif.X'i	X'f	Rif.X'f
1		35.00	0.70	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
2		35.00	-1.40	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
3		35.00	2.80	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
4		35.00	-2.80	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
5		35.00	1.40	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
6		35.00	2.10	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
7		35.00	-2.10	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
8	Rinterro equiv	35.00	0.00	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
9		35.00	-0.70	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio iniziale
10		35.00	3.50	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio finale
11		35.00	-3.50	0.00	Appoggio iniziale	9.30	Appoggio finale

### 4.2 Carichi mobili

Categoria ponte : *Stradale 1a categoria*

Numero assi per corsia: 0

corsia	Nome	Q [KN]	p [KN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha_Q$	$\alpha_q$
1	Corsia 1	0.00	0.00	1.00	1.00
2	Corsia 2	0.00	0.00	1.00	1.00

corsia	Nome	Q [KN]	p [KN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha_Q$	$\alpha_q$
3	Corsia 3	0.00	0.00	1.00	1.00

Carico folla sui marciapiedi = 0.00 [KN/m<sup>2</sup>]

## 5 Coefficienti di combinazione

I coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU (A1 STR) valgono:

	$\gamma_{sup.}$	$\gamma_{inf.}$
Coeff. sicurezza carichi permanenti strutturali	1.30	1.00
Coeff. sicurezza carichi permanenti non strutturali	1.30	1.00
Coeff. sicurezza carichi traffico	1.50	0.00
Coeff. sicurezza carichi variabili	1.50	0.00

I coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali da utilizzare nelle combinazioni di carico agli SLE valgono:

Carico	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
gruppo 1 - Schema 1 - carichi distribuiti	0.75	0.75	0.00
gruppo 1 - Schema 1 - carichi tandem	0.75	0.75	0.00
gruppi 2 - frenatura/centrifuga	0.00	0.00	0.00
gruppo 3 - Schema 5	0.00	0.00	0.00
gruppo 4 - Schema 5 (folla)	0.75	0.75	0.00
gruppo 5 - veicoli speciali	0.00	0.00	0.00
gruppo 1 - Schema 2 (asse singolo)	0.75	0.75	0.00
vento a ponte scarico	0.60	0.20	0.00
termico	0.60	0.60	0.50

## 6 Metodo di Massonnet

Non è stata messa in conto la rigidità torsionale della sezione trave+soletta.

Non è stata messa in conto la rigidità torsionale della sezione traverso+soletta.

L	15.00
B	3.85
L1	1.00
B1	0.70
Ap	0.6121
Dp	0.44
Jp	0.040656
Cp	0.000000
Ae	0.2500
De	0.13
Je	0.001302
Ce	0.000000
Teta	0.677
Radice alfa	0.000

### 6.1 Coefficienti di Massonnet

Trave verificata: 6  $y=0$

Y	3.85	2.89	1.93	0.96	0.00	-0.96	-1.93	-2.89	-3.85
K <sub>0</sub>	0.091	0.581	1.056	1.457	1.641	1.457	1.056	0.581	0.091
K <sub>1</sub>	0.726	0.844	0.994	1.161	1.256	1.161	0.994	0.844	0.726

<b>Y</b>	<b>3.85</b>	<b>2.89</b>	<b>1.93</b>	<b>0.96</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.96</b>	<b>-1.93</b>	<b>-2.89</b>	<b>-3.85</b>
$K_{\alpha}$	0.091	0.581	1.056	1.457	1.641	1.457	1.056	0.581	0.091

<b>Y</b>	<b>3.85</b>	<b>2.89</b>	<b>1.93</b>	<b>0.96</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.96</b>	<b>-1.93</b>	<b>-2.89</b>	<b>-3.85</b>
$\mu_{\alpha}$	-0.138	-0.077	-0.011	0.072	0.181	0.072	-0.011	-0.077	-0.138

## 6.2 Applicazione dei carichi alla trave

Lunghezza trave in asse	15.60	[m]
Peso trave (sezione filante)	10.48	[KN/m]
Peso totale trave prefabb.	163.45	[KN]
Peso soletta gravante sulla trave	5.25	[KN/m]
Peso pavimentazione sulla trave	0.00	[KN/m]
Peso trasverso in testata	0.00	[KN]

Striscie per calcolo effetti pavimentazione e folla in carreggiata :

striscia	ecc.Y	Larghezza	K Massonnet
1	3.66	0.39	0.189
2	3.27	0.39	0.385
3	2.89	0.39	0.581
4	2.50	0.39	0.774
5	2.12	0.39	0.964
6	1.73	0.39	1.145
7	1.35	0.39	1.312
8	0.96	0.39	1.457
9	0.58	0.39	1.568
10	0.19	0.39	1.632
11	-0.19	0.39	1.632
12	-0.58	0.39	1.568
13	-0.96	0.39	1.457
14	-1.35	0.39	1.312
15	-1.73	0.39	1.145
16	-2.12	0.39	0.964
17	-2.50	0.39	0.774
18	-2.89	0.39	0.581
19	-3.27	0.39	0.385
20	-3.66	0.39	0.189

### 6.2.1 Fase 2: carichi lineari

n.	Descrizione	[KN/m]	ecc.Y	K Massonnet	$\mu$ Massonnet
1		35.000	0.70	1.537	0.099
2		35.000	-1.40	1.291	0.032
3		35.000	2.80	0.625	-0.071
4		35.000	-2.80	0.625	-0.071
5		35.000	1.40	1.291	0.032
6		35.000	2.10	0.972	-0.023
7		35.000	-2.10	0.972	-0.023
8	Rinterro equiv	35.000	0.00	1.641	0.181
9		35.000	-0.70	1.537	0.099
10		35.000	3.50	0.269	-0.116
11		35.000	-3.50	0.269	-0.116

### 6.2.2 Disposizione carichi mobili per massimo effetto sulla trave 6

Carichi non presenti

### 6.2.3 Disposizione carichi mobili per calcolo M max su traverso (sez. Y=0)

Carichi non presenti

### 6.2.4 Disposizione carichi mobili per calcolo M min su traverso (sez. Y=0)

## 7 Sollecitazioni trave n. 6

### 7.1 Valori caratteristici sollecitazioni

#### 7.1.1 Al taglio trefoli ed in opera

X	Descrizione	peso trave		peso soletta+traversi	
		M [KN·m]	V [KN]	M [KN·m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	78.58	0.00	39.38
1.00		73.25	68.10	36.70	34.13
2.00		136.09	57.63	68.19	28.88
3.00		188.52	47.15	94.46	23.63
4.00		230.47	36.67	115.48	18.38
5.00		261.83	26.19	131.20	13.13
6.00		282.77	15.72	141.69	7.88
7.00		293.31	5.24	146.97	2.63
7.50	mezzeria	294.68	0.00	147.66	0.00
8.00		293.31	-5.24	146.97	-2.62
9.00		282.77	-15.72	141.69	-7.88
10.00		261.83	-26.19	131.20	-13.13
11.00		230.47	-36.67	115.48	-18.38
12.00		188.52	-47.15	94.46	-23.63
13.00		136.09	-57.63	68.19	-28.88
14.00		73.25	-68.10	36.70	-34.13
15.00	appoggio	0.00	-78.58	0.00	-39.38

#### 7.1.2 Seconda fase - carichi permanenti

Sez.X	Descrizione	peso cordoli		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00	0.00
2.00		0.00	0.00	0.00
3.00		0.00	0.00	0.00
4.00		0.00	0.00	0.00
5.00		0.00	0.00	0.00
6.00		0.00	0.00	0.00
7.00		0.00	0.00	0.00
7.50	mezzeria	0.00	0.00	0.00
8.00		0.00	0.00	0.00
9.00		0.00	0.00	0.00
10.00		0.00	0.00	0.00
11.00		0.00	0.00	0.00
12.00		0.00	0.00	0.00
13.00		0.00	0.00	0.00
14.00		0.00	0.00	0.00
15.00	appoggio	0.00	0.00	0.00

Sez.X	Descrizione	permanentemente portati		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]

Sez.X	Descrizione	permanenti portati		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	298.25	0.00
1.00		275.21	253.00	0.00
2.00		505.47	207.76	0.00
3.00		690.80	162.51	0.00
4.00		830.89	117.26	0.00
5.00		925.19	72.02	0.00
6.00		974.65	27.29	0.00
7.00		980.42	-16.24	0.00
7.50	mezzeria	967.10	-38.01	0.00
8.00		942.42	-59.77	0.00
9.00		860.62	-103.30	0.00
10.00		744.11	-123.47	0.00
11.00		615.65	-133.62	0.00
12.00		476.91	-143.77	0.00
13.00		328.02	-153.92	0.00
14.00		169.05	-164.07	0.00
15.00	appoggio	0.00	-174.22	0.00

### 7.1.3 Seconda fase - carichi da traffico

Sez.X	Descrizione	Tandem-TS		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00	0.00
2.00		0.00	0.00	0.00
3.00		0.00	0.00	0.00
4.00		0.00	0.00	0.00
5.00		0.00	0.00	0.00
6.00		0.00	0.00	0.00
7.00		0.00	0.00	0.00
7.50	mezzeria	0.00	0.00	0.00
8.00		0.00	0.00	0.00
9.00		0.00	0.00	0.00
10.00		0.00	0.00	0.00
11.00		0.00	0.00	0.00
12.00		0.00	0.00	0.00
13.00		0.00	0.00	0.00
14.00		0.00	0.00	0.00
15.00	appoggio	0.00	0.00	0.00

Sez.X	Descrizione	Distribuito-UDL		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00	0.00
2.00		0.00	0.00	0.00
3.00		0.00	0.00	0.00
4.00		0.00	0.00	0.00
5.00		0.00	0.00	0.00
6.00		0.00	0.00	0.00
7.00		0.00	0.00	0.00
7.50	mezzeria	0.00	0.00	0.00
8.00		0.00	0.00	0.00
9.00		0.00	0.00	0.00
10.00		0.00	0.00	0.00
11.00		0.00	0.00	0.00
12.00		0.00	0.00	0.00
13.00		0.00	0.00	0.00
14.00		0.00	0.00	0.00
15.00	appoggio	0.00	0.00	0.00

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00	0.00
2.00		0.00	0.00	0.00
3.00		0.00	0.00	0.00
4.00		0.00	0.00	0.00
5.00		0.00	0.00	0.00
6.00		0.00	0.00	0.00
7.00		0.00	0.00	0.00
7.50	mezzeria	0.00	0.00	0.00
8.00		0.00	0.00	0.00
9.00		0.00	0.00	0.00
10.00		0.00	0.00	0.00
11.00		0.00	0.00	0.00
12.00		0.00	0.00	0.00
13.00		0.00	0.00	0.00
14.00		0.00	0.00	0.00
15.00	appoggio	0.00	0.00	0.00

Sez.X	Descrizione	gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00	0.00
2.00		0.00	0.00	0.00
3.00		0.00	0.00	0.00
4.00		0.00	0.00	0.00
5.00		0.00	0.00	0.00
6.00		0.00	0.00	0.00
7.00		0.00	0.00	0.00
7.50	mezzeria	0.00	0.00	0.00
8.00		0.00	0.00	0.00
9.00		0.00	0.00	0.00
10.00		0.00	0.00	0.00
11.00		0.00	0.00	0.00
12.00		0.00	0.00	0.00
13.00		0.00	0.00	0.00
14.00		0.00	0.00	0.00
15.00	appoggio	0.00	0.00	0.00

## 7.2 Valori di combinazione

### 7.2.1 Combinazioni SLU

#### 7.2.1.1 Al taglio dei trefoli

$$E_d = E\{ \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,1} \}$$

$$E_d = E\{ \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	102.16
1.00		95.22	88.53
2.00		176.91	74.91
3.00		245.07	61.29
4.00		299.62	47.67
5.00		340.38	34.05
6.00		367.61	20.43
7.00		381.31	6.81
7.50	mezzeria	383.08	0.00
8.00		381.31	-6.81
9.00		367.61	-20.43

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
10.00		340.38	-34.05
11.00		299.62	-47.67
12.00		245.07	-61.29
13.00		176.91	-74.91
14.00		95.22	-88.53
15.00	appoggio	0.00	-102.16

### 7.2.1.2 Al getto soletta

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	153.34
1.00		142.93	132.90
2.00		265.56	112.45
3.00		367.87	92.01
4.00		449.75	71.56
5.00		510.93	51.11
6.00		551.81	30.67
7.00		572.37	10.22
7.50	mezzeria	575.04	0.00
8.00		572.37	-10.22
9.00		551.81	-30.67
10.00		510.93	-51.11
11.00		449.75	-71.56
12.00		367.87	-92.01
13.00		265.56	-112.45
14.00		142.93	-132.90
15.00	appoggio	0.00	-153.34

### 7.2.1.3 Seconda fase P/T

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	541.06	0.00
1.00		500.71	461.80	0.00
2.00		922.67	382.53	0.00
3.00		1265.90	303.27	0.00
4.00		1529.90	224.00	0.00
5.00		1713.68	144.74	0.00
6.00		1818.85	66.14	0.00
7.00		1846.92	-10.89	0.00
7.50	mezzeria	1832.26	-49.41	0.00
8.00		1797.51	-87.93	0.00
9.00		1670.61	-164.96	0.00
10.00		1478.28	-211.62	0.00
11.00		1250.09	-245.26	0.00
12.00		987.85	-278.91	0.00
13.00		691.98	-312.55	0.00
14.00		362.70	-346.19	0.00
15.00	appoggio	0.00	-379.83	0.00

## 7.2.2 Combinazioni SLE

### 7.2.2.1 Al taglio dei trefoli

$$E_d = E\{ G_{k,1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	78.58
1.00		73.25	68.10
2.00		136.09	57.63
3.00		188.52	47.15
4.00		230.47	36.67
5.00		261.83	26.19
6.00		282.77	15.72
7.00		293.31	5.24
7.50	mezzeria	294.68	0.00
8.00		293.31	-5.24
9.00		282.77	-15.72
10.00		261.83	-26.19
11.00		230.47	-36.67
12.00		188.52	-47.15
13.00		136.09	-57.63
14.00		73.25	-68.10
15.00	appoggio	0.00	-78.58

### 7.2.2.2 Al getto soletta

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]
0.00	appoggio	0.00	117.96
1.00		109.95	102.23
2.00		204.27	86.50
3.00		282.98	70.77
4.00		345.96	55.05
5.00		393.02	39.32
6.00		424.47	23.59
7.00		440.28	7.86
7.50	mezzeria	442.34	0.00
8.00		440.28	-7.86
9.00		424.47	-23.59
10.00		393.02	-39.32
11.00		345.96	-55.05
12.00		282.98	-70.77
13.00		204.27	-86.50
14.00		109.95	-102.23
15.00	appoggio	0.00	-117.96

### 7.2.2.3 Seconda fase - S.L.E. Rara 2ªfase

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{2ªfase} + Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	298.25	0.00
1.00		275.21	253.00	0.00
2.00		505.47	207.76	0.00
3.00		690.80	162.51	0.00
4.00		830.89	117.26	0.00

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
5.00		925.19	72.02	0.00
6.00		974.65	27.29	0.00
7.00		980.42	-16.24	0.00
7.50	mezzeria	967.10	-38.01	0.00
8.00		942.42	-59.77	0.00
9.00		860.62	-103.30	0.00
10.00		744.11	-123.47	0.00
11.00		615.65	-133.62	0.00
12.00		476.91	-143.77	0.00
13.00		328.02	-153.92	0.00
14.00		169.05	-164.07	0.00
15.00	appoggio	0.00	-174.22	0.00

#### 7.2.2.4 Seconda fase - S.L.E. Frequente 2<sup>a</sup> fase

$$E_d = E \{ \sum G_{k,2^a \text{ fase}} + \psi_1 \cdot Q_{k, \text{gruppo 1}} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	298.25	0.00
1.00		275.21	253.00	0.00
2.00		505.47	207.76	0.00
3.00		690.80	162.51	0.00
4.00		830.89	117.26	0.00
5.00		925.19	72.02	0.00
6.00		974.65	27.29	0.00
7.00		980.42	-16.24	0.00
7.50	mezzeria	967.10	-38.01	0.00
8.00		942.42	-59.77	0.00
9.00		860.62	-103.30	0.00
10.00		744.11	-123.47	0.00
11.00		615.65	-133.62	0.00
12.00		476.91	-143.77	0.00
13.00		328.02	-153.92	0.00
14.00		169.05	-164.07	0.00
15.00	appoggio	0.00	-174.22	0.00

#### 7.2.2.5 Seconda fase - S.L.E. Quasi permanente 2<sup>a</sup> fase

$$E_d = E \{ \sum G_{k,2^a \text{ fase}} + \psi_2 \cdot Q_{k, \text{gruppo 1}} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN-m]	V [KN]	T [KN-m]
0.00	appoggio	0.00	298.25	0.00
1.00		275.21	253.00	0.00
2.00		505.47	207.76	0.00
3.00		690.80	162.51	0.00
4.00		830.89	117.26	0.00
5.00		925.19	72.02	0.00
6.00		974.65	27.29	0.00
7.00		980.42	-16.24	0.00
7.50	mezzeria	967.10	-38.01	0.00
8.00		942.42	-59.77	0.00
9.00		860.62	-103.30	0.00
10.00		744.11	-123.47	0.00
11.00		615.65	-133.62	0.00
12.00		476.91	-143.77	0.00
13.00		328.02	-153.92	0.00
14.00		169.05	-164.07	0.00
15.00	appoggio	0.00	-174.22	0.00

## 8 Sollecitazioni sulla soletta

### 8.1 Valori caratteristici M

#### 8.1.1 Effetto globale

##### 8.1.1.1 Carichi permanenti

Sez.	Descrizione	peso cordoli [KN-m/m]	Perm Portati [KN-m/m]
-3.85	estremità dx	0.00	0.42
-3.00		0.00	5.55
-2.00		0.00	12.61
-1.00		0.00	13.84
0.00	asse travi	0.00	16.91
1.00		0.00	13.84
2.00		0.00	12.61
3.00		0.00	5.55
3.85	estremità sx	0.00	0.00

##### 8.1.1.2 Carichi da traffico

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax [KN-m/m]	Mmin [KN-m/m]
-3.85	estremità dx	0.00	0.00
-3.00		0.00	0.00
-2.00		0.00	0.00
-1.00		0.00	0.00
0.00	asse travi	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00
2.00		0.00	0.00
3.00		0.00	0.00
3.85	estremità sx	0.00	0.00

Sez.	Descrizione	Distribuito-UDL	
		Mmax [KN-m/m]	Mmin [KN-m/m]
-3.85	estremità dx	0.00	0.00
-3.00		0.00	0.00
-2.00		0.00	0.00
-1.00		0.00	0.00
0.00	asse travi	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00
2.00		0.00	0.00
3.00		0.00	0.00
3.85	estremità sx	0.00	0.00

Sez.	Descrizione	gruppo 1 (tab.5.1.IV)	
		Mmax [KN-m/m]	Mmin [KN-m/m]
-3.85	estremità dx	0.00	0.00
-3.00		0.00	0.00
-2.00		0.00	0.00
-1.00		0.00	0.00
0.00	asse travi	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00
2.00		0.00	0.00
3.00		0.00	0.00
3.85	estremità sx	0.00	0.00

## 8.1.2 Effetto locale

Luce Soletta	0.00
Carico per ruota - schema 2	0.00
Interasse ruote	0.00
Dimensioni impronta ruota LX x BY	0.00x0.00
Larghezza impronta a metà spessore soletta	0.00
Lunghezza influenza	0.00

Momento flettente trasversale [KN·m/m] (positivo tende le fibre inferiori):

	M max	M min
effetto locale permanenti strutturali	0.00	0.00
effetto locale permanenti non strutturali	0.00	0.00
effetto locale LM2	0.00	0.00

## 8.2 Valori di combinazione

### 8.2.1 Stati Limite Ultimi

#### 8.2.1.1 Persistenti/Transitorie (P/T)

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m/m]	Mmin [KN·m/m]
-3.85	estremità dx	-0.81	-1.05
-3.00		7.21	5.55
-2.00		16.40	12.61
-1.00		18.00	13.84
0.00	asse travi	21.98	16.91
1.00		18.00	13.84
2.00		16.40	12.61
3.00		7.21	5.55
3.85	estremità sx	0.00	0.00

### 8.2.2 Stati Limite di Esercizio

#### 8.2.2.1 Combinazioni Rare

$$E_d = E \{ \sum G_{k,2}^{afase} + Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m/m]	Mmin [KN·m/m]
-3.85	estremità dx	-0.81	-0.81
-3.00		5.55	5.55
-2.00		12.61	12.61
-1.00		13.84	13.84
0.00	asse travi	16.91	16.91
1.00		13.84	13.84
2.00		12.61	12.61
3.00		5.55	5.55
3.85	estremità sx	0.00	0.00

### 8.2.2.2 Combinazioni Frequenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m/m]	Mmin [KN-m/m]
-3.85	estremità dx	-0.81	-0.81
-3.00		5.55	5.55
-2.00		12.61	12.61
-1.00		13.84	13.84
0.00	asse travi	16.91	16.91
1.00		13.84	13.84
2.00		12.61	12.61
3.00		5.55	5.55
3.85	estremità sx	0.00	0.00

### 8.2.2.3 Combinazioni Quasi Permanenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN-m/m]	Mmin [KN-m/m]
-3.85	estremità dx	-0.81	-0.81
-3.00		5.55	5.55
-2.00		12.61	12.61
-1.00		13.84	13.84
0.00	asse travi	16.91	16.91
1.00		13.84	13.84
2.00		12.61	12.61
3.00		5.55	5.55
3.85	estremità sx	0.00	0.00

## 9 Azioni sugli appoggi

### 9.1 Forze Orizzontali

Azione del vento :		
Altezza barriera	0.00	[m]
Pressione cinetica	0.00	[KN/m <sup>2</sup> ]
Forza totale sull'impalcato F <sub>yw</sub>	0.00	[KN]
Azione longitudinale di frenamento q <sub>3</sub> :		
Forza totale sull'impalcato F <sub>xq</sub>	180.00	[KN]
Azione centrifuga: (q <sub>4</sub> - D.M. 17 gennaio 2018 - 5.1.3.6)		
Raggio di curvatura	0.00	[m]
Forza totale sull'impalcato F <sub>yq</sub>	0.00	[KN]

### 9.2 Valori caratteristici reazioni verticali

#### 9.2.1 Carichi di 1a fase

Trave	peso trave [KN]	peso soletta+traversi [KN]
1	81.72	40.95
2	81.72	40.95
3	81.72	40.95
4	81.72	40.95
5	81.72	40.95
6	81.72	40.95
7	81.72	40.95
8	81.72	40.95
9	81.72	40.95
10	81.72	40.95
11	81.72	40.95

### 9.2.2 Carichi permanenti di 2a fase

Trave	peso cordoli [KN]	permanenti portati [KN]+extra2	
		appoggio sx	appoggio dx
1	0.00	279.78	156.62
2	0.00	286.85	163.34
3	0.00	292.93	169.18
4	0.00	297.51	173.60
5	0.00	300.34	176.34
6	0.00	301.29	177.26
7	0.00	300.34	176.34
8	0.00	297.51	173.60
9	0.00	292.93	169.18
10	0.00	286.85	163.34
11	0.00	279.78	156.62

### 9.2.3 Carichi da traffico

Trave	Tandem-TS [KN]	Distribuito-UDL [KN]	Folla Marciapiedi [KN]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00

## 9.3 Combinazioni

### 9.3.1 Combinazioni SLU P/T

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} + \psi_0 \cdot \gamma_W \cdot W_k \}$$

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_W \cdot W_k + \psi_0 \cdot \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	523.19	523.19
2	532.38	532.38

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
3	540.28	540.28
4	546.24	546.24
5	549.92	549.92
6	551.16	551.16
7	549.92	549.92
8	546.24	546.24
9	540.28	540.28
10	532.38	532.38
11	523.19	523.19

Reazione laterale su spalla  $R_y = 0.00$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 270.00$

### 9.3.2 SLE Rare

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_{0,W} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + W_k + \psi_{0,Q} \cdot Q_{k,gruppo\ 2} \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_{0,W} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	402.45	402.45
2	409.52	409.52
3	415.60	415.60
4	420.19	420.19
5	423.01	423.01
6	423.97	423.97
7	423.01	423.01
8	420.19	420.19
9	415.60	415.60
10	409.52	409.52
11	402.45	402.45

Reazione laterale su spalla  $R_y = 0.00$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 180.00$

### 9.3.3 SLE Frequenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_{1,W} \cdot W_k + \psi_{2,Q} \cdot Q_{k,gruppo\ 2} \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	402.45	402.45
2	409.52	409.52
3	415.60	415.60
4	420.19	420.19
5	423.01	423.01
6	423.97	423.97
7	423.01	423.01
8	420.19	420.19
9	415.60	415.60
10	409.52	409.52
11	402.45	402.45

Reazione laterale su spalla  $R_y = 0.00$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 0.00$

### 9.3.4 SLE Quasi permanenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_{2,W} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	402.45	402.45
2	409.52	409.52
3	415.60	415.60
4	420.19	420.19
5	423.01	423.01
6	423.97	423.97
7	423.01	423.01
8	420.19	420.19
9	415.60	415.60
10	409.52	409.52
11	402.45	402.45

Reazione laterale su spalla  $R_y = 0.00$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 0.00$

## 10 Azione sismica

### 10.1 Parametri per la determinazione dell'azione sismica

Categoria di sottosuolo B

Categoria topografica T1

Coeff. di combinazione sismica carichi da traffico  $\psi_E = 0.0$

Forze orizzontali :

	$\eta$	$a_g/g$	$T_c^*$	$F_0$
SLE	1.00	0.032	0.307	2.729
SLU	1.00	0.061	0.371	2.976

Forze verticali :

	$\eta$
SLE	1.00
SLU	1.00

Coefficiente di struttura  $q = 1.00$

### 10.2 Spettro di risposta in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico alle forze orizzontali, trasversali e longitudinali, viene assunto al valore massimo previsto dalla normativa, corrispondente al periodo  $T_B$ .

Valore max coeff. amplificazione topografica  $S_t = 1.00$  (Tab. 3.2.VI)

$$\text{Accelerazione spettrale } S_e(T) = a_g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \eta \cdot F_0 \cdot f(T)$$

### 10.2.1 Forze orizzontali

Valori per SLE :

$S_s$	$C_c$	$T_B$	$T_c$	$T_D$
1.200	1.393	0.143	0.428	1.728

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{e\ SLE,y} = 0.1048$

Forza sismica totale esercitata sugli appoggi  $F_{E\ SLE,y} = \pm 814.15$

Valori per SLU :

$S_s$	$C_c$	$T_B$	$T_c$	$T_D$
1.200	1.341	0.166	0.498	1.844

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{e\ SLU,y} = 0.2178$

Forza sismica totale esercitata sugli appoggi  $F_{E\ SLU,y} = \pm 1692.44$

### 10.2.2 Forze verticali

$T_B = 0.050$

$T_C = 0.150$

$T_D = 1.000$

Valori per SLE

$S_s = 1.000$

Fattore di amplificazione spettrale massima  $F_v = 0.659$

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{ve} = 0.0211$

Valori per SLU

$S_s = 1.000$

Fattore di amplificazione spettrale massima  $F_v = 0.992$

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{ve} = 0.0605$

## 10.3 Azioni sismiche SLE

### 10.3.1 Trave 6

#### 10.3.1.1 Azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0.00	appoggio	0.00	8.78	0.00
1.00		8.12	7.49	0.00
2.00		14.97	6.21	0.00
3.00		20.54	4.92	0.00
4.00		24.82	3.63	0.00
5.00		27.80	2.35	0.00
6.00		29.51	1.07	0.00
7.00		29.96	-0.18	0.00
7.50	mezzeria	29.72	-0.80	0.00
8.00		29.16	-1.43	0.00
9.00		27.10	-2.68	0.00
10.00		23.98	-3.43	0.00
11.00		20.28	-3.98	0.00
12.00		16.03	-4.52	0.00
13.00		11.23	-5.07	0.00

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
14.00		5.88	-5.62	0.00
15.00	appoggio	0.00	-6.16	0.00

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0.00	appoggio	0.00	-8.78	0.00
1.00		-8.12	-7.49	0.00
2.00		-14.97	-6.21	0.00
3.00		-20.54	-4.92	0.00
4.00		-24.82	-3.63	0.00
5.00		-27.80	-2.35	0.00
6.00		-29.51	-1.07	0.00
7.00		-29.96	0.18	0.00
7.50	mezzeria	-29.72	0.80	0.00
8.00		-29.16	1.43	0.00
9.00		-27.10	2.68	0.00
10.00		-23.98	3.43	0.00
11.00		-20.28	3.98	0.00
12.00		-16.03	4.52	0.00
13.00		-11.23	5.07	0.00
14.00		-5.88	5.62	0.00
15.00	appoggio	0.00	6.16	0.00

### 10.3.1.2 Combinazione sismica

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0.00	appoggio	0.00	307.02	0.00
1.00		283.33	260.49	0.00
2.00		520.44	213.96	0.00
3.00		711.33	167.43	0.00
4.00		855.71	120.90	0.00
5.00		952.99	74.37	0.00
6.00		1004.15	28.36	0.00
7.00		1010.39	-16.42	0.00
7.50	mezzeria	996.82	-38.81	0.00
8.00		971.58	-61.20	0.00
9.00		887.72	-105.98	0.00
10.00		768.10	-126.90	0.00
11.00		635.93	-137.60	0.00
12.00		492.93	-148.29	0.00
13.00		339.25	-158.99	0.00
14.00		174.93	-169.69	0.00
15.00	appoggio	0.00	-180.38	0.00

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0.00	appoggio	0.00	0.00	0.00
1.00		0.00	0.00	0.00
2.00		0.00	0.00	0.00
3.00		0.00	0.00	0.00
4.00		0.00	0.00	0.00
5.00		0.00	0.00	0.00
6.00		0.00	0.00	0.00
7.00		0.00	0.00	0.00
7.50	mezzeria	0.00	0.00	0.00
8.00		0.00	0.00	0.00
9.00		0.00	0.00	0.00
10.00		0.00	0.00	0.00
11.00		0.00	0.00	0.00
12.00		0.00	0.00	0.00
13.00		0.00	0.00	0.00
14.00		0.00	0.00	0.00
15.00	appoggio	0.00	0.00	0.00

### 10.3.2 Traverso

#### 10.3.2.1 Azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-3.85	estremità dx	0.01	0.01
-3.00		0.12	0.12
-2.00		0.27	0.27
-1.00		0.29	0.29
0.00	asse travi	0.36	0.36
1.00		0.29	0.29
2.00		0.27	0.27
3.00		0.12	0.12
3.85	estremità sx	0.00	0.00

#### 10.3.2.2 Combinazione sismica

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-3.85	estremità dx	0.40	-0.83
-3.00		5.67	0.00
-2.00		12.88	0.00
-1.00		14.13	0.00
0.00	asse travi	17.26	0.00
1.00		14.13	0.00
2.00		12.88	0.00
3.00		6.71	0.00
3.85	estremità sx	0.40	0.00

### 10.3.3 Appoggi

#### 10.3.3.1 Azione sismica caratteristica

Azione verticale [KN]

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0.00$	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0.00$
1	8.49	0.00	-8.49	0.00
2	8.64	0.00	-8.64	0.00
3	8.76	0.00	-8.76	0.00
4	8.86	0.00	-8.86	0.00
5	8.92	0.00	-8.92	0.00
6	8.94	0.00	-8.94	0.00
7	8.92	0.00	-8.92	0.00
8	8.86	0.00	-8.86	0.00
9	8.76	0.00	-8.76	0.00
10	8.64	0.00	-8.64	0.00
11	8.49	0.00	-8.49	0.00

Azione orizzontale [KN]

	trasversale su ogni spalla		longitudinale intero impalcato	
	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0.00$	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0.00$
	478.44	0.00	814.29	0.00

#### 10.3.3.2 Combinazione sismica

Azione verticale [KN]

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	410.94	393.97
2	418.16	400.88
3	424.37	406.84
4	429.05	411.33
5	431.93	414.09
6	432.91	415.03
7	431.93	414.09
8	429.05	411.33
9	424.37	406.84
10	418.16	400.88
11	410.94	393.97

Azione orizzontale [KN]

	reazioni massime	reazioni minime
Reazione longitudinale totale	814.29	-814.29
Reazione trasversale su ogni pila	478.44	-478.44

## 10.4 Azioni sismiche SLU

### 10.4.1 Trave 6

#### 10.4.1.1 Azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0.00	appoggio	0.00	25.19	0.00
1.00		23.31	21.50	0.00
2.00		42.96	17.81	0.00
3.00		58.94	14.12	0.00
4.00		71.23	10.43	0.00
5.00		79.79	6.74	0.00
6.00		84.69	3.08	0.00
7.00		85.99	-0.51	0.00
7.50	mezzeria	85.31	-2.30	0.00
8.00		83.69	-4.09	0.00
9.00		77.78	-7.68	0.00
10.00		68.83	-9.85	0.00
11.00		58.20	-11.42	0.00
12.00		45.99	-12.99	0.00
13.00		32.22	-14.55	0.00
14.00		16.89	-16.12	0.00
15.00	appoggio	0.00	-17.68	0.00

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0.00	appoggio	0.00	-25.19	0.00
1.00		-23.31	-21.50	0.00
2.00		-42.96	-17.81	0.00
3.00		-58.94	-14.12	0.00
4.00		-71.23	-10.43	0.00
5.00		-79.79	-6.74	0.00
6.00		-84.69	-3.08	0.00
7.00		-85.99	0.51	0.00
7.50	mezzeria	-85.31	2.30	0.00
8.00		-83.69	4.09	0.00
9.00		-77.78	7.68	0.00
10.00		-68.83	9.85	0.00
11.00		-58.20	11.42	0.00
12.00		-45.99	12.99	0.00
13.00		-32.22	14.55	0.00
14.00		-16.89	16.12	0.00
15.00	appoggio	0.00	17.68	0.00

### 10.4.1.2 Combinazione sismica

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo 1} \pm A_{E,SLU} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0.00	appoggio	0.00	441.40	0.00
1.00		408.47	376.73	0.00
2.00		752.71	312.07	0.00
3.00		1032.71	247.40	0.00
4.00		1248.08	182.74	0.00
5.00		1398.01	118.08	0.00
6.00		1483.80	53.96	0.00
7.00		1506.70	-8.89	0.00
7.50	mezzeria	1494.74	-40.31	0.00
8.00		1466.39	-71.73	0.00
9.00		1362.87	-134.58	0.00
10.00		1205.97	-172.64	0.00
11.00		1019.81	-200.08	0.00
12.00		805.88	-227.53	0.00
13.00		564.51	-254.97	0.00
14.00		295.89	-282.42	0.00
15.00	appoggio	0.00	-309.86	0.00

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0.00	appoggio	0.00	391.01	0.00
1.00		361.84	333.73	0.00
2.00		666.79	276.45	0.00
3.00		914.83	219.16	0.00
4.00		1105.62	161.88	0.00
5.00		1238.43	104.60	0.00
6.00		1314.43	47.80	0.00
7.00		1334.72	-7.87	0.00
7.50	mezzeria	1324.12	-35.71	0.00
8.00		1299.01	-63.54	0.00
9.00		1207.30	-119.22	0.00
10.00		1068.31	-152.93	0.00
11.00		903.40	-177.25	0.00
12.00		713.89	-201.56	0.00
13.00		500.07	-225.87	0.00
14.00		262.11	-250.18	0.00
15.00	appoggio	0.00	-274.49	0.00

## 10.4.2 Traverso

### 10.4.2.1 Azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-3.85	estremità dx	0.03	0.03
-3.00		0.34	0.34
-2.00		0.76	0.76
-1.00		0.84	0.84
0.00	mezzeria	1.02	1.02
1.00		0.84	0.84
2.00		0.76	0.76
3.00		0.34	0.34
3.85	estremità sx	0.00	0.00

### 10.4.2.2 Combinazione sismica

$$E_d = E \{ \sum G_{k,i} + \psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo 1} \pm A_{E,SLU} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-3.85	estremità dx	-0.86	-0.86
-3.00		5.89	5.89
-2.00		13.38	13.38
-1.00		14.68	14.68
0.00	mezzeria	17.93	17.93
1.00		14.68	14.68
2.00		13.38	13.38
3.00		5.89	5.89
3.85	estremità sx	0.00	0.00

### 10.4.3 Appoggi

#### 10.4.3.1 Azione sismica caratteristica

Azione verticale [KN]

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\psi_{E=0.00}$	Permanenti	Traff. $\psi_{E=0.00}$
1	24.36	0.00	-24.36	0.00
2	24.79	0.00	-24.79	0.00
3	25.16	0.00	-25.16	0.00
4	25.43	0.00	-25.43	0.00
5	25.60	0.00	-25.60	0.00
6	25.66	0.00	-25.66	0.00
7	25.60	0.00	-25.60	0.00
8	25.43	0.00	-25.43	0.00
9	25.16	0.00	-25.16	0.00
10	24.79	0.00	-24.79	0.00
11	24.36	0.00	-24.36	0.00

Azione orizzontale [KN]

	trasversale su ogni spalla		longitudinale intero impalcato	
	Permanenti	Traff. $\psi_{E=0.00}$	Permanenti	Traff. $\psi_{E=0.00}$
	994.57	0.00	1692.72	0.00

#### 10.4.3.2 Combinazione sismica

Azione verticale [KN]

Trave	Rz vert. max	Rz vert. min
1	426.81	378.09
2	434.31	384.73
3	440.76	390.45
4	445.62	394.75
5	448.62	397.41
6	449.63	398.30
7	448.62	397.41
8	445.62	394.75
9	440.76	390.45
10	434.31	384.73
11	426.81	378.09

Azione orizzontale [KN]

	reazioni massime	reazioni minime

---

	<b>reazioni massime</b>	<b>reazioni minime</b>
Reazione longitudinale totale	1692.72	-1692.72
Reazione trasversale su ogni pila	994.57	-994.57

SS 131 "Carlo Felice"		 GRUPPO FS ITALIANE
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
CA-357	<i>Relazione tecnica e di calcolo – Galleria artificiale – GA03</i>	

## 12.2 Allegato 2 - Trave c.a.p. trasverso di copertura – Sezione di verifica

# SS131 - OSSI

## Verifica elemento precompresso

### 1 Dati trave

#### 1.1 Dati geometrici

##### 1.1.1 Prima fase

Sbalzo sinistro = 300.00

Sbalzo destro = 300.00

##### 1.1.2 Seconda fase

appoggio	X	luce campata
1	0.00	
2	15000.00	15000.00

### 1.2 Armature trave prefabbricata

#### 1.2.1 Armature di precompressione pretesate

trefoli :	6/10"	
area trefolo =	139.000	[mm <sup>2</sup> ]
acciaio :	prec.fpk=1860	
tensione di tesatura =	1255.50	[N/mm <sup>2</sup> ]
area totale A <sub>p</sub> =	3614.000	[mm <sup>2</sup> ]
precompressione totale N <sub>p</sub> =	4537377.00	[N]
quota baricentro Z <sub>g,p</sub> =	149.62	[mm]

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
550.00	4		
175.00			
135.00	2		
95.00	8	2	3000.00
55.00	12	4	1500.00
N. trefoli=	26	L tot guaine=	12000.00

#### 1.2.2 Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.		armatura	y	z	x iniziale	x finale
P1-L1	arm sup	8Ø12	0.00	550.00	480.00	15020.00
P1-L1	(simmetrica)				580.00	15120.00
P1-L2	arm inf	8Ø12	0.00	55.00	480.00	15020.00
P1-L2	(simmetrica)				580.00	15120.00

Armatura trasversale :

pos.		armatura	x iniziale	x finale	
P1-S1		2Ø10/200.00	5000.00	7800.00	anima trave
P1-S1	(simmetrica)		7800.00	10600.00	
P1-S2		2Ø12/200.00	2000.00	5000.00	anima trave
P1-S2	(simmetrica)		10600.00	13600.00	
P1-S3		2Ø12/100.00	0.00	2000.00	anima trave
P1-S3	(simmetrica)		13600.00	15600.00	
P1-S4		2Ø12/100.00	0.00	2000.00	anima trave
P1-S4	(simmetrica)		13600.00	15600.00	
P1-S5		2Ø12/200.00	2000.00	5000.00	anima trave
P1-S5	(simmetrica)		10600.00	13600.00	
P1-S6		2Ø10/200.00	5000.00	7800.00	anima trave
P1-S6	(simmetrica)		7800.00	10600.00	

armatura longit. appoggio :

n. barre	Ø	lunghezza	quota z
6	20	210000.00	55.00

## 1.3 Armature getto in opera

### 1.3.1 Armatura lenta

Armatura trasversale :

pos.		armatura	X iniziale	X finale	funzione
S-S1		2Ø12/300.00	4700.00	10300.00	getto in opera
S-S2		2Ø10/200.00	10300.00	13300.00	getto in opera
S-S3		2Ø10/200.00	1700.00	4700.00	getto in opera
S-S4		2Ø10/100.00	13300.00	15300.00	getto in opera
S-S5		2Ø10/100.00	-300.00	1700.00	getto in opera

## 1.4 Dati dei materiali

### 1.4.1 Calcestruzzo travi prefabbricate

Calcestruzzo	C45/55
resistenza caratteristica $R_{ck28,cub}$	55.00
resistenza al taglio dei trefoli $R_{ckj,cub}$	38.50
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.500
modulo elastico	36416.11
peso specifico	0.0000
ritiro totale	-0.00030
% ritiro prima del taglio trefoli	25.5%
% ritiro taglio trefoli-getto soletta	25.5%
% ritiro da getto soletta a t=inf.	49%
coeff. di viscosità	2.300
% viscosità taglio trefoli-getto soletta	33%
% viscosità da getto soletta a t=inf.	67%

### 1.4.2 Calcestruzzo getto in opera

Calcestruzzo	C32/40
resistenza caratteristica $R_{ck28,cub}$	40.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.5
modulo elastico	33642.78
peso specifico	0.0000
coeff. di omogeneizzazione con cls travi	0.924

### 1.4.3 Acciaio per armatura lenta

tipo acciaio	B450C
tensione di snervamento $f_{yk}$	450.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.15
modulo elastico	210000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6

### 1.4.4 Acciaio per armatura da precompressione

tipo acciaio	prec.fpk=1860
tensione di snervamento $f_{yk}$	1670.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.15
modulo elastico	206000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6
% rilassam. prima del taglio trefoli	41.4%
% rilassam. taglio trefoli-getto soletta	25.9%
% rilassam. da getto soletta a t=inf.	32.7%

## 1.5 Sollecitazioni esterne

### 1.5.1 Combinazioni di 2a fase

<combinazioni non definite>	0
SLU Persistenti/Transitorie STR	1
SLU Eccezionali	0
SLE Rare	1
SLE Frequenti	1
SLE Quasi Permanenti	1
SLU Sismiche SLV	1
SLE Sismiche SLD	0

## 2 Risultati delle verifiche

### 2.1 Verifica sezione X=0.00 - A

#### 2.1.1 Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-320.00	0.00	prefabb.:
2	-350.00	30.00	non reag.trazione
3	-350.00	30.00	
4	-350.00	600.00	
5	-350.00	600.00	
6	350.00	600.00	
7	350.00	600.00	
8	350.00	30.00	
9	350.00	30.00	
10	320.00	0.00	fine prefabb.

A	J <sub>r</sub>	Z <sub>g</sub>
419100.000	12524102458.8404	300.62

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	55.00	1884.956	armatura longit. appoggio 6Ø20

Sezione ideale (n=15.000)		A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
		447374.334	14122100355.226 3	285.10

### 2.1.1.1 Verifica tensionale

Sollecitazioni	M <sub>esterno</sub>
prima del getto in opera	0.00
dopo getto 2a fase	0.00

Tensioni sul calcestruzzo	σ <sub>e,max</sub>	σ <sub>i,max</sub>
prima del getto in opera	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	0.00	0.00

Tensioni sugli acciai	σ <sub>sp</sub>	σ <sub>long,max</sub>	pos.	σ <sub>long,min</sub>	pos.
prima del getto in opera	0.00	0.00	arm sup	0.00	arm sup
dopo getto 2a fase	0.00	0.00	arm sup	0.00	arm sup

### 2.1.1.2 Verifica a rottura per flessione

<sollecitazioni flettenti nulle>

### 2.1.1.3 Verifica a rottura per taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	bw	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0.785	700.00		4.52389

d	K	A <sub>sl</sub>	ρ <sub>l</sub>	σ <sub>cp</sub>	α <sub>c</sub>
545.00	1.606	1884.956	0.0049	0.00	1.000

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
207704.05	868292.50	2220473.06

$$V_{Ed,max} = 153343.13 < 868292.50$$

### 2.1.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	σ <sub>e,max</sub>	σ <sub>i,max</sub>
trave prefabbricata	0.00	0.00
getto in opera	0.00	0.00

### 2.1.2.1 Verifiche in esercizio

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-320.00	0.00	prefabb.:
2	-350.00	30.00	non reag.trazione
3	-350.00	30.00	
4	-350.00	600.00	

n.	Y	Z	
5	-350.00	600.00	
6	350.00	600.00	
7	350.00	600.00	
8	350.00	30.00	
9	350.00	30.00	
10	320.00	0.00	fine prefabb.
11	-320.00	0.00	
12	-350.00	900.00	getto in opera
13	0.00	900.00	(m=0.924)
14	350.00	900.00	non reag.trazione
15	350.00	600.00	
16	-350.00	600.00	
17	-350.00	900.00	

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
613107.063	40759799795.7478	442.82

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	55.00	1884.956	armatura longit. appoggio 6Ø20

Sezione ideale (n=15.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	641381.397	44824921740.426 8	425.72

### 2.1.2.1.1 Verifica tensionale

Cadute di tensione nei trefoli pretesi da maturazione soletta a t=inf. :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	30.20	2.4%
rilassamento acciaio	32.6%	14.84	1.2%
viscosità cls	100.0%	92.31	7.4%

Tensioni sul cls - H60 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	0.00	0.00		0.00	
t=inf.-SLE Rare	0.00	0.00		0.00	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00		0.00	

### 2.1.2.1.2 Momenti di rottura per flessione retta

<sollecitazioni flettenti nulle>

**2.1.2.1.3 Verifica rottura per taglio**

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
	0.785	700.00		6.09469

d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
845.00	1.487	1884.956	0.0032	0.00	1.000

$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
257571.54	1813700.17	3442751.81

$$V_{Ed,max} = 541063.84 < 1813700.17$$

$$\text{Trazione per taglio (V=541063.84)} = 270531.92 \text{ [N]}$$

**2.1.2.1.4 Verifica rottura per torsione**

<sollecitazioni torcenti nulle>

**2.1.2.1.5 Verifica a taglio/torsione**

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |0.00/787725400.60| + |541063.84/1813700.17| = 0.298$$

**2.1.2.1.6 Forze di scorrimento tra i getti**

max valore di progetto scorrimento interfaccia	509.82	[N/mm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[N/mm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	$\pm 818.04$	[N/mm]
staffe di collegamento	0.0000	[mm <sup>2</sup> /mm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	$\pm 818.04$	[N/mm]

**2.2 Verifica sezione X=2100.00 - B****2.2.1 Prima fase: sola trave**

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-320.00	0.00	prefabb.:
2	-350.00	30.00	reag.trazione
3	-350.00	30.00	
4	-350.00	600.00	
5	-350.00	600.00	
6	350.00	600.00	
7	350.00	600.00	
8	350.00	30.00	
9	350.00	30.00	
10	320.00	0.00	fine prefabb.

A	$J_f$	$Z_g$
419100.000	12524102458.8404	300.62

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	550.00	556.000
2	135.00	278.000
3	95.00	834.000
4	55.00	1112.000

Z <sub>g,p</sub>	A <sub>p</sub>
174.00	2780.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	550.00	904.779	arm sup 8Ø12
2	55.00	904.779	arm inf 8Ø12
3	55.00	1884.956	armatura longit. appoggio 6Ø20

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f, id</sub>	Z <sub>g, id</sub>
	457947.078	14687077233.288 6	289.99

### 2.2.1.1 Verifica tensionale

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	15.76	1.3%
rilassamento acciaio	41.4%	18.84	1.5%

Sollecitazioni	M <sub>esterno</sub>	N <sub>precomp.</sub>	M <sub>precomp.</sub>
t=0 dopo taglio trefoli	141858629.74	-3394099.87	-429770303.60
prima del getto in opera	0.00	-3198512.09	-405004438.66
dopo getto 2a fase	212940262.39	-3197564.04	-404884393.71

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	-2.10	-12.38
prima del getto in opera	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	-3.65	-10.11

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
t=0 dopo taglio trefoli	1164.50	-17.72	arm sup	-68.64	arm inf
prima del getto in opera	0.00	0.00	arm sup	0.00	arm sup
dopo getto 2a fase	1101.15	-25.12	arm sup	-57.08	arm inf

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	15.76	1.3%
rilassamento acciaio	25.9%	11.79	0.9%
viscosità cls	31.6%	42.81	3.4%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.1%	0.09	0.0%
rilassamento acciaio	0.1%	0.04	0.0%
viscosità cls	0.2%	0.21	0.0%

### 2.2.1.2 Verifica a rottura per flessione

Presollecitazione armature pretese :  $\epsilon_{sp,z=174.00}=0.00559$

fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	Z $\epsilon_{sup}$	$\epsilon_{inf}$	Z $\epsilon_{inf}$
(+)	305.77	1746005735.12	-0.00350	600.00	0.00298	55.00
(-)	143.26	-623016674.96	0.00994	550.00	-0.00350	0.00

$$M_{d,max} = 276822341.11 < 1746005735.12 \quad K_r=6.307$$

### 2.2.1.3 Verifica a rottura per taglio

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	b <sub>w</sub>	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0.381	700.00		2.26195

d	K	A <sub>sl</sub>	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
550.00	1.603	1738.779	0.0045	-7.63	1.250

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
643814.84	1095321.13	1931764.92

$$V_{Ed,max} = 110407.05 < 1095321.13$$

## 2.2.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-3.65	-10.10
getto in opera	0.00	0.00

### 2.2.2.1 Verifiche in esercizio

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-320.00	0.00	prefabb.:
2	-350.00	30.00	reag.trazione
3	-350.00	30.00	
4	-350.00	600.00	
5	-350.00	600.00	
6	350.00	600.00	
7	350.00	600.00	
8	350.00	30.00	
9	350.00	30.00	
10	320.00	0.00	fine prefabb.
11	-320.00	0.00	
12	-350.00	900.00	getto in opera
13	0.00	900.00	(m=0.924)
14	350.00	900.00	non reag.trazione
15	350.00	600.00	
16	-350.00	600.00	
17	-350.00	900.00	

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
613107.063	40759799795.7478	442.82

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	550.00	556.000
2	135.00	278.000

n.	Z	area
3	95.00	834.000
4	55.00	1112.000

Z <sub>g,p</sub>	A <sub>p</sub>
174.00	2780.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area		
1	550.00	904.779	arm sup	8Ø12
2	55.00	904.779	arm inf	8Ø12
3	55.00	1884.956	armatura longit. appoggio	6Ø20

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	651954.141	44979248650.463	426.88
		4	

### 2.2.2.1.1 Verifica tensionale

Cadute di tensione nei trefoli pretesi da maturazione soletta a t=inf. :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	30.20	2.4%
rilassamento acciaio	32.6%	14.84	1.2%
viscosità cls	68.2%	92.31	7.4%

Tensioni sul cls - H60 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-3.40	-3.40	-8.63	-8.63
t=inf.-SLE Rare	-3.40	-5.45	-3.63	-8.63
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-3.40	-5.45	-3.63	-8.63

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-0.33	-0.33	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	-0.33	-5.49	0.00	-1.66
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-0.33	-5.49	0.00	-1.66

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	937.71	-23.02	arm sup	-48.91	arm inf
t=inf.-SLE Rare	912.76	-22.79	arm inf	-48.91	arm inf
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	-22.79	arm inf	-48.91	arm inf

### 2.2.2.1.2 Momenti di rottura per flessione retta

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	$\Delta\epsilon_{sp}$
Armature pretese	174.00	0.00476

fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	Z <sub>g<sub>sup</sub></sub>	$\epsilon_{inf}$	Z <sub>g<sub>inf</sub></sub>
(+)	463.34	2842093174.59	-0.00350	900.00	0.00327	55.00
(-)	128.47	-628904015.96	0.01000	550.00	-0.00305	0.00

$$M_{d,max} = 961007621.24 < 2842093174.59 \quad K_r = 2.957$$

**2.2.2.1.3 Verifica rottura per taglio**

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
	0.381	700.00		3.04734

$d$	$K$	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
845.00	1.487	6474.513	0.0109	-4.59	1.178

$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
796105.14	2267125.22	2795840.49

$$V_{Ed,max} = 374607.39 < 2267125.22$$

Trazione per taglio ( $V=374607.39$ ) = 468259.23 [N]

**2.2.2.1.4 Verifica rottura per torsione**

<sollecitazioni torcenti nulle>

**2.2.2.1.5 Verifica a taglio/torsione**

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |0.00/662654374.06| + |374607.39/2267125.22| = 0.165$$

**2.2.2.1.6 Forze di scorrimento tra i getti**

max valore di progetto scorrimento interfaccia	347.40	[N/mm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[N/mm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	$\pm 818.04$	[N/mm]
staffe di collegamento	0.0000	[mm <sup>2</sup> /mm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	$\pm 818.04$	[N/mm]

**2.3 Verifica sezione X=3000.00 - C****2.3.1 Prima fase: sola trave**

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-320.00	0.00	prefabb.:
2	-350.00	30.00	reag.trazione
3	-350.00	30.00	
4	-350.00	600.00	
5	-350.00	600.00	
6	350.00	600.00	
7	350.00	600.00	
8	350.00	30.00	
9	350.00	30.00	
10	320.00	0.00	fine prefabb.

A	$J_f$	$Z_g$
419100.000	12524102458.8404	300.62

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	550.00	556.000
2	135.00	278.000
3	95.00	834.000
4	55.00	1668.000

Z <sub>g,p</sub>	A <sub>p</sub>
154.17	3336.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	550.00	904.779	arm sup 8Ø12
2	55.00	904.779	arm inf 8Ø12
3	55.00	1884.956	armatura longit. appoggio 6Ø20

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	461283.078	14869958650.433 1	288.29

### 2.3.1.1 Verifica tensionale

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	15.76	1.3%
rilassamento acciaio	41.4%	18.84	1.5%

Sollecitazioni	M <sub>esterno</sub>	N <sub>precomp.</sub>	M <sub>precomp.</sub>
t=0 dopo taglio trefoli	188516451.48	-4072919.84	-596503941.21
prima del getto in opera	0.00	-3797862.06	-556220051.41
dopo getto 2a fase	282977092.88	-3796547.23	-556027487.36

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	-1.33	-15.77
prima del getto in opera	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	-3.49	-12.62

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
t=0 dopo taglio trefoli	1148.56	-15.20	arm sup	-86.65	arm inf
prima del getto in opera	0.00	0.00	arm sup	0.00	arm sup
dopo getto 2a fase	1076.80	-25.49	arm sup	-70.71	arm inf

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	15.76	1.3%
rilassamento acciaio	25.9%	11.79	0.9%
viscosità cls	37.2%	54.90	4.4%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.1%	0.09	0.0%
rilassamento acciaio	0.1%	0.04	0.0%
viscosità cls	0.2%	0.27	0.0%

### 2.3.1.2 Verifica a rottura per flessione

Presollecitazione armature pretese :  $\epsilon_{sp,z=154.17}=0.00553$

fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	Z $\epsilon_{sup}$	$\epsilon_{inf}$	Z $\epsilon_{inf}$
(+)	251.39	1972463155.23	-0.00350	600.00	0.00197	55.00
(-)	163.77	-597310482.16	0.00825	550.00	-0.00350	0.00

$$M_{d,max} = 367870220.74 < 1972463155.23 \quad K_r=5.362$$

### 2.3.1.3 Verifica a rottura per taglio

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	bw	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0.381	700.00		2.26195

d	K	A <sub>sl</sub>	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
550.00	1.603	2572.779	0.0067	-9.06	1.250

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
754734.08	1095321.13	1931764.92

$$V_{Ed,max} = 92005.88 < 1095321.13$$

### 2.3.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-3.49	-12.62
getto in opera	0.00	0.00

#### 2.3.2.1 Verifiche in esercizio

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-320.00	0.00	prefabb.:
2	-350.00	30.00	reag.trazione
3	-350.00	30.00	
4	-350.00	600.00	
5	-350.00	600.00	
6	350.00	600.00	
7	350.00	600.00	
8	350.00	30.00	
9	350.00	30.00	
10	320.00	0.00	fine prefabb.
11	-320.00	0.00	
12	-350.00	900.00	getto in opera
13	0.00	900.00	(m=0.924)
14	350.00	900.00	non reag.trazione
15	350.00	600.00	
16	-350.00	600.00	
17	-350.00	900.00	

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
613107.063	40759799795.7478	442.82

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	550.00	556.000
2	135.00	278.000
3	95.00	834.000
4	55.00	1668.000

<b>Z<sub>g,p</sub></b>	<b>A<sub>p</sub></b>
154.17	3336.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	550.00	904.779	arm sup 8Ø12
2	55.00	904.779	arm inf 8Ø12
3	55.00	1884.956	armatura longit. appoggio 6Ø20

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f, id</sub>	Z <sub>g, id</sub>
	655290.141	45438246718.851 4	424.98

### 2.3.2.1.1 Verifica tensionale

Cadute di tensione nei trefoli pretesi da maturazione soletta a t=inf. :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	30.20	2.4%
rilassamento acciaio	32.6%	14.84	1.2%
viscosità cls	62.6%	92.31	7.4%

Tensioni sul cls - H60 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-3.23	-3.23	-10.79	-10.79
t=inf.-SLE Rare	-3.23	-5.92	-4.33	-10.79
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-3.23	-5.92	-4.33	-10.79

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-0.49	-0.49	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	-0.49	-7.19	0.00	-2.24
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-0.49	-7.19	0.00	-2.24

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	905.57	-23.19	arm sup	-60.60	arm inf
t=inf.-SLE Rare	877.15	-23.19	arm sup	-60.60	arm inf
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	-23.19	arm sup	-60.60	arm inf

### 2.3.2.1.2 Momenti di rottura per flessione retta

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	$\Delta\varepsilon_{sp}$
Armature pretese	154.17	0.00465

fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	Z <sub>g<sup>sup</sup></sub>	$\varepsilon_{inf}$	Z <sub>g<sup>inf</sup></sub>
(+)	404.37	3189722777.55	-0.00350	900.00	0.00247	55.00
(-)	134.63	-620294284.13	0.01000	550.00	-0.00324	0.00

$$M_{d,max} = 1265904877.33 < 3189722777.55 \quad K_r = 2.520$$

### 2.3.2.1.3 Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	bw	Staffe:	A <sub>sw</sub>
---------------	----------------	----	---------	-----------------

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
	0.381	700.00		3.04734

d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
845.00	1.487	7030.513	0.0119	-5.45	1.210

$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
882555.95	2267125.22	2874078.84

$$V_{Ed,max} = 303268.90 < 2267125.22$$

$$\text{Trazione per taglio } (V=303268.90) = 379086.13 \text{ [N]}$$

### 2.3.2.1.4 Verifica rottura per torsione

<sollecitazioni torcenti nulle>

### 2.3.2.1.5 Verifica a taglio/torsione

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |0.00/681197985.13| + |303268.90/2267125.22| = 0.134$$

### 2.3.2.1.6 Forze di scorrimento tra i getti

max valore di progetto scorrimento interfaccia	277.79	[N/mm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[N/mm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	$\pm 818.04$	[N/mm]
staffe di collegamento	0.0000	[mm <sup>2</sup> /mm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	$\pm 818.04$	[N/mm]

## 2.4 Verifica sezione X=6625.00 - M

### 2.4.1 Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-320.00	0.00	prefabb.:
2	-350.00	30.00	reag.trazione
3	-350.00	30.00	
4	-350.00	600.00	
5	-350.00	600.00	
6	350.00	600.00	
7	350.00	600.00	
8	350.00	30.00	
9	350.00	30.00	
10	320.00	0.00	fine prefabb.

A	$J_f$	$Z_g$
419100.000	12524102458.8404	300.62

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	550.00	556.000

n.	Z	area
2	135.00	278.000
3	95.00	1112.000
4	55.00	1668.000

Z <sub>g,p</sub>	A <sub>p</sub>
149.62	3614.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	550.00	904.779	arm sup 8Ø12
2	55.00	904.779	arm inf 8Ø12
3	55.00	1884.956	armatura longit. appoggio 6Ø20

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	462951.078	14932052145.621 5	287.59

### 2.4.1.1 Verifica tensionale

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	15.76	1.3%
rilassamento acciaio	41.4%	18.84	1.5%

Sollecitazioni	M <sub>esterno</sub>	N <sub>precomp.</sub>	M <sub>precomp.</sub>
t=0 dopo taglio trefoli	290555890.12	-4412329.83	-666294360.54
prima del getto in opera	0.00	-4107517.06	-620265383.66
dopo getto 2a fase	436145813.59	-4106111.09	-620053071.97

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
t=0 dopo taglio trefoli	-2.87	-15.66
prima del getto in opera	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	-6.14	-11.39

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
t=0 dopo taglio trefoli	1146.07	-23.63	arm sup	-86.93	arm inf
prima del getto in opera	0.00	0.00	arm sup	0.00	arm sup
dopo getto 2a fase	1076.08	-39.46	arm sup	-65.44	arm inf

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	15.76	1.3%
rilassamento acciaio	25.9%	11.79	0.9%
viscosità cls	38.0%	56.80	4.5%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.1%	0.09	0.0%
rilassamento acciaio	0.1%	0.04	0.0%
viscosità cls	0.2%	0.26	0.0%

### 2.4.1.2 Verifica a rottura per flessione

Presollecitazione armature pretese :  $\epsilon_{sp,z=149.62}=0.00552$

fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	Z <sub>gsup</sub>	$\epsilon_{inf}$	Z <sub>ginf</sub>
--------	---------------	----	------------------	-------------------	------------------	-------------------

fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	Z $\epsilon_{sup}$	$\epsilon_{inf}$	Z $\epsilon_{inf}$
(+)	232.02	2028854793.11	-0.00350	600.00	0.00168	55.00
(-)	176.22	-589583343.49	0.00742	550.00	-0.00350	0.00

$$M_{d,max} = 566989557.67 < 2028854793.11 \quad K_r=3.578$$

### 2.4.1.3 Verifica a rottura per taglio

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	bw	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0.381	700.00		1.57080

d	K	A <sub>sl</sub>	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
550.00	1.603	2850.779	0.0074	-9.80	1.250

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
805454.53	760639.67	1931764.92

$$V_{Ed,max} = 17890.03 < 805454.53$$

### 2.4.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-6.14	-11.38
getto in opera	0.00	0.00

#### 2.4.2.1 Verifiche in esercizio

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-320.00	0.00	prefabb.:
2	-350.00	30.00	reag.trazione
3	-350.00	30.00	
4	-350.00	600.00	
5	-350.00	600.00	
6	350.00	600.00	
7	350.00	600.00	
8	350.00	30.00	
9	350.00	30.00	
10	320.00	0.00	fine prefabb.
11	-320.00	0.00	
12	-350.00	900.00	getto in opera
13	0.00	900.00	(m=0.924)
14	350.00	900.00	non reag.trazione
15	350.00	600.00	
16	-350.00	600.00	
17	-350.00	900.00	

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
613107.063	40759799795.7478	442.82

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	550.00	556.000
2	135.00	278.000
3	95.00	1112.000
4	55.00	1668.000

<b>Z<sub>g,p</sub></b>	<b>A<sub>p</sub></b>
149.62	3614.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	550.00	904.779	arm sup 8Ø12
2	55.00	904.779	arm inf 8Ø12
3	55.00	1884.956	armatura longit. appoggio 6Ø20

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f, id</sub>	Z <sub>g, id</sub>
	656958.141	45619414253.448	424.15
		1	

#### 2.4.2.1.1 Verifica tensionale

Cadute di tensione nei trefoli pretesi da maturazione soletta a t=inf. :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	30.20	2.4%
rilassamento acciaio	32.6%	14.84	1.2%
viscosità cls	61.8%	92.31	7.4%

Tensioni sul cls - H60 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-5.88	-5.88	-9.40	-9.40
t=inf.-SLE Rare	-5.88	-9.69	-0.25	-9.40
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-5.88	-9.69	-0.25	-9.40

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-0.55	-0.55	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	-0.55	-10.05	0.00	-3.28
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-0.55	-10.05	0.00	-3.28

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	906.93	-37.03	arm sup	-54.45	arm inf
t=inf.-SLE Rare	891.29	-6.71	arm inf	-54.45	arm inf
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	-6.71	arm inf	-54.45	arm inf

#### 2.4.2.1.2 Momenti di rottura per flessione retta

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	$\Delta\varepsilon_{sp}$
Armature pretese	149.62	0.00465

fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	Z <sub>g<sup>sup</sup></sub>	$\varepsilon_{inf}$	Z <sub>g<sup>inf</sup></sub>
(+)	382.80	3290397168.57	-0.00350	900.00	0.00222	55.00
(-)	140.31	-620469928.58	0.01000	550.00	-0.00342	0.00

$$M_{d,max} = 1845176926.71 < 3290397168.57 \quad K_r=1.783$$

#### 2.4.2.1.3 Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	bw	Staffe:	A <sub>sw</sub>
---------------	----------------	----	---------	-----------------

<b>Calcestruzzo:</b>	<b><math>\theta</math> [rad]</b>	<b><math>b_w</math></b>	<b>Staffe:</b>	<b><math>A_{sw}</math></b>
	0.381	700.00		2.32478

<b>d</b>	<b>K</b>	<b><math>A_{sl}</math></b>	<b><math>\rho_l</math></b>	<b><math>\sigma_{cp}</math></b>	<b><math>\alpha_c</math></b>
845.00	1.487	7308.513	0.0124	-5.89	1.228

<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b><math>V_{Rsd}</math></b>	<b><math>V_{Rcd}</math></b>
927025.81	1729559.44	2914705.86

$$V_{Ed,max} = 18898.93 < 1729559.44$$

$$\text{Trazione per taglio } (V=18898.93) = 27388.70 \text{ [N]}$$

#### 2.4.2.1.4 Verifica rottura per torsione

<sollecitazioni torcenti nulle>

#### 2.4.2.1.5 Verifica a taglio/torsione

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |0.00/690827174.43| + |18898.93/1729559.44| = 0.013$$

#### 2.4.2.1.6 Forze di scorrimento tra i getti

max valore di progetto scorrimento interfaccia	5.29	[N/mm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	-5.15	[N/mm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	$\pm 818.04$	[N/mm]
staffe di collegamento	0.0000	[mm <sup>2</sup> /mm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	$\pm 818.04$	[N/mm]

## 2.5 Deformazioni dell'impalcato

modulo elastico = 36416.11

### 2.5.1 Prima fase

H60 :

	<b>accorciamento [mm]</b>	<b>rotaz. testata sinistra [rad]</b>	<b>rotaz. testata destra [rad]</b>	<b>freccia in mezzeria [mm]</b>
al taglio trefoli	-3.7047	0.00580	-0.00580	24.2772
prima del getto in opera	-5.9508	0.00714	-0.00714	30.7663
al getto soletta	-5.9508	0.00556	-0.00556	22.9470
dopo maturazione	-5.9702	0.00557	-0.00557	22.9842

### 2.5.2 Seconda fase

Spostamenti X in asse appoggi [mm] :

	<b>dopo maturazione soletta</b>	<b>postesi e cambio vincoli</b>	<b>t=inf.</b>
Spalla iniziale	0.0000	0.0000	0.0000
Spalla finale	0.0000	0.0000	-2.0009

Rotazioni in asse appoggi [rad] :

	<b>dopo maturazione</b>	<b>postesi e</b>	
	<b>soletta</b>	<b>cambio vincoli</b>	<b>t=inf.</b>
Spalla iniziale	0.00000	0.00000	0.00324
Spalla finale	0.00000	0.00000	-0.00324

Frecce in mezzeria [mm] :

<b>campata</b>		<b>dopo maturazione</b>	<b>postesi e</b>	<b>t=inf.</b>	<b>t=inf.</b>
	<b>X</b>	<b>soletta</b>	<b>cambio vincoli</b>	<b>comb. rara max</b>	<b>comb. rara min</b>
1	7500.00	22.9842	22.9842	38.0042	24.4393