

**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. Edoardo Quattrone*

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

MANDATARIA:

MANDANTI:



**OPERE D'ARTE MAGGIORI**

**GALLERIE**

**GALLERIA NATURALE PALA SOLIANA\_GN01**

**Tratti in artificiale – Relazione tecnica e di calcolo**



CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA357_P00GN01STRRE01_A			
DPCA0357	D 20	CODICE ELAB.	P00GN01STRRE01	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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</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>16</b>
<b>3</b>	<b>NORME TECNICHE</b> .....	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA</b> <b>17</b>	
4.1.1	<i>Vita Nominale <math>V_n</math></i> .....	17
4.1.2	<i>Classi d'Uso</i> .....	17
4.1.3	<i>Periodo di Riferimento per l'azione sismica</i> .....	18
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO</b> .....	<b>19</b>
5.1	CALCESTRUZZI .....	19
5.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i> .....	19
5.1.2	<i>Copriferri nominali</i> .....	20
5.1.3	<i>Resistenze di progetto</i> .....	23
5.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	23
5.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO E RETI ELETTRISALDATE .....	25
5.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	25
5.2.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	25
<b>6</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE DEI TERRENI CONSIDERATI</b> .....	<b>26</b>
6.1	PARAMETRICI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	26
6.2	LIVELLO DI FALDA DI PROGETTO .....	27
<b>7</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b> .....	<b>28</b>
7.1	METODOLOGIA DI CALCOLO E DESCRIZIONE DEL MODELLO.....	28
7.2	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI CALCOLO.....	31
7.3	CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI .....	32
<b>8</b>	<b>AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO</b> .....	<b>33</b>
8.1	ANALISI DEI CARICHI .....	33

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

8.1.1	Carichi permanenti.....	33
8.1.2	Sovraccarichi accidentali .....	33
8.1.3	Spinta del terreno .....	33
8.1.4	Spinta dell'acqua di falda.....	33
8.1.5	Azioni sismiche .....	33
8.2	COMBINAZIONI DI CARICO .....	35
<b>9</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>37</b>
9.1	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI CALCOLO.....	37
9.2	RIEPILOGO RISULTATI DELLE ANALISI .....	38
9.2.1	Sagoma 2A.....	38
9.2.2	Sagoma 2B.....	40
9.3	VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE.....	41
9.3.1	Sezione di calcolo 1 – Sagoma 2A.....	41
9.3.2	Sezione di calcolo 2 – Sagoma 2B.....	60
9.4	VERIFICHE A TAGLIO.....	82
9.4.1	Sezione di calcolo 1 – Sagoma 2A.....	83
9.4.2	Sezione di calcolo 2 – Sagoma 2B.....	84
<b>10</b>	<b>DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018) .....</b>	<b>85</b>
10.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE.....	85
10.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	85
10.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	85
10.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	85
10.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	86
10.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	86

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 1 GENERALITA'

### 1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alle strutture dei "Tratti in Artificiale della Galleria naturale Pala Soliana – GN01", 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 opere in questione sono presenti all'imbocco lato Cagliari, dalla progressiva km 1+862.40 alla progressiva km 1+882.40, per l'asse destro e dalla progressiva km 1+871.65 alla progressiva km 1+888.65, per l'asse sinistro, e all'imbocco lato Sassari, dalla progressiva km 2+902.60 alla progressiva km 2+917.60, per l'asse destro e dalla progressiva km 2+893.85 alla progressiva km 2+906.85, per l'asse sinistro.

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 di rivestimento di cui trattasi presenta una configurazione di galleria policentrica, costituita da due tratti in affiancamento, di differente lunghezza, per ciascuno dei due imbocchi della galleria. Nella sezione, è possibile individuare i seguenti elementi, che costituiscono il telaio scatolare continuo: calotta superiore, piedritti, murette e arco rovescio. A seguire, si specificano le geometrie in funzione dell'imbocco a cui si riferiscono.

#### Imbocco lato Cagliari

La struttura del tratto in artificiale (asse dx) dell'imbocco lato Cagliari, presenta una prima porzione di carpenteria tipo "2 A", per una lunghezza di 12.30 m e un secondo tratto di carpenteria tipo "2 B", per una lunghezza di 7.70 m.

La struttura del tratto in artificiale (asse sx) dell'imbocco lato Cagliari, presenta una unica carpenteria tipo "1 A", per una lunghezza di 17.00 m.

#### Imbocco lato Sassari

La struttura del tratto in artificiale (asse dx) dell'imbocco lato Sassari, presenta una unica carpenteria tipo "1 A", per una lunghezza di 15.00 m.

La struttura del tratto in artificiale (asse sx) dell'imbocco lato Sassari, presenta una unica carpenteria tipo "1 A", per una lunghezza di 13.00 m.

A seguire si descrivono le sagome in oggetto, in cui per "A" si indica una sagoma simmetrica e interamente ritombata e per "B" si intende una sagoma con piedritti asimmetrici e in cui il ritombamento non interessa il piedritto adiacente l'altra galleria.

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

- Sagoma 1A/2A

Lo spessore del rivestimento in calotta è pari ad **1.00 m** in chiave, e **2.10 m** in corrispondenza delle reni. I piedritti hanno spessore variabile da **1.20 m** a **1.72 m** allo spiccato degli stessi. Anche l'arco rovescio presenta spessore costante di **1.00 m**. E' presente una muretta tra piedritto e arco rovescio, di spessore minimo pari a **1.26 m**, riferito alla sezione verticale.

- Sagoma 1B/2B

Lo spessore del rivestimento in calotta è pari ad **1.00 m** in chiave, e **2.10 m** in corrispondenza delle reni. I piedritti hanno spessore variabile da **1.20 m** a **1.72 m** e da **2.00 m** a **3.30 m** allo spiccato degli stessi. In corrispondenza del piedritto esterno, di maggiore spessore, è presente un tratto verticale di spessore minimo pari a **0.40 m**. Anche l'arco rovescio presenta spessore costante di **1.00 m**. E' presente una muretta tra piedritto e arco rovescio, di spessore minimo pari a **1.26 m**, riferito alla sezione verticale.

Di seguito si riporta rappresentazione grafica delle sezioie trasversali e longitudinali dell'opera e la planimetria con l'individuazione delle stesse, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici:

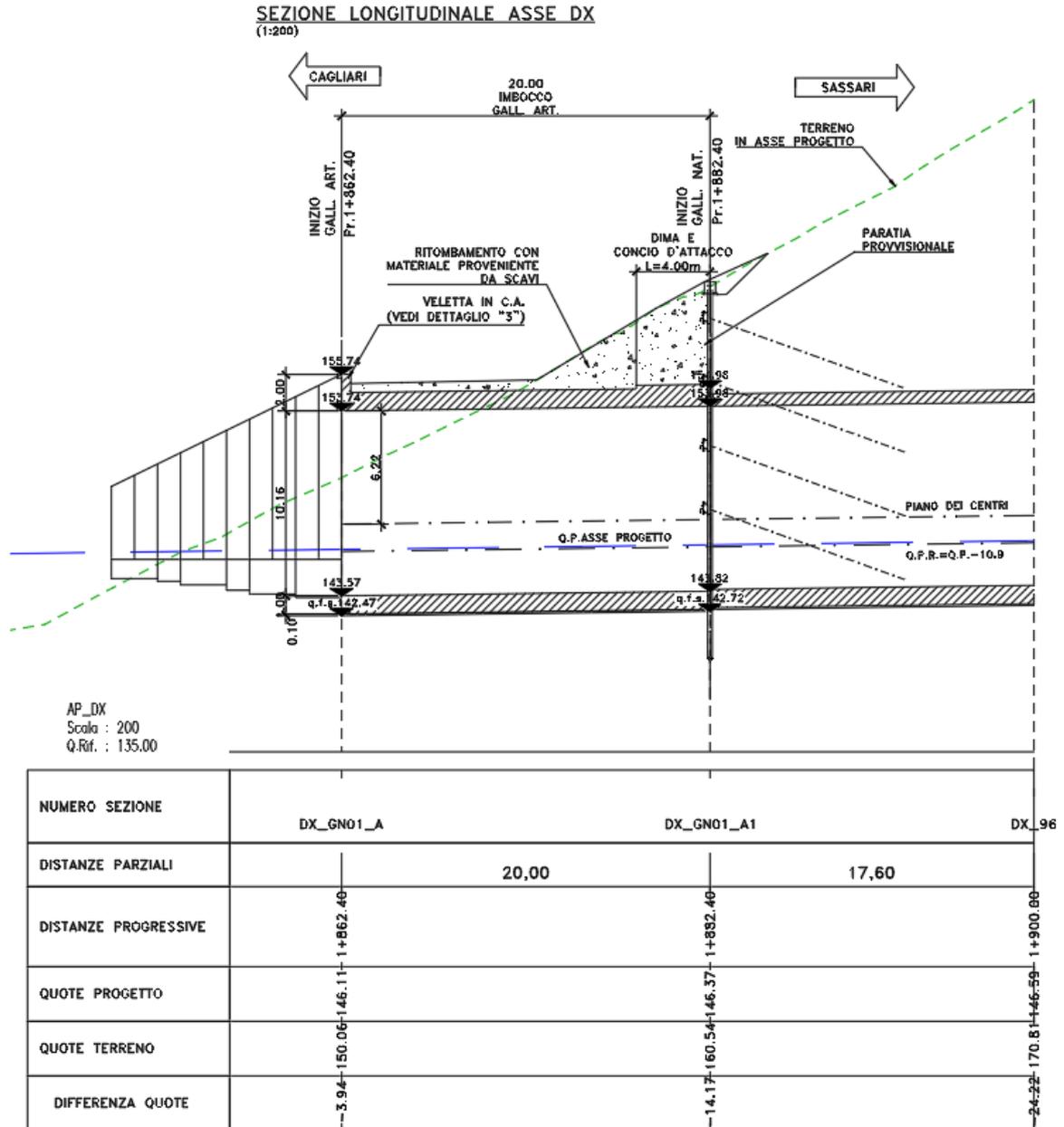


Figura 1.1 - Sezione longitudinale galleria artificiale – Asse dx – Imbocco lato Cagliari

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01

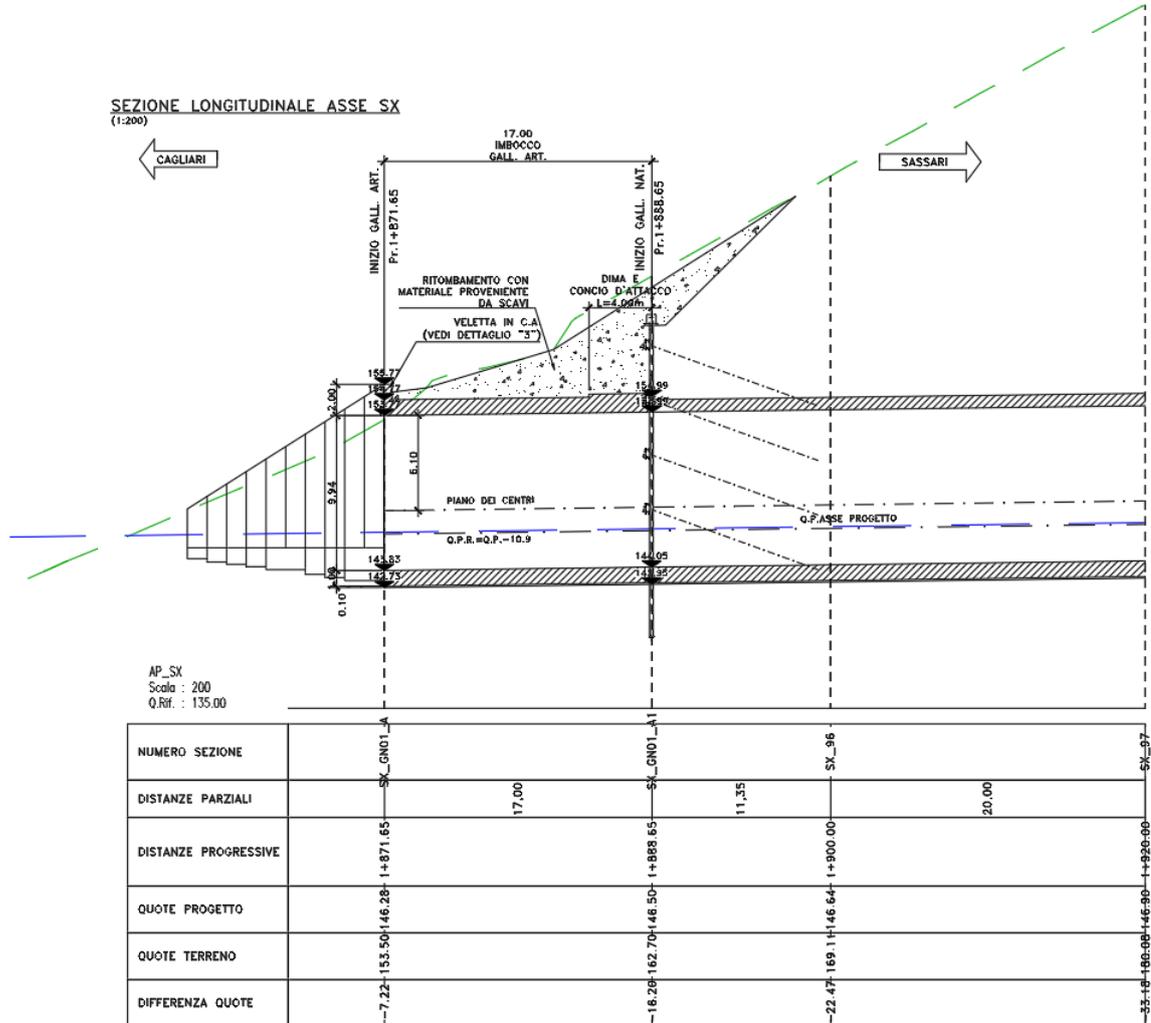


Figura 1.2 - Sezione longitudinale galleria artificiale – Asse sx – Imbocco lato Cagliari



SS 131 "Carlo Felice"

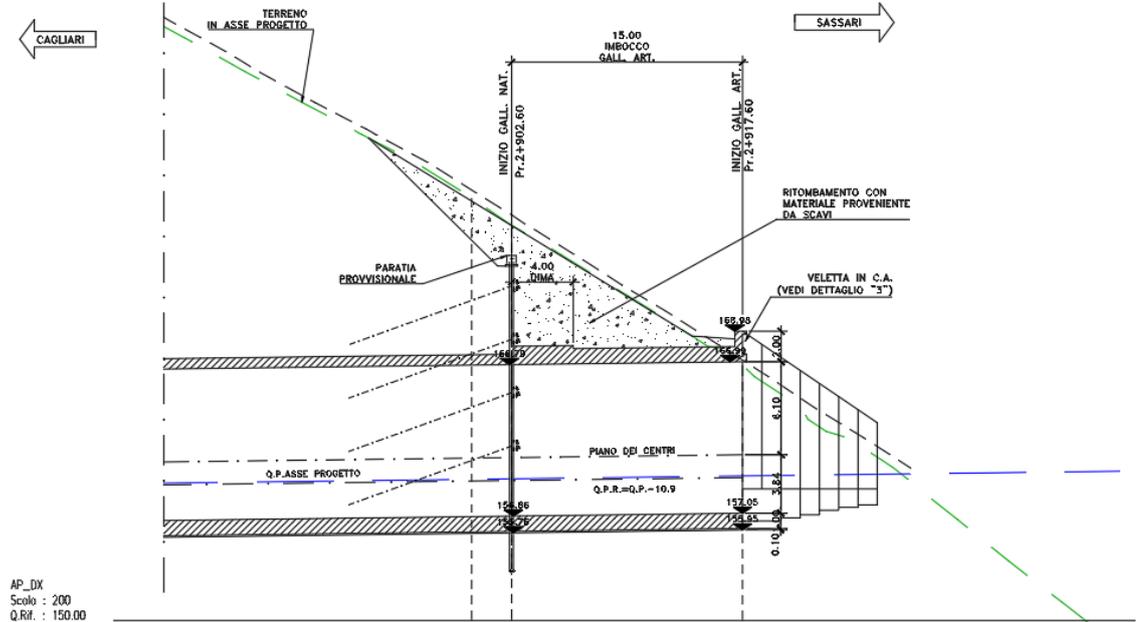
Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500



CA-357

Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01

SEZIONE LONGITUDINALE ASSE DX  
(1:200)



AP\_DX  
Scala : 200  
Q.Ref. : 150.00

NUMERO SEZIONE	DX_145	DX_146	DX_GN01_B1	DX_GN01_B
DISTANZE PARZIALI		20,00	2,60	15,00
DISTANZE PROGRESSIVE				
QUOTE PROGETTO				
QUOTE TERRENO				
DIFFERENZA QUOTE				

Figura 1.4 - Sezione longitudinale galleria artificiale – Asse dx – Imbocco lato Sassari



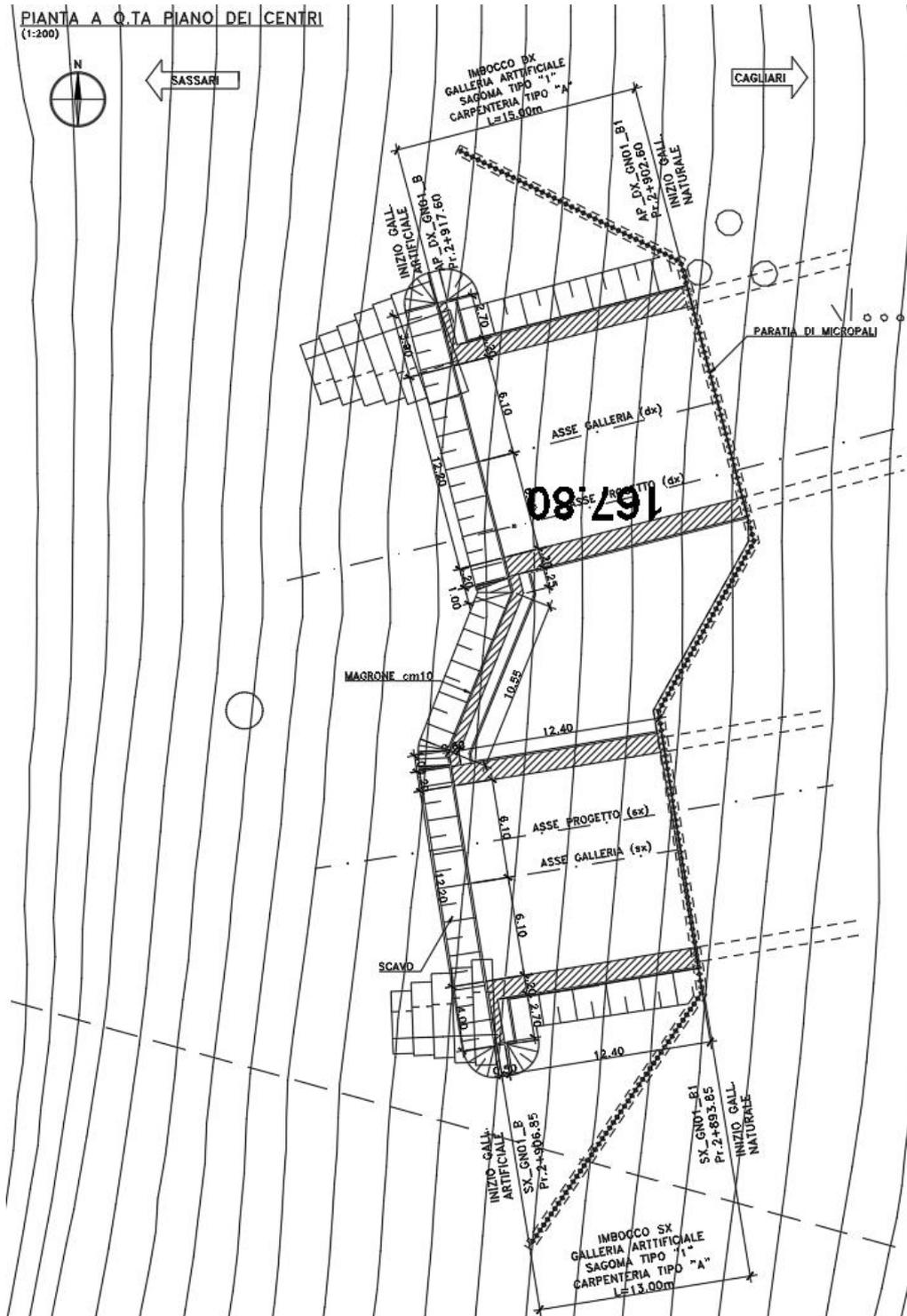


Figura 1.6 - Planimetria con ubicazione dell'opera - Imbocco lato Sassari





GALLERIA ARTIFICIALE – SAGOMA TIPO "2" – CARPENTERIA TIPO "A"

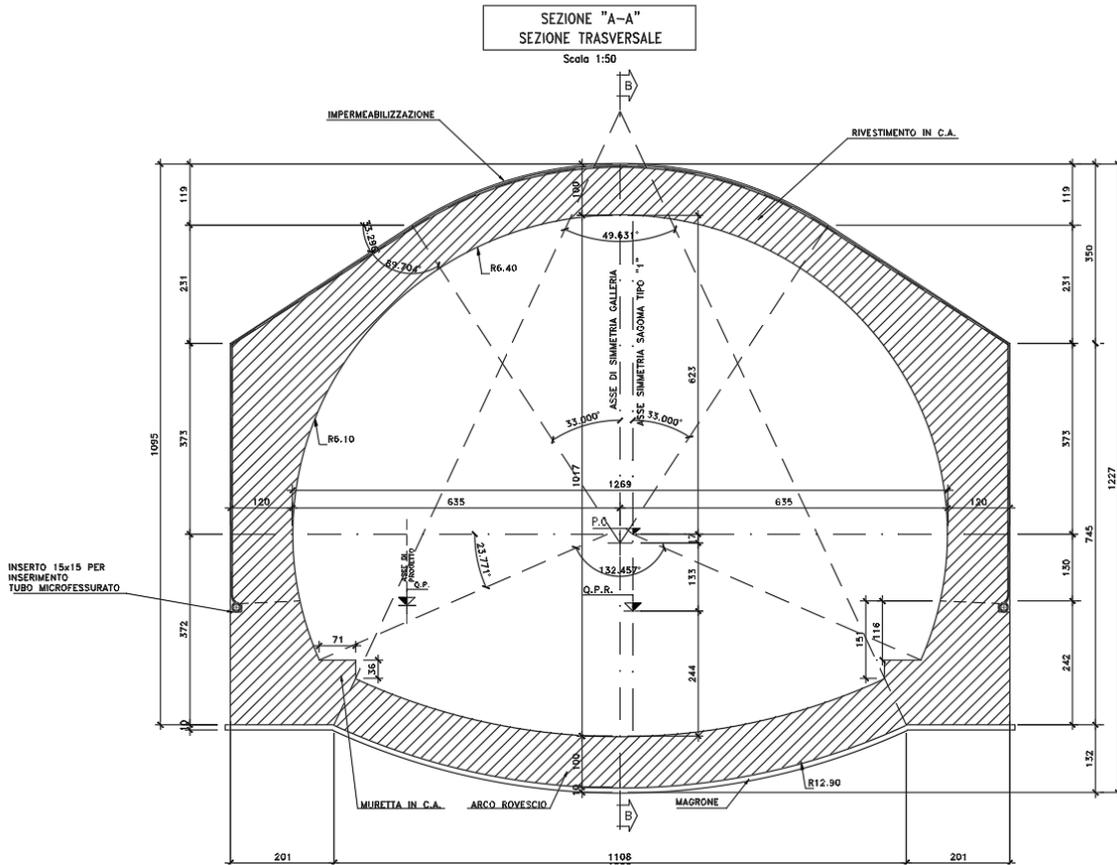


Figura 1.9 - Sezione trasversale galleria – Sagoma 2A

GALLERIA ARTIFICIALE – SAGOMA TIPO "2" – CARPENTERIA TIPO "B"

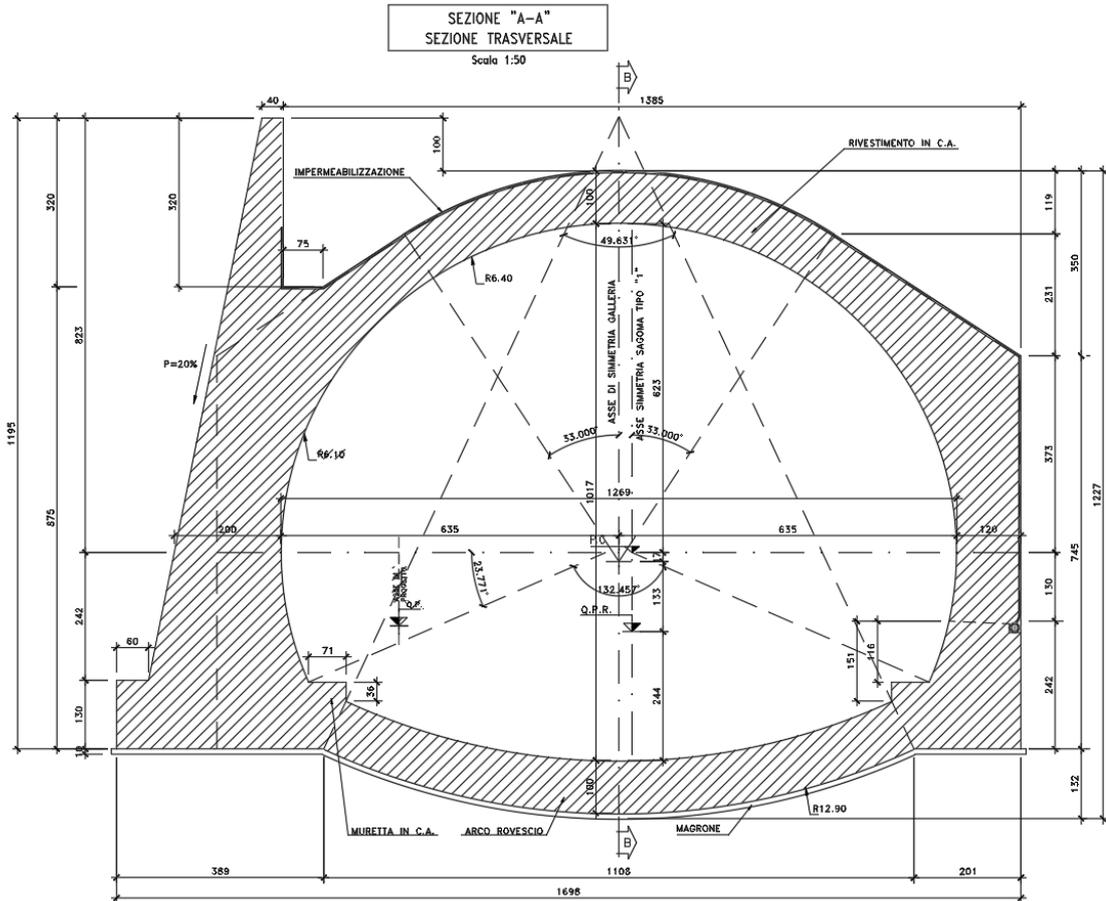


Figura 1.10 - Sezione trasversale galleria – Sagoma 2B

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 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	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</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	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 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 (40-82,60 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	42000-24000
Acidità	mL/kg	4	<5	240	<2	200	non incontrato	

Denominazione		Terreno				Classi di esposizione		
		S22D (0-30)	S28D_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	42000-24000
Acidità	mL/kg	<2	<2	<5	<2	200	non incontrato	

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

Denominazione		Acqua			Classi di esposizione		
		S02D_PZ	S13D_PZ	S21D_PZ			
PARAMETRO	U. M.				XA1	XA2	XA3
Solfati (ione solfato)	mg/L	59,26	60,96	62,99	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	30-60	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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</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:

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)				
CALCESTRUZZO PER		Magrone di sottofondazione	Murette e calotta	Arco rovescio
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)		<b>C12/15</b>	<b>C32/40</b>	<b>C32/40</b>
Classe di esposizione ambientale		-	<b>XC2 + XA1</b>	<b>XC2 + XA1</b>
φ max inerti (mm)	Dupper	-	32	32
	Dlower	-	20	20
Classe di consistenza		-	S4	S3
Rapporto max acqua/cemento		-	0.50	0.50
Contenuto minimo di cemento (kg/m <sup>3</sup> )		150	340	340

*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>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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

Tabella C4.1.IV - Copriferrini minimi in mm

C <sub>min</sub>	C <sub>0</sub>	ambiente	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 <sub>≥C<sub>0</sub></sub>	C <sub>min&lt;C&lt;C<sub>0</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>0</sub></sub>	C <sub>min&lt;C&lt;C<sub>0</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>0</sub></sub>	C <sub>min&lt;C&lt;C<sub>0</sub></sub>	C <sub>≥C<sub>0</sub></sub>	C <sub>min&lt;C&lt;C<sub>0</sub></sub>
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	55

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 <sub>N</sub>	anni	50

Tabella C4.1.IV Copriferrini minimi in mm

ambiente	R <sub>ckmin</sub>	R <sub>ck0</sub>	barre da c.a.				cavi da c.a.p.			
			elementi a piastra		altri elementi		elementi a piastra		altri elementi	
			R <sub>ck</sub> ≥R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤R <sub>ck</sub> ≤R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤R <sub>ck</sub> ≤R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤R <sub>ck</sub> ≤R <sub>ck0</sub>	R <sub>ck</sub> ≥R <sub>ck0</sub>	R <sub>ckmin</sub> ≤R <sub>ck</sub> ≤R <sub>ck0</sub>
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	55

**Elemento**

**Strutture galleria artificiale (GA)**

Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)	1
Elemento a piastra	SI
Classe di esposizione	XC2 - XA1
Ambiente	aggressivo
R <sub>ck</sub>	Mpa 40
Check R <sub>ck</sub> min	OK
copriferro minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm 30
incremento Per V <sub>n</sub> =100 (tipo di costruzione 3)	mm 0
elem. prefabbricato con ver. Copriferrini*	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferrini	0
Tolleranza di posa	10
copriferro nominale	mm 40

\* Elemento prefabbricato prodotto con sistema sottoposto a controllo di qualità che comprenda la ve

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</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	Strutture galleria artificiale (GA)
<b>copriferro nominale di progetto</b>	<b>50</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	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

### 5.1.3 Resistenze di progetto

#### Calcestruzzo C32/40:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	unità	C32/40
Resistenza a compressione caratteristica cubica	$R_{ck}$	Mpa	40
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	Mpa	32
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	Mpa	40.00
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	Mpa	3.02
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	Mpa	2.12
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	Mpa	3.93
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	Mpa	3.63
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	Mpa	33346

STATI LIMITE ULTIMI	Var	unità	
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	18.13
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	Mpa	1.41

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	unità	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	Mpa	19.20
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	Mpa	14.40
$\sigma_t$ - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	Mpa	2.52

ANCORAGGIO DELLE BARRE	Var	unità	
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	3.18
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	MPa	2.22

### 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 della **calotta**, dei **piedritti** e per le verifiche a fessurazione dell' **arco rovescio** (classe di esposizione **XA1**).

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</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	-

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

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

<b>Tensioni limite in funzione diametro barre</b>			
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

<b>Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato</b>	<b>Var</b>	<b>unità</b>		
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	Es	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>	<b>Var</b>	<b>unità</b>		
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>	<b>Var</b>	<b>unità</b>		
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max}=0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0	360.0

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>anas</b> <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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 6 CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE DEI TERRENI CONSIDERATI

Le opere in oggetto si posizionano in un tratto dell'Asse Principale di progetto, caratterizzato da formazioni litostatiche differenti per i due imbocchi.

All'imbocco lato Sassari, l'opera è interessata dalla dall'interazione con un unico strato, costituito da calcareniti "CL", che risulta presente in fondazione e in elevazione.

All'imbocco lato Cagliari, l'opera è interessata dalla dall'interazione con una duplice stratigrafia, costituita da un tetto di calcareniti "CL", che risultano presenti in elevazione e da marne "M" con tracce di componente argillosa AM, che risultano presenti in fondazione.

Le calotte, invece, sono in ogni caso ritombate con materiale proveniente dagli scavi.

Dalle indagini geognostiche eseguite, si evince la presenza di livelli di falda in corrispondenza di entrambi gli imbocchi.

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

### 6.1 Parametrici geotecnici di progetto

Stante la natura prevalentemente non spingente dei terreni interessati dall'interazione con le gallerie e tenuto conto dell'importanza delle stesse, ai fini del dimensionamento delle opere e comunque a favore di sicurezza, si è adottato un angolo d'attrito elevato equivalente che permettesse di tener conto della natura del terreno stesso e un valore ridotto del modulo elastico, che rappresentasse l'interazione con il terreno di rinfianco.

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

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E_{\text{scarico}}$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)
<b>CL</b>	21.3	30	-	40

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;

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

$\phi'$  angolo di attrito efficace.

## 6.2 Livello di falda di progetto

Dalle indagini effettuate in situ è stato possibile ricostruire la presenza di falda per la struttura in oggetto, in corrispondenza di entrambi gli imbocchi. Per l'imbocco lato Sassari, si è individuato il massimo livello, a quota 170 m s.l.m., mentre per l'imbocco lato Cagliari, si è rilevato un livello a quota 151,5 m s.l.m.

In particolare, data la natura acclive del profilo longitudinale del terreno, si è tenuto conto della presenza di falda, assumendone il valor medio del livello, valutato rispetto alla lunghezza del concio di interesse.

Si è perciò applicato un livello di falda pari all'intera altezza del piedritto, per le sagome tipo "A" e pari a metà altezza del piedritto, per le sagome tipo "B".

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 7 MODELLO DI CALCOLO

La modellazione e l'analisi è stata effettuata con riferimento alle condizioni più gravose tra caratteristiche del terreno, la presenza di falda e le sagome di interesse. In particolare, si sono analizzate la sezione tipo **2A** e tipo **2B**, che possono ritenersi esaustive per il dimensionamento delle strutture di entrambi gli imbocchi.

### 7.1 Metodologia di calcolo e descrizione del modello

Si adotta il modello "delle reazioni iperstatiche". Alla struttura viene applicato un sistema di carichi esterni assegnati (attivi) e di carichi di reazione del terreno indotti dalla deformazione del rivestimento stesso (passivi).

Il carico attivo (di entità prefissata) deriva dal peso proprio della struttura, dal carico verticale esercitato dal terreno gravante in calotta, dai sovraccarichi accidentali, dalle spinte ai lati della galleria esercitate dal terreno stesso e da eventuali sovraccarichi e carichi sismici.

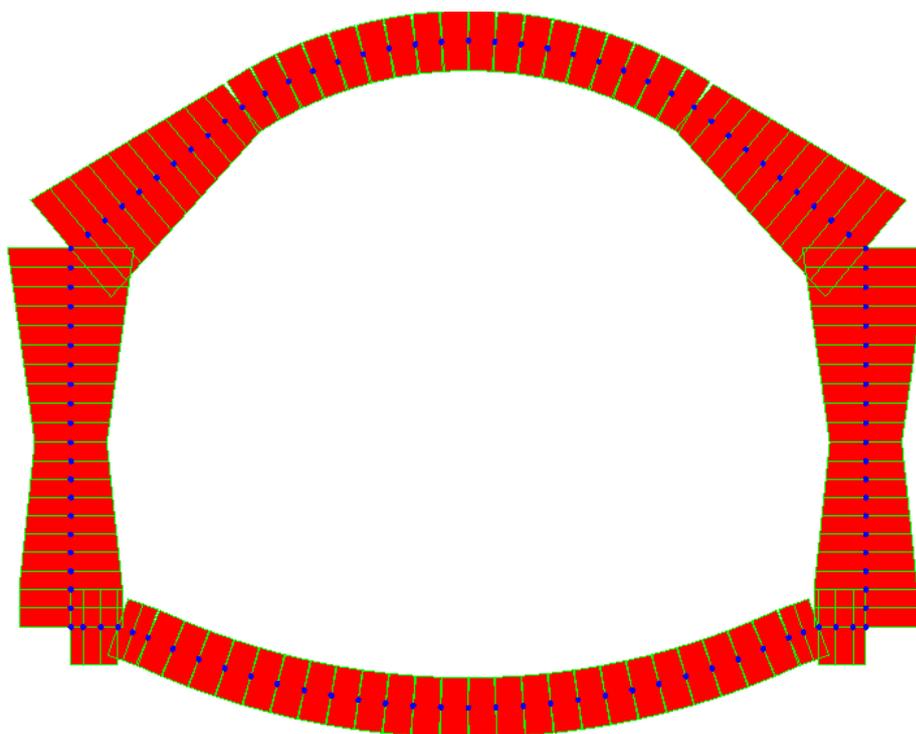
L'azione di contenimento del terreno alla deformazione della struttura viene schematicamente considerata nel modello mediante una serie di molle orizzontali applicate ai piedritti e alla calotta della galleria di costante  $K_h$  e di molle verticali applicate in corrispondenza dell'arco rovescio, con coefficiente di reazione  $K_r$ .

Le analisi sono svolte per sezioni di profondità unitaria in direzione longitudinale.

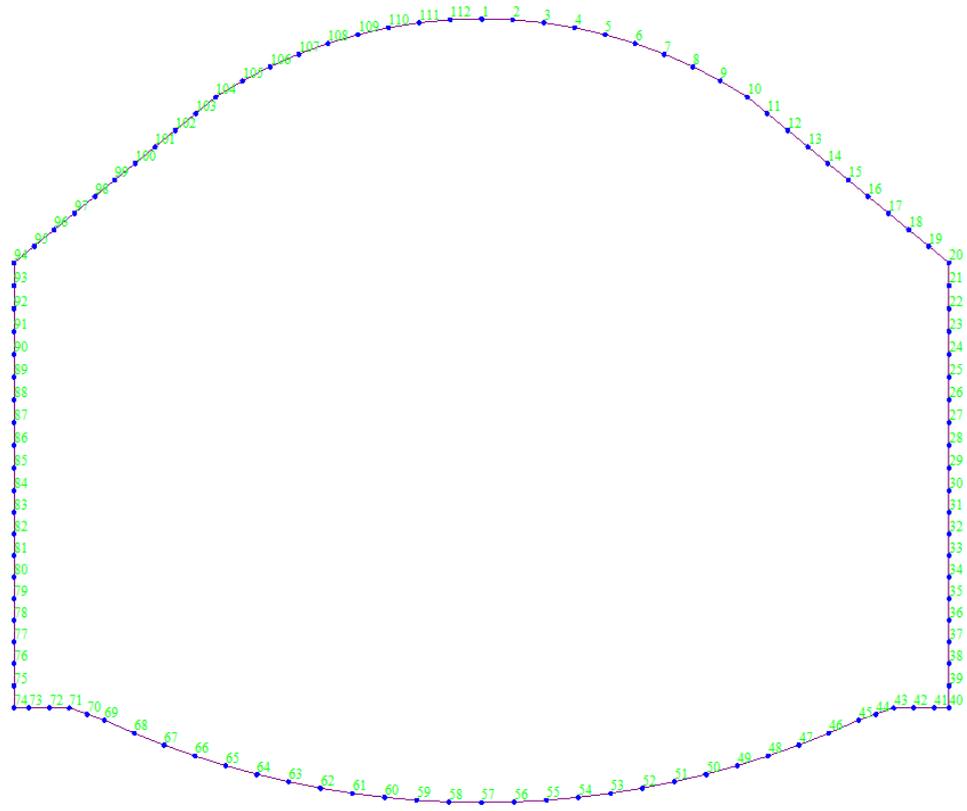
La sezione della galleria policentrica è stata modellata attraverso elementi "frame" nel codice di calcolo agli elementi finiti Midas Gen e caricata nel suo piano.

Di seguito è riportato lo schema di calcolo con la numerazione dei nodi:

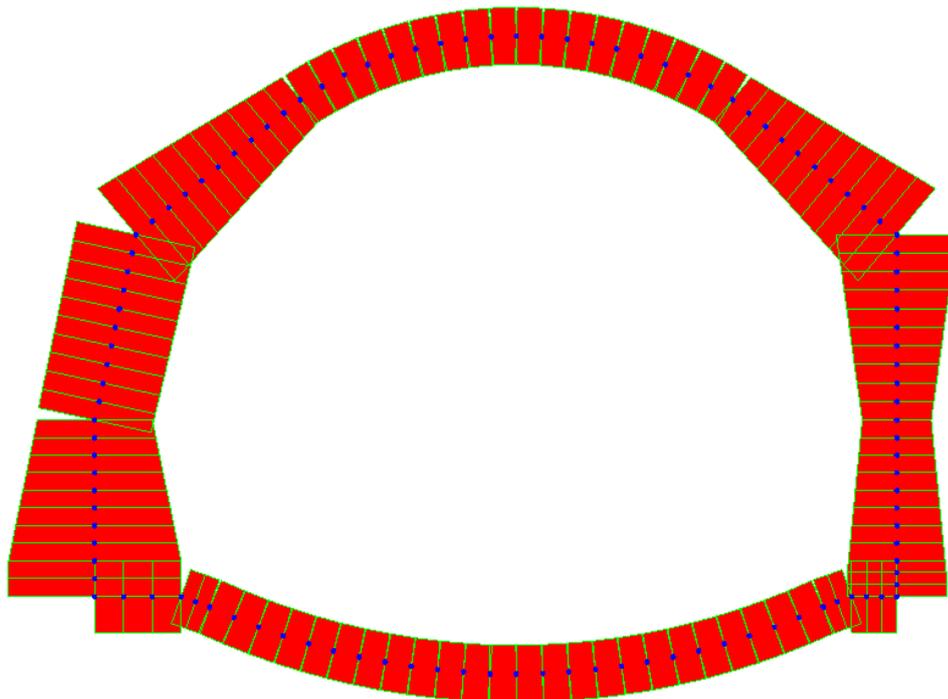
#### - **Sagoma 2A**



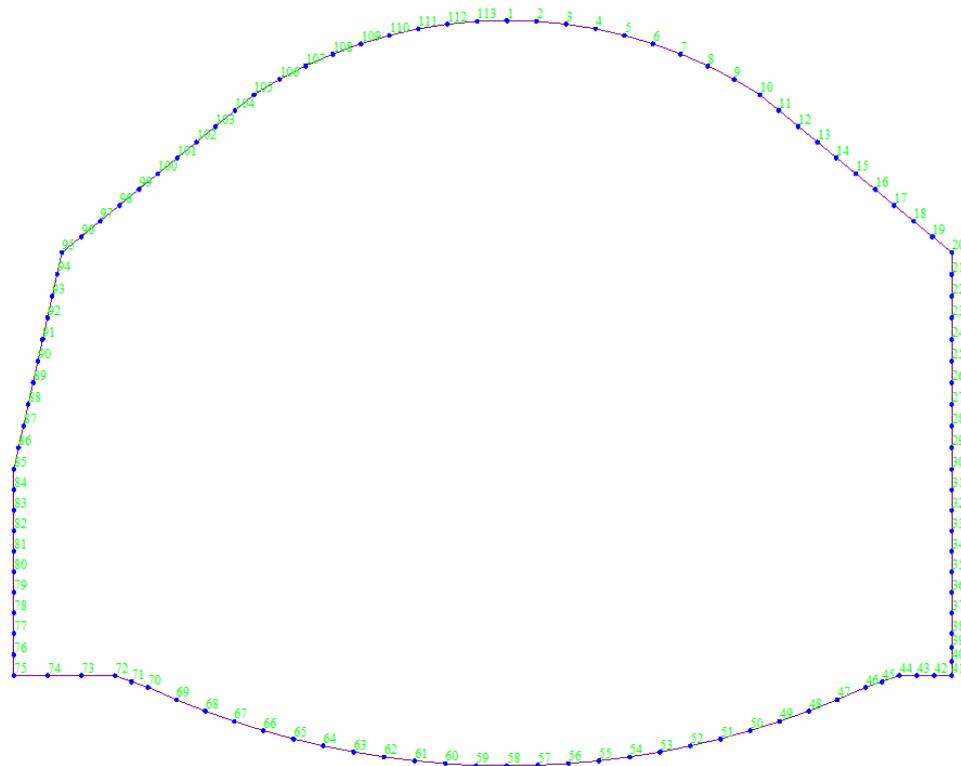
SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto dal km 202+000 al km 209+500		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	



- **Sagoma 2B**



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>ANAS</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	



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

Si è considerata l'interazione in direzione orizzontale per la calotta e per i piedritti, e in direzione verticale sotto l'arco rovescio.

I calcoli sono svolti iterativamente, al fine di disattivare le molle che risultano tese.

Le costanti di reazione delle molle sono state determinate secondo le formule proposte nelle norme *AFTES (Tunnels et ouvrages souterrains, 1993)*:

Calotta 
$$k = \frac{E}{(1+\nu)R}$$

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

Arco rovescio con piccolo raggio di curvatura 
$$k = \frac{E}{(1+\nu)R}$$

con:

R: raggio calotta/arco rovescio;

a: semialtezza del piedritto;

B: semilarghezza dell'arco rovescio;

f=2.25 per piedritto infinitivamente lungo;

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

$f=1$  per un piedritto lungo circa 2a;

Sono stati implementati 4 modelli distinti per ognuna delle due sezioni di calcolo:

- 1) Condizioni statiche in assenza di falda;
- 2) Condizioni statiche in presenza di falda;
- 3) Condizioni sismiche in assenza di falda.
- 4) Condizioni sismiche in presenza di falda.

Le configurazioni in assenza di falda massimizzano gli effetti dei carichi verticali sulle strutture di rivestimenti, mentre le configurazioni in presenza di falda massimizzano gli effetti dei carichi orizzontali.

## 7.2 Descrizione delle sezioni di calcolo

Sono state considerate due sezioni di analisi, caratterizzate dalle condizioni più gravose in termini geometrici e geotecnici.

- **Sezione 1:** caratteristica della sagoma tipo 2A della GA, in cui la copertura massima nel tratto in esame è pari a 6.50 m sulla chiave di calotta. Risulta presente un livello di falda che interessa l'intera altezza dei piedritti.

Di seguito sono riepilogate le rigidezze delle molle disposte lungo il perimetro della sezione di calcolo:

### MOLLE

#### AFTES

$E_{\text{scarico/ricarico}}$ calotta	MPa	30
$E_{\text{scarico/ricarico}}$ piedritto	MPa	30
$E_{\text{scarico/ricarico}}$ arco rovescio	MPa	80
coefficiente di Poisson $\nu$		0.3
$R_{\text{ext}}$ calotta	m	7.4
$R_{\text{ext}}$ arco rovescio	m	13.2
$a$ semialtezza del piedritto	m	3.73
$B_p$ larghezza piedritti sollecitata	m	2.01
$B_{\text{semi}}$ larghezza dell'arco	m	7.545
$f$		2.25

Calotta	$k = \frac{E}{(1+\nu)R} =$	KN/m <sup>2</sup>	3119
Piedritti molle oriz	$k = \frac{1}{f(1-\nu^2)} \frac{E}{a} =$	KN/m <sup>2</sup>	3933
Piedritti molle vert	$\bar{k} = \frac{1}{f(1-\nu^2)} \frac{E}{B_p} =$	KN/m <sup>2</sup>	7290
Arco rovescio piatto o con grande raggio di curvatura	$k = \frac{1}{f(1-\nu^2)} \frac{E}{B} =$	KN/m <sup>2</sup>	5179
Arco rovescio con piccolo raggio di curvatura	$k = \frac{E}{(1+\nu)R} =$	KN/m <sup>2</sup>	4662

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

- **Sezione 2:** caratteristica della sagoma tipo **2B** della GA, in cui la copertura massima nel tratto in esame è pari a **2.40 m** sulla chiave di calotta. Risulta presente un livello di **falda** che interessa il piedritto lato terra, per 5.40 m.

Di seguito sono riepilogate le rigidezze delle molle disposte lungo il perimetro della sezione di calcolo:

### MOLLE

#### AFTES

$E_{\text{scarico/ricarico}}$ calotta	MPa	30
$E_{\text{scarico/ricarico}}$ piedritto	MPa	30
$E_{\text{scarico/ricarico}}$ arco rovescio	MPa	80
coefficiente di Poisson $\nu$		0.3
$R_{\text{ext}}$ calotta	m	7.4
$R_{\text{ext}}$ arco rovescio	m	13.2
$a$ semialtezza del piedritto	m	3.73
$B_p$ larghezza piedritti sollecitati	m	2.01
$B$ semi larghezza dell'arco	m	7.545
$f$		2.25

Calotta	$k = \frac{E}{(1+\nu)R} =$	KN/m <sup>2</sup>	3119
Piedritti molle orizz	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)a}$	KN/m <sup>2</sup>	3933
Piedritti molle vert	$\bar{k} = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)B_p} =$	KN/m <sup>2</sup>	7290
Arco rovescio piatto o con grande raggio di curvatura	$k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1-\nu^2)B}$	KN/m <sup>2</sup>	5179
Arco rovescio con piccolo raggio di curvatura	$k = \frac{E}{(1+\nu)R} =$	KN/m <sup>2</sup>	4662

### 7.3 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.

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 8 AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO

### 8.1 Analisi dei carichi

#### 8.1.1 Carichi permanenti

Il peso proprio dell'arco rovescio, dei piedritti e della calotta 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>.

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

#### 8.1.2 Sovraccarichi accidentali

L'elevata copertura di terreno che caratterizza la galleria artificiale in esame, rende trascurabili gli effetti di eventuali sovraccarichi accidentali a piano di campagna che pertanto non sono stati presi in considerazione nelle analisi.

#### 8.1.3 Spinta del terreno

Le spinte del terreno sono state valutate con riferimento al coefficiente di **spinta a riposo  $K_0$** .

#### 8.1.4 Spinta dell'acqua di falda

Le spinte esercitate dall'acqua di falda, quando presenti, sono state applicate ai rivestimenti congruamente ai livelli di progetto esplicitati al paragrafo 6.2. Come precedentemente espresso sono state analizzati gli effetti di due possibili configurazioni "limite", corrispondenti alla assenza e alla presenza dell'acqua di falda.

La spinta idraulica è stata calcolata considerando il peso di volume dell'acqua  $\gamma_w = 10.0$  kN/m<sup>3</sup>.

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

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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

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

L'accelerazione di picco è fornita da:

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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</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> <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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 9 VERIFICHE STRUTTURALI

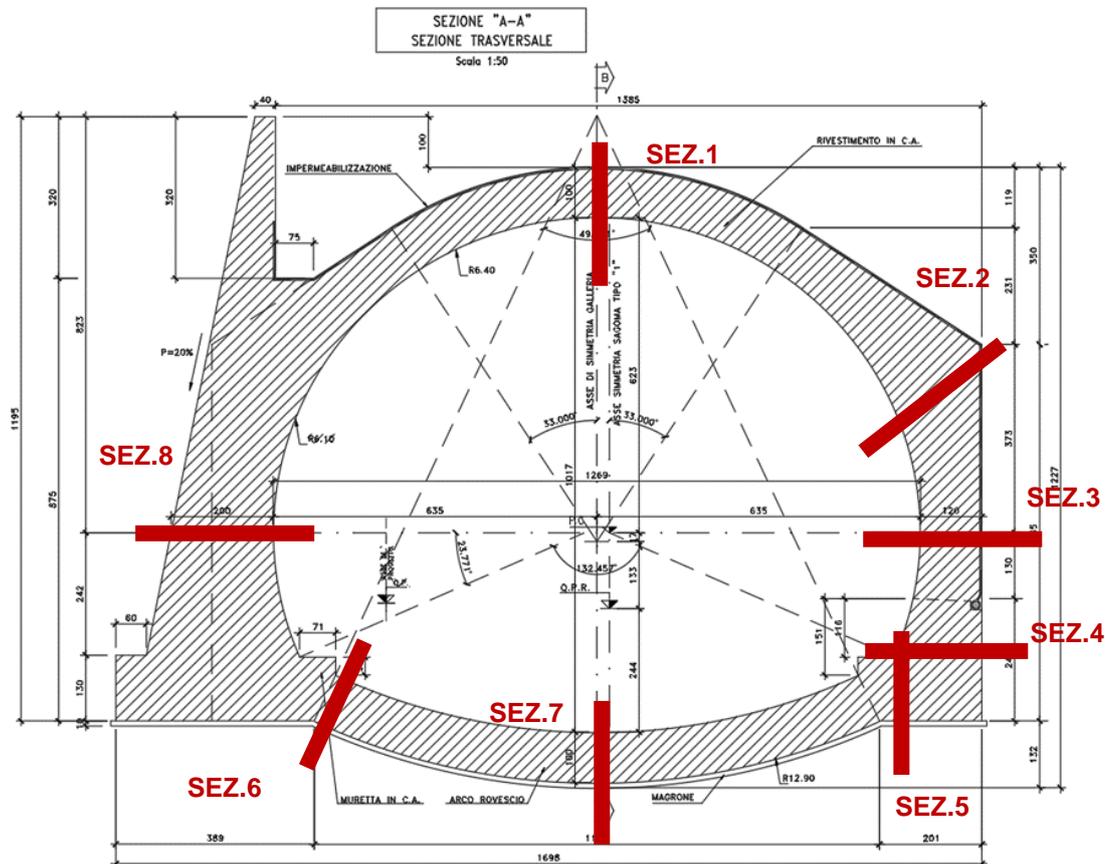
### 9.1 Descrizione delle sezioni di calcolo

Le verifiche SLU ed SLE sono state effettuate in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate, di seguito riepilogate:

Sez 1 - Sezione in chiave di calotta:	s= 1.00 m
Sez 2 - Sezione alle Reni della calotta:	s= 2.10 m
Sez 3 - Sezione all'altezza del piano dei centri:	s= 1.20 m
Sez 4 - Sezione di spiccato dei piedritti:	s= 1.72 m
Sez 5 - Sezione di intersezione piedritto-muretta:	s= 1.26 m
Sez 6 – Sezione di intersezione muretta-arco rovescio:	s= 1.00 m
Sez 7 - Sezione in chiave arco rovescio:	s= 1.00 m
Sez8 - Sezione minima piedritto esterno :	s= 2.00 m

Per la sagoma 1B, si omettono le verifiche di spiccato del piedritto esterno, in quanto meno penalizzanti, poiché la sezione presenta maggiore spessore.

GALLERIA ARTIFICIALE – SAGOMA TIPO "2" – CARPENTERIA TIPO "B"



**9.2 Riepilogo risultati delle analisi**

**9.2.1 Sagoma 2A**

Di seguito si riportano le principali sollecitazioni agli SLE, SLU ed SLV ricavate dai modelli di calcolo relativi alla sezione 1:

		SEZ 1 - MEZZERIA CALOTTA					
		SLU	SLU W	SLV	SLV W	SLE	SLE W
h	cm	100	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	113	137	87	109	-	-
N	kN	-631	-760	-735	-784	-210	-253
M	kNm	817	674	457	389	272	225

CA-357

**Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

		<b>SEZ 2 - RENI CALOTTA</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	210	210	210	210	210	210
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	1131	1047	845	795	-	-
N	kN	-1283	-1339	-1085	-1115	-428	-446
M	kNm	2300	2098	1456	1387	767	699

		<b>SEZ 3 - MEZZERIA PIEDRITTI</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	120	120	120	120	120	120
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	229	283	247	273	-	-
N	kN	-1863	-1835	-1482	-1458	-621	-612
M	kNm	2193	1647	1338	1004	731	549

		<b>SEZ 4 - SPICCATO PIEDRITTI</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	172	172	172	172	172	172
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	715	1001	748	945	-	-
N	kN	-2015	-1987	-1603	-1579	-672	-662
M	kNm	3485	3397	2707	2648	1162	1132

		<b>SEZ 5 - PIEDRITTO-MURETTA</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	126	126	126	126	126	126
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	1372	1269	1035	965	-	-
N	kN	-1243	-1516	-1152	-1332	-414	-505
M	kNm	2010	1937	1533	1487	670	646

		<b>SEZ 6 - MURETTA-ARCO ROVESCIO</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	100	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	1292	1193	972	905	-	-
N	kN	-1214	-1490	-1130	-1310	-405	-497
M	kNm	1649	1603	1260	1234	550	534

		<b>SEZ 7 - MEZZERIA ARCO ROVESCIO</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	100	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	80	65	61	49	-	-
N	kN	-712	-1003	-750	-942	-237	-334
M	kNm	-1844	-1615	-1317	-1167	-615	-538

SS 131 "Carlo Felice"		 <b>an</b> as 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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 9.2.2 Sagoma 2B

Di seguito si riportano le principali sollecitazioni agli SLE, SLU ed SLV ricavate dai modelli di calcolo relativi alla sezione 2:

		<b>SEZ 1 - MEZZERIA CALOTTA</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	100	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	416	411	352	365	-	-
N	kN	-65	-90	-142	-165	-22	-30
M	kNm	755	740	773	791	252	247

		<b>SEZ 2 - RENI CALOTTA</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	210	210	210	210	210	210
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	740	714	520	511	-	-
N	kN	-703	-718	-682	-708	-234	-239
M	kNm	2478	2478	2285	2296	826	826

		<b>SEZ 3 - MEZZERIA PIEDRITTO DX</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	120	120	120	120	120	120
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	212	213	329	337	-	-
N	kN	-1193	-1182	-819	-809	-398	-394
M	kNm	1463	1258	694	514	488	419

		<b>SEZ 4 - SPICCATO PIEDRITTO DX</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	172	172	172	172	172	172
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	603	743	730	850	-	-
N	kN	-1412	-1423	-939	-929	-471	-474
M	kNm	2767	2611	2142	1950	922	870

		<b>SEZ 5 - PIEDRITTO-MURETTA</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	126	126	126	126	126	126
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	897	803	567	-525	-	-
N	kN	-961	-1093	-980	-1091	-320	-364
M	kNm	1574	1551	1431	1416	525	517

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

		<b>SEZ 6 - MURETTA-ARCO ROVESCIO</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	100	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	850	747	544	-504	-	-
N	kN	-944	-1077	-972	-1084	-315	-359
M	kNm	1337	1328	1282	1277	446	443

		<b>SEZ 7 - MEZZERIA ARCO ROVESCIO</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	100	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	721	667	444	400	-	-
N	kN	-605	-747	-746	-866	-202	-249
M	kNm	-1226	-1146	-910	-881	-409	-382

		<b>SEZ 8 - MEZZERIA PIEDRITTO SX</b>					
		<u>SLU</u>	<u>SLU W</u>	<u>SLV</u>	<u>SLV W</u>	<u>SLE</u>	<u>SLE W</u>
h	cm	200	200	200	200	200	200
B	cm	100	100	100	100	100	100
V	kN	181	155	207	233	-	-
N	kN	-1138	-1155	-1033	-1048	-379	-385
M	kNm	2956	2880	2300	2237	985	960

### 9.3 Verifiche a presso-flessione

L'armatura del rivestimento è costituita da  $\phi 24/20$  cm in zona tesa e in zona compressa con rinforzi  $\phi 24/20$  cm in zona tesa delle sezioni piu sollecitate: intradosso della calotta, allo spiccato dei piedritti (lato terreno), all'estradosso delle reni, all'estradosso dell'arco rovescio (in mezzeria) e all'intradosso dell'arco rovescio all'appoggio.

Di seguito si riportano le verifiche a presso-flessione degli elementi strutturali.

#### 9.3.1 Sezione di calcolo 1 – Sagoma 2A

##### Sez 1. Chiave di calotta

###### 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	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	631.00	817.00	0.00	0.00	0.00
2	760.00	674.00	0.00	0.00	0.00
3	735.00	457.00	0.00	0.00	0.00
4	784.00	389.00	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	210.00	272.00	0.00
2	253.00	225.00	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	210.00	272.00 (745.86)	0.00 (0.00)
2	253.00	225.00 (803.42)	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	210.00	272.00 (745.86)	0.00 (0.00)
2	253.00	225.00 (803.42)	0.00 (0.00)

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = comb. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	631.00	817.00	0.00	630.96	1811.70	0.00	2.20	45.2(20.0)
2	S	760.00	674.00	0.00	760.19	1864.28	0.00	2.73	45.2(20.0)
3	S	735.00	457.00	0.00	735.09	1854.10	0.00	3.97	45.2(20.0)
4	S	784.00	389.00	0.00	784.04	1873.94	0.00	4.69	45.2(20.0)

**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	0.130	50.0	100.0	0.00122	42.2	92.2	-0.02347	-42.2	7.8
2	0.00350	0.136	50.0	100.0	0.00132	42.2	92.2	-0.02230	-42.2	7.8
3	0.00350	0.134	50.0	100.0	0.00130	42.2	92.2	-0.02252	-42.2	7.8
4	0.00350	0.137	50.0	100.0	0.00133	42.2	92.2	-0.02209	-42.2	7.8

**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	0.000292524	-0.025752402	0.130	0.700
2	0.000000000	0.000279872	-0.024487214	0.136	0.700
3	0.000000000	0.000282250	-0.024724998	0.134	0.700
4	0.000000000	0.000277584	-0.024258404	0.137	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	2.18	-50.0	100.0	-52.1	-14.1	7.8	1950	45.2
2	S	1.84	-50.0	100.0	-36.2	-42.2	7.8	1950	45.2

**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	2.18	-50.0	100.0	-52.1	-14.1	7.8	1950	45.2

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

2 S 1.84 -50.0 100.0 -36.2 -42.2 7.8 1950 45.2

#### 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 $f_{ctm}$											
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; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Copriferro [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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]											
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00028	0	0.500	24.0	66	0.00015 (0.00015)	400	0.060 (0.30)	745.86	0.00
2	S	-0.00020	0	0.500	24.0	66	0.00010 (0.00010)	400	0.041 (0.30)	803.42	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	2.18	-50.0	100.0	-52.1	-14.1	7.8	1950	45.2
2	S	1.84	-50.0	100.0	-36.2	-42.2	7.8	1950	45.2

#### 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	-0.00028	0	0.500	24.0	66	0.00015 (0.00015)	400	0.060 (0.20)	745.86	0.00
2	S	-0.00020	0	0.500	24.0	66	0.00010 (0.00010)	400	0.041 (0.20)	803.42	0.00

## Sez 2. Reni della calotta

### 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	210.0
3	50.0	210.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	202.2	24
3	42.2	202.2	24
4	42.2	7.8	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1283.00	2300.00	0.00	0.00	0.00
2	1339.00	2098.00	0.00	0.00	0.00
3	1085.00	1456.00	0.00	0.00	0.00
4	1115.00	1387.00	0.00	0.00	0.00

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

	N	Mx	My
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	428.00	767.00	0.00
2	446.00	699.00	0.00

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

	N	Mx	My
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	428.00	767.00 (3264.02)	0.00 (0.00)
2	446.00	699.00 (3388.61)	0.00 (0.00)

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

	N	Mx	My
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	428.00	767.00 (3264.02)	0.00 (0.00)
2	446.00	699.00 (3388.61)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm

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

	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)								
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1283.00	2300.00	0.00	1282.75	4724.70	0.00	2.04	45.2(42.0)
2	S	1339.00	2098.00	0.00	1338.97	4777.43	0.00	2.26	45.2(42.0)
3	S	1085.00	1456.00	0.00	1084.77	4538.12	0.00	3.09	45.2(42.0)

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

4 S 1115.00 1387.00 0.00 1114.71 4566.41 0.00 3.26 45.2(42.0)

**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	0.073	-50.0	210.0	0.00166	-42.2	202.2	-0.04412	-42.2	7.8
2	0.00350	0.075	-50.0	210.0	0.00170	-42.2	202.2	-0.04328	-42.2	7.8
3	0.00350	0.069	-50.0	210.0	0.00154	-42.2	202.2	-0.04727	-42.2	7.8
4	0.00350	0.070	-50.0	210.0	0.00156	-42.2	202.2	-0.04678	-42.2	7.8

**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	0.00000000	0.000235510	-0.045957075	0.073	0.700
2	0.00000000	0.000231345	-0.045082518	0.075	0.700
3	0.00000000	0.000251107	-0.049232374	0.069	0.700
4	0.00000000	0.000248657	-0.048717929	0.070	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	1.75	-50.0	210.0	-50.4	23.4	7.8	1950	45.2
2	S	1.59	-50.0	210.0	-41.4	32.8	7.8	1950	45.2

**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	1.75	-50.0	210.0	-50.4	23.4	7.8	1950	45.2
2	S	1.59	-50.0	210.0	-41.4	32.8	7.8	1950	45.2

**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	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Copriferro [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	-0.00025	0	0.500	24.0	66	0.00014 (0.00014)	400	0.058 (0.30)	3264.02	0.00	
2	S	-0.00021	0	0.500	24.0	66	0.00012 (0.00012)	400	0.047 (0.30)	3388.61	0.00	

<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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

**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	1.75	-50.0	210.0	-50.4	23.4	7.8	1950	45.2
2	S	1.59	-50.0	210.0	-41.4	32.8	7.8	1950	45.2

**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	-0.00025	0	0.500	24.0	66	0.00014 (0.00014)	400	0.058 (0.20)	3264.02	0.00
2	S	-0.00021	0	0.500	24.0	66	0.00012 (0.00012)	400	0.047 (0.20)	3388.61	0.00

**Sez 3. Piano dei centri (spessore minimo dei piedritti)**

**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	-42.2	7.8	24
2	-42.2	112.2	24
3	42.2	112.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1863.00	2193.00	0.00	0.00	0.00
2	1835.00	1647.00	0.00	0.00	0.00
3	1482.00	1338.00	0.00	0.00	0.00
4	1458.00	1004.00	0.00	0.00	0.00

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

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

N	Mx	My
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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

N° Comb.	N	Mx	My
1	621.00	731.00	0.00
2	612.00	549.00	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	621.00	731.00 (1104.67)	0.00 (0.00)
2	612.00	549.00 (1185.53)	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	621.00	731.00 (1104.67)	0.00 (0.00)
2	612.00	549.00 (1185.53)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1863.00	2193.00	0.00	1862.91	2828.55	0.00	1.29	45.2(24.0)
2	S	1835.00	1647.00	0.00	1835.24	2816.09	0.00	1.70	45.2(24.0)
3	S	1482.00	1338.00	0.00	1482.04	2651.06	0.00	1.96	45.2(24.0)
4	S	1458.00	1004.00	0.00	1458.25	2639.59	0.00	2.59	45.2(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	0.161	50.0	120.0	0.00199	42.2	112.2	-0.01826	-42.2	7.8
2	0.00350	0.159	50.0	120.0	0.00197	42.2	112.2	-0.01848	-42.2	7.8
3	0.00350	0.141	50.0	120.0	0.00177	42.2	112.2	-0.02132	-42.2	7.8
4	0.00350	0.140	50.0	120.0	0.00176	42.2	112.2	-0.02150	-42.2	7.8

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

<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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala          Soliana – GN01</b>	

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	0.00000000	0.000193964	-0.019775724	0.161	0.700
2	0.00000000	0.000195917	-0.020010044	0.159	0.700
3	0.00000000	0.000221191	-0.023042941	0.141	0.700
4	0.00000000	0.000222812	-0.023237470	0.140	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	4.32	-50.0	120.0	-100.1	-23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.28	-50.0	120.0	-63.2	-4.7	7.8	1950	45.2

#### 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	4.32	-50.0	120.0	-100.1	-23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.28	-50.0	120.0	-63.2	-4.7	7.8	1950	45.2

#### 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 $f_{ctm}$										
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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]										
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali										
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali										
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]										
e sm - e cm	Coproferro [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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]										
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]										
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00053	0	0.500	24.0	66	0.00029 (0.00029)	400	0.114 (0.30)	1104.67	0.00
2	S	-0.00034	0	0.500	24.0	66	0.00018 (0.00018)	400	0.072 (0.30)	1185.53	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	4.32	-50.0	120.0	-100.1	-23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.28	-50.0	120.0	-63.2	-4.7	7.8	1950	45.2

#### 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	-0.00053	0	0.500	24.0	66	0.00029 (0.00029)	400	0.114 (0.20)	1104.67	0.00
2	S	-0.00034	0	0.500	24.0	66	0.00018 (0.00018)	400	0.072 (0.20)	1185.53	0.00

### Sez 4. Spiccato dei piedritti

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

1	-50.0	0.0
2	-50.0	172.0
3	50.0	172.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	164.2	24
3	42.2	164.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	2015.00	3485.00	0.00	0.00	0.00
2	1987.00	3397.00	0.00	0.00	0.00
3	1603.00	2707.00	0.00	0.00	0.00
4	1579.00	2648.00	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	672.00	1162.00	0.00
2	662.00	1132.00	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	672.00	1162.00 (2157.03)	0.00 (0.00)
2	662.00	1132.00 (2162.14)	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)

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	672.00	1162.00 (2157.03)	0.00 (0.00)
2	662.00	1132.00 (2162.14)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r., Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] 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	2015.00	3485.00	0.00	2014.91	4340.68	0.00	1.24	45.2(34.4)
2	S	1987.00	3397.00	0.00	1986.71	4320.88	0.00	1.27	45.2(34.4)
3	S	1603.00	2707.00	0.00	1602.92	4046.29	0.00	1.49	45.2(34.4)
4	S	1579.00	2648.00	0.00	1578.71	4028.45	0.00	1.52	45.2(34.4)

**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	0.116	-50.0	172.0	0.00207	-42.2	164.2	-0.02668	-42.2	7.8
2	0.00350	0.115	-50.0	172.0	0.00205	-42.2	164.2	-0.02697	-42.2	7.8
3	0.00350	0.100	-50.0	172.0	0.00184	-42.2	164.2	-0.03150	-42.2	7.8
4	0.00350	0.099	-50.0	172.0	0.00183	-42.2	164.2	-0.03175	-42.2	7.8

**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	0.000183796	-0.028112902	0.116	0.700
2	0.000000000	0.000185582	-0.028420028	0.115	0.700
3	0.000000000	0.000213171	-0.033165351	0.100	0.700
4	0.000000000	0.000214705	-0.033429221	0.099	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 [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N° Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.70	-50.0	172.0	-106.2	23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.61	-50.0	172.0	-102.8	-32.8	7.8	1950	45.2

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

**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	3.70	-50.0	172.0	-106.2	23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.61	-50.0	172.0	-102.8	-32.8	7.8	1950	45.2

**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 $f_{ctm}$											
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 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]											
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]											
k2	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]											
sr max	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
wk	Massima distanza tra le fessure [mm]											
Mx fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi											
My fess.	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	-0.00054	0	0.500	24.0	66	0.00030 (0.00030)	400	0.121 (0.30)	2157.03	0.00	
2	S	-0.00053	0	0.500	24.0	66	0.00029 (0.00029)	400	0.118 (0.30)	2162.14	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	3.70	-50.0	172.0	-106.2	23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.61	-50.0	172.0	-102.8	-32.8	7.8	1950	45.2

**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	-0.00054	0	0.500	24.0	66	0.00030 (0.00030)	400	0.121 (0.20)	2157.03	0.00
2	S	-0.00053	0	0.500	24.0	66	0.00029 (0.00029)	400	0.118 (0.20)	2162.14	0.00

**Sez 5. Piedritto-muretta**

**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	126.0
3	50.0	126.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	118.2	24
3	42.2	118.2	24
4	42.2	7.8	24

**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	

<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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala          Soliana – GN01</b>	

1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1243.00	2010.00	0.00	0.00	0.00
2	1516.00	1937.00	0.00	0.00	0.00
3	1152.00	1533.00	0.00	0.00	0.00
4	1332.00	1487.00	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	414.00	670.00	0.00
2	505.00	646.00	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	414.00	670.00 (1150.83)	0.00 (0.00)
2	505.00	646.00 (1201.34)	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	414.00	670.00 (1150.83)	0.00 (0.00)
2	505.00	646.00 (1201.34)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1243.00	2010.00	0.00	1243.18	2678.42	0.00	1.33	45.2(25.2)
2	S	1516.00	1937.00	0.00	1516.28	2819.21	0.00	1.45	45.2(25.2)
3	S	1152.00	1533.00	0.00	1152.04	2630.88	0.00	1.71	45.2(25.2)
4	S	1332.00	1487.00	0.00	1331.84	2724.41	0.00	1.82	45.2(25.2)

**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	0.124	50.0	126.0	0.00164	42.2	118.2	-0.02469	-42.2	7.8
2	0.00350	0.135	50.0	126.0	0.00179	42.2	118.2	-0.02237	-42.2	7.8
3	0.00350	0.121	50.0	126.0	0.00158	42.2	118.2	-0.02552	-42.2	7.8
4	0.00350	0.128	50.0	126.0	0.00169	42.2	118.2	-0.02391	-42.2	7.8

**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	0.000238489	-0.026549591	0.124	0.700
2	0.000000000	0.000218907	-0.024082320	0.135	0.700
3	0.000000000	0.000245552	-0.027439570	0.121	0.700
4	0.000000000	0.000231880	-0.025716887	0.128	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 [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.60	-50.0	126.0	-97.8	-23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.50	-50.0	126.0	-85.0	4.7	7.8	1950	45.2

**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	3.60	-50.0	126.0	-97.8	-23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.50	-50.0	126.0	-85.0	4.7	7.8	1950	45.2

**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 $f_{ctm}$
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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [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 = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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]

<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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala          Soliana – GN01</b>	

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00051	0	0.500	24.0	66	0.00028 (0.00028)	400	0.112 (0.30)	1150.83	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	24.0	66	0.00024 (0.00024)	400	0.097 (0.30)	1201.34	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	3.60	-50.0	126.0	-97.8	-23.4	7.8	1950	45.2
2	S	3.50	-50.0	126.0	-85.0	4.7	7.8	1950	45.2

**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	-0.00051	0	0.500	24.0	66	0.00028 (0.00028)	400	0.112 (0.20)	1150.83	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	24.0	66	0.00024 (0.00024)	400	0.097 (0.20)	1201.34	0.00

**Sez 6. Muretta- arco rovescio**

**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	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	24
2	-42.6	92.2	24
3	42.6	92.2	24
4	42.6	7.4	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1214.00	1649.00	0.00	0.00	0.00
2	1490.00	1603.00	0.00	0.00	0.00
3	1130.00	1260.00	0.00	0.00	0.00
4	1310.00	1234.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Mx
Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
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	405.00	550.00	0.00
2	497.00	534.00	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	405.00	550.00 (742.65)	0.00 (0.00)
2	497.00	534.00 (773.04)	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	405.00	550.00 (742.65)	0.00 (0.00)
2	497.00	534.00 (773.04)	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: 7.1 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	1214.00	1649.00	0.00	1213.82	2052.13	0.00	1.24	45.2(20.0)
2	S	1490.00	1603.00	0.00	1490.08	2158.95	0.00	1.34	45.2(20.0)
3	S	1130.00	1260.00	0.00	1129.74	2019.13	0.00	1.59	45.2(20.0)
4	S	1310.00	1234.00	0.00	1309.80	2089.54	0.00	1.68	45.2(20.0)

**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	100.0	0.00162	42.6	92.2	-0.01880	-42.6	7.4
2	0.00350	0.171	50.0	100.0	0.00178	42.6	92.2	-0.01693	-42.6	7.4
3	0.00350	0.153	50.0	100.0	0.00157	42.6	92.2	-0.01941	-42.6	7.4
4	0.00350	0.162	50.0	100.0	0.00168	42.6	92.2	-0.01812	-42.6	7.4

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.00000000	0.000240801	-0.020580150	0.157	0.700
2	0.00000000	0.000220659	-0.018565903	0.171	0.700
3	0.00000000	0.000247411	-0.021241144	0.153	0.700
4	0.00000000	0.000233522	-0.019852163	0.162	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	4.38	-50.0	100.0	-106.8	-33.1	7.4	1850	45.2
2	S	4.30	-50.0	100.0	-94.5	-42.6	7.4	1850	45.2

**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	4.38	-50.0	100.0	-106.8	-33.1	7.4	1850	45.2
2	S	4.30	-50.0	100.0	-94.5	-42.6	7.4	1850	45.2

**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	-0.00057	0	0.500	24.0	62	0.00031 (0.00031)	378	0.115 (0.30)	742.65	0.00
2	S	-0.00051	0	0.500	24.0	62	0.00027 (0.00027)	378	0.102 (0.30)	773.04	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	4.38	-50.0	100.0	-106.8	-33.1	7.4	1850	45.2
2	S	4.30	-50.0	100.0	-94.5	-42.6	7.4	1850	45.2

**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	-0.00057	0	0.500	24.0	62	0.00031 (0.00031)	378	0.115 (0.20)	742.65	0.00
2	S	-0.00051	0	0.500	24.0	62	0.00027 (0.00027)	378	0.102 (0.20)	773.04	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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## Sez 7. Mezzeria arco rovescio

### 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	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	8	24

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	712.00	-1844.00	0.00	0.00	0.00
2	1003.00	-1615.00	0.00	0.00	0.00
3	750.00	-1317.00	0.00	0.00	0.00
4	942.00	-1167.00	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	237.00	-616.00	0.00
2	334.00	-538.00	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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

1	237.00	-616.00 (-691.40)	0.00 (0.00)
2	334.00	-538.00 (-723.60)	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	237.00	-616.00 (-691.40)	0.00 (0.00)
2	334.00	-538.00 (-723.60)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6,6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7,0	cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	712.00	-1844.00	0.00	712.08	-1844.78	0.00	1.00	45.2(20.0)
2	S	1003.00	-1615.00	0.00	1002.76	-1961.73	0.00	1.21	45.2(20.0)
3	S	750.00	-1317.00	0.00	749.81	-1860.07	0.00	1.41	45.2(20.0)
4	S	942.00	-1167.00	0.00	941.77	-1937.41	0.00	1.65	45.2(20.0)

**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	0.133	-50.0	0.0	0.00128	-42.2	7.8	-0.02272	-42.2	92.2
2	0.00350	0.147	-50.0	0.0	0.00149	-42.2	7.8	-0.02029	-42.2	92.2
3	0.00350	0.135	-50.0	0.0	0.00131	-42.2	7.8	-0.02240	-42.2	92.2
4	0.00350	0.144	-50.0	0.0	0.00145	-42.2	7.8	-0.02077	-42.2	92.2

**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	0.00000000	-0.000284403	0.003500000	0.133	0.700
2	0.00000000	-0.000257978	0.003500000	0.147	0.700
3	0.00000000	-0.000280859	0.003500000	0.135	0.700
4	0.00000000	-0.000263182	0.003500000	0.144	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]

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

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 [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff.                Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.80	50.0	0.0	-140.3	32.8	92.2	1950	45.2
2	S	4.27	50.0	0.0	-110.6	32.8	92.2	1950	45.2

**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	4.80	50.0	0.0	-140.3	32.8	92.2	1950	45.2
2	S	4.27	50.0	0.0	-110.6	32.8	92.2	1950	45.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00075	0	0.500	24.0	66	0.00040 (0.00040)	400	0.160 (0.30)	-691.40	0.00
2	S	-0.00060	0	0.500	24.0	66	0.00032 (0.00032)	400	0.126 (0.30)	-723.60	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	4.80	50.0	0.0	-140.3	32.8	92.2	1950	45.2
2	S	4.27	50.0	0.0	-110.6	32.8	92.2	1950	45.2

**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	-0.00075	0	0.500	24.0	66	0.00040 (0.00040)	400	0.160 (0.20)	-691.40	0.00
2	S	-0.00060	0	0.500	24.0	66	0.00032 (0.00032)	400	0.126 (0.20)	-723.60	0.00

**9.3.2 Sezione di calcolo 2 – Sagoma 2B**

**Sez 1. Chiave di calotta**

**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	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	65.00	755.00	0.00	0.00	0.00
2	90.00	740.00	0.00	0.00	0.00
3	142.00	773.00	0.00	0.00	0.00
4	165.00	791.00	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	22.00	252.00	0.00
2	30.00	247.00	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	22.00	252.00 (654.70)	0.00 (0.00)
2	30.00	247.00 (658.71)	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	22.00	252.00 (654.70)	0.00 (0.00)
2	30.00	247.00 (658.71)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6,6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7,0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	65.00	755.00	0.00	65.28	1577.14	0.00	2.09	45.2(20.0)
2	S	90.00	740.00	0.00	90.28	1587.62	0.00	2.14	45.2(20.0)
3	S	142.00	773.00	0.00	141.98	1609.30	0.00	2.08	45.2(20.0)
4	S	165.00	791.00	0.00	165.09	1618.98	0.00	2.04	45.2(20.0)

**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	0.106	50.0	100.0	0.00072	42.2	92.2	-0.02938	-42.2	7.8
2	0.00350	0.107	50.0	100.0	0.00074	42.2	92.2	-0.02910	-42.2	7.8
3	0.00350	0.109	50.0	100.0	0.00079	42.2	92.2	-0.02850	-42.2	7.8
4	0.00350	0.110	50.0	100.0	0.00082	42.2	92.2	-0.02824	-42.2	7.8

**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	0.00000000	0.000356591	-0.032159097	0.106	0.700
2	0.00000000	0.000353540	-0.031854016	0.107	0.700
3	0.00000000	0.000347124	-0.031212450	0.109	0.700
4	0.00000000	0.000344208	-0.030920828	0.110	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	1.90	-50.0	100.0	-64.7	-32.8	7.8	1950	45.2
2	S	1.87	-50.0	100.0	-62.6	-14.1	7.8	1950	45.2

**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	1.90	-50.0	100.0	-64.7	-32.8	7.8	1950	45.2
2	S	1.87	-50.0	100.0	-62.6	-14.1	7.8	1950	45.2

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

#### 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 $f_{ctm}$										
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	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali										
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali										
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]										
e sm - e cm	Copriferro [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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]										
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]										
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00035	0	0.500	24.0	66	0.00018 (0.00018)	400	0.074 (0.30)	654.70	0.00
2	S	-0.00033	0	0.500	24.0	66	0.00018 (0.00018)	400	0.072 (0.30)	658.71	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	1.90	-50.0	100.0	-64.7	-32.8	7.8	1950	45.2
2	S	1.87	-50.0	100.0	-62.6	-14.1	7.8	1950	45.2

#### 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	-0.00035	0	0.500	24.0	66	0.00018 (0.00018)	400	0.074 (0.20)	654.70	0.00
2	S	-0.00033	0	0.500	24.0	66	0.00018 (0.00018)	400	0.072 (0.20)	658.71	0.00

## Sez 2. Reni della calotta

#### 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	210.0
3	50.0	210.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	202.2	24
3	42.2	202.2	24
4	42.2	7.8	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	703.00	2478.00	0.00	0.00	0.00
2	718.00	2478.00	0.00	0.00	0.00
3	682.00	2285.00	0.00	0.00	0.00
4	708.00	2296.00	0.00	0.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	234.00	826.00	0.00
2	239.00	826.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	234.00	826.00 (2898.25)	0.00 (0.00)
2	239.00	826.00 (2905.42)	0.00 (0.00)

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	234.00	826.00 (2898.25)	0.00 (0.00)
2	239.00	826.00 (2905.42)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	703.00	2478.00	0.00	703.07	4175.05	0.00	1.68	45.2(42.0)
2	S	718.00	2478.00	0.00	718.00	4189.30	0.00	1.69	45.2(42.0)
3	S	682.00	2285.00	0.00	681.95	4154.81	0.00	1.81	45.2(42.0)

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

4 S 708.00 2296.00 0.00 707.92 4179.67 0.00 1.82 45.2(42.0)

**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	0.061	-50.0	210.0	0.00128	-42.2	202.2	-0.05418	-42.2	7.8
2	0.00350	0.061	-50.0	210.0	0.00129	-42.2	202.2	-0.05389	-42.2	7.8
3	0.00350	0.060	-50.0	210.0	0.00126	-42.2	202.2	-0.05460	-42.2	7.8
4	0.00350	0.061	-50.0	210.0	0.00128	-42.2	202.2	-0.05408	-42.2	7.8

**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	0.000285240	-0.056400306	0.061	0.700
2	0.000000000	0.000283851	-0.056108787	0.061	0.700
3	0.000000000	0.000287363	-0.056846158	0.060	0.700
4	0.000000000	0.000284790	-0.056305991	0.061	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	1.87	-50.0	210.0	-74.3	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	1.87	-50.0	210.0	-73.8	32.8	7.8	1950	45.2

**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	1.87	-50.0	210.0	-74.3	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	1.87	-50.0	210.0	-73.8	32.8	7.8	1950	45.2

**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	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese compresse nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Coppia [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	-0.00037	0	0.500	24.0	66	0.00021 (0.00021)	400	0.085 (0.30)	2898.25	0.00	
2	S	-0.00037	0	0.500	24.0	66	0.00021 (0.00021)	400	0.084 (0.30)	2905.42	0.00	

<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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala          Soliana – GN01</b>	

**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	1.87	-50.0	210.0	-74.3	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	1.87	-50.0	210.0	-73.8	32.8	7.8	1950	45.2

**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	-0.00037	0	0.500	24.0	66	0.00021 (0.00021)	400	0.085 (0.20)	2898.25	0.00
2	S	-0.00037	0	0.500	24.0	66	0.00021 (0.00021)	400	0.084 (0.20)	2905.42	0.00

**Sez 3. Piano dei centri (spessore minimo del piedritto lato terra)**

**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	-42.2	7.8	24
2	-42.2	112.2	24
3	42.2	112.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Diametro in mm delle barre della generazione

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1193.00	1463.00	0.00	0.00	0.00
2	1182.00	1258.00	0.00	0.00	0.00
3	819.00	694.00	0.00	0.00	0.00
4	809.00	514.00	0.00	0.00	0.00

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

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

N	Mx
Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)	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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

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	398.00	488.00	0.00
2	394.00	419.00	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	398.00	488.00 (1095.11)	0.00 (0.00)
2	394.00	419.00 (1131.09)	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	398.00	488.00 (1095.11)	0.00 (0.00)
2	394.00	419.00 (1131.09)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1193.00	1463.00	0.00	1193.10	2510.28	0.00	1.71	45.2(24.0)
2	S	1182.00	1258.00	0.00	1182.10	2504.88	0.00	1.97	45.2(24.0)
3	S	819.00	694.00	0.00	819.07	2324.08	0.00	3.30	45.2(24.0)
4	S	809.00	514.00	0.00	808.94	2318.97	0.00	4.41	45.2(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	0.129	50.0	120.0	0.00161	42.2	112.2	-0.02370	-42.2	7.8
2	0.00350	0.128	50.0	120.0	0.00160	42.2	112.2	-0.02379	-42.2	7.8
3	0.00350	0.114	50.0	120.0	0.00136	42.2	112.2	-0.02727	-42.2	7.8
4	0.00350	0.113	50.0	120.0	0.00135	42.2	112.2	-0.02737	-42.2	7.8

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	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.00000000	0.000242413	-0.025589513	0.129	0.700
2	0.00000000	0.000243260	-0.025691199	0.128	0.700
3	0.00000000	0.000274208	-0.029404950	0.114	0.700
4	0.00000000	0.000275166	-0.029519899	0.113	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	2.88	-50.0	120.0	-68.2	-14.1	7.8	1950	45.2
2	S	2.49	-50.0	120.0	-54.1	4.7	7.8	1950	45.2

**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	2.88	-50.0	120.0	-68.2	-14.1	7.8	1950	45.2
2	S	2.49	-50.0	120.0	-54.1	4.7	7.8	1950	45.2

**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	-0.00036	0	0.500	24.0	66	0.00019 (0.00019)	400	0.078 (0.30)	1095.11	0.00
2	S	-0.00029	0	0.500	24.0	66	0.00015 (0.00015)	400	0.062 (0.30)	1131.09	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	2.88	-50.0	120.0	-68.2	-14.1	7.8	1950	45.2
2	S	2.49	-50.0	120.0	-54.1	4.7	7.8	1950	45.2

**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	-0.00036	0	0.500	24.0	66	0.00019 (0.00019)	400	0.078 (0.20)	1095.11	0.00
2	S	-0.00029	0	0.500	24.0	66	0.00015 (0.00015)	400	0.062 (0.20)	1131.09	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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

#### Sez 4. Spiccato dei piedritti

##### 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	172.0
3	50.0	172.0
4	50.0	0.0

##### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	164.2	24
3	42.2	164.2	24
4	42.2	7.8	24

##### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1412.00	2767.00	0.00	0.00	0.00
2	1423.00	2611.00	0.00	0.00	0.00
3	939.00	2142.00	0.00	0.00	0.00
4	929.00	2121.00	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	471.00	922.00	0.00
2	474.00	870.00	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	471.00	922.00 (2105.28)	0.00 (0.00)

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

2 474.00 870.00 (2131.03) 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	471.00	922.00 (2105.28)	0.00 (0.00)
2	474.00	870.00 (2131.03)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1412.00	2767.00	0.00	1411.88	3904.72	0.00	1.41	45.2(34.4)
2	S	1423.00	2611.00	0.00	1423.26	3913.19	0.00	1.49	45.2(34.4)
3	S	939.00	2142.00	0.00	939.24	3549.08	0.00	1.65	45.2(34.4)
4	S	929.00	2121.00	0.00	929.14	3541.41	0.00	1.66	45.2(34.4)

**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 corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. 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 corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrip. 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 corrip. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrip. 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	0.094	-50.0	172.0	0.00174	-42.2	164.2	-0.03363	-42.2	7.8
2	0.00350	0.095	-50.0	172.0	0.00174	-42.2	164.2	-0.03350	-42.2	7.8
3	0.00350	0.081	-50.0	172.0	0.00145	-42.2	164.2	-0.03975	-42.2	7.8
4	0.00350	0.081	-50.0	172.0	0.00144	-42.2	164.2	-0.03989	-42.2	7.8

**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	0.000226123	-0.035393101	0.094	0.700
2	0.000000000	0.000225318	-0.035254678	0.095	0.700
3	0.000000000	0.000263394	-0.041803829	0.081	0.700
4	0.000000000	0.000264249	-0.041950903	0.081	0.700

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrip. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min, Ys min		Ac eff.	As eff.
						Xs min	Ys min		
1	S	2.93	50.0	172.0	-89.7	-32.8	7.8	1950	45.2
2	S	2.77	-50.0	172.0	-82.0	-42.2	7.8	1950	45.2

**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	2.93	50.0	172.0	-89.7	-32.8	7.8	1950	45.2
2	S	2.77	-50.0	172.0	-82.0	-42.2	7.8	1950	45.2

**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	-0.00046	0	0.500	24.0	66	0.00026 (0.00026)	400	0.103 (0.30)	2105.28	0.00
2	S	-0.00042	0	0.500	24.0	66	0.00023 (0.00023)	400	0.094 (0.30)	2131.03	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	2.93	50.0	172.0	-89.7	-32.8	7.8	1950	45.2
2	S	2.77	-50.0	172.0	-82.0	-42.2	7.8	1950	45.2

**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	-0.00046	0	0.500	24.0	66	0.00026 (0.00026)	400	0.103 (0.20)	2105.28	0.00
2	S	-0.00042	0	0.500	24.0	66	0.00023 (0.00023)	400	0.094 (0.20)	2131.03	0.00

**Sez 5. Piedritto-muretta**

**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	126.0
3	50.0	126.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	118.2	24
3	42.2	118.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	961.00	1574.00	0.00	0.00	0.00
2	1093.00	1551.00	0.00	0.00	0.00
3	980.00	1431.00	0.00	0.00	0.00
4	1091.00	1416.00	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	320.00	525.00	0.00
2	364.00	517.00	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	320.00	525.00 (1148.36)	0.00 (0.00)
2	364.00	517.00 (1176.85)	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	320.00	525.00 (1148.36)	0.00 (0.00)
2	364.00	517.00 (1176.85)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6,6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7,0 cm

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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	961.00	1574.00	0.00	960.91	2530.21	0.00	1.60	45.2(25.2)
2	S	1093.00	1551.00	0.00	1092.87	2599.80	0.00	1.67	45.2(25.2)
3	S	980.00	1431.00	0.00	979.78	2540.18	0.00	1.77	45.2(25.2)
4	S	1091.00	1416.00	0.00	1091.16	2598.90	0.00	1.82	45.2(25.2)

**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	0.113	50.0	126.0	0.00146	42.2	118.2	-0.02742	-42.2	7.8
2	0.00350	0.118	50.0	126.0	0.00155	42.2	118.2	-0.02610	-42.2	7.8
3	0.00350	0.114	50.0	126.0	0.00147	42.2	118.2	-0.02723	-42.2	7.8
4	0.00350	0.118	50.0	126.0	0.00155	42.2	118.2	-0.02612	-42.2	7.8

**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	0.00000000	0.000261567	-0.029457445	0.113	0.700
2	0.00000000	0.000250448	-0.028056388	0.118	0.700
3	0.00000000	0.000259959	-0.029254776	0.114	0.700
4	0.00000000	0.000250587	-0.028074011	0.118	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	2.82	-50.0	126.0	-77.0	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	2.79	-50.0	126.0	-71.5	-32.8	7.8	1950	45.2

**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	2.82	-50.0	126.0	-77.0	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	2.79	-50.0	126.0	-71.5	-32.8	7.8	1950	45.2

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

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

<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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala          Soliana – GN01</b>	

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00040	0	0.500	24.0	66	0.00022 (0.00022)	400	0.088 (0.30)	1148.36	0.00
2	S	-0.00038	0	0.500	24.0	66	0.00020 (0.00020)	400	0.082 (0.30)	1176.85	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	2.82	-50.0	126.0	-77.0	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	2.79	-50.0	126.0	-71.5	-32.8	7.8	1950	45.2

#### 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	-0.00040	0	0.500	24.0	66	0.00022 (0.00022)	400	0.088 (0.20)	1148.36	0.00
2	S	-0.00038	0	0.500	24.0	66	0.00020 (0.00020)	400	0.082 (0.20)	1176.85	0.00

### Sez 6. Muretta – arco rovescio

#### 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	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.6	7.4	24
2	-42.6	92.2	24
3	42.6	92.2	24
4	42.6	7.4	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

#### 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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

1	944.00	1337.00	0.00	0.00	0.00
2	1077.00	1328.00	0.00	0.00	0.00
3	972.00	1282.00	0.00	0.00	0.00
4	1084.00	1277.00	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	315.00	446.00	0.00
2	359.00	443.00	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	315.00	446.00 (738.16)	0.00 (0.00)
2	359.00	443.00 (753.94)	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	315.00	446.00 (738.16)	0.00 (0.00)
2	359.00	443.00 (753.94)	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: 7.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	944.00	1337.00	0.00	943.96	1945.36	0.00	1.45	45.2(20.0)
2	S	1077.00	1328.00	0.00	1076.91	1998.25	0.00	1.50	45.2(20.0)
3	S	972.00	1282.00	0.00	971.91	1956.50	0.00	1.52	45.2(20.0)
4	S	1084.00	1277.00	0.00	1084.08	2001.08	0.00	1.56	45.2(20.0)

**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.)

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

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	0.144	50.0	100.0	0.00145	42.6	92.2	-0.02085	-42.6	7.4
2	0.00350	0.150	50.0	100.0	0.00154	42.6	92.2	-0.01981	-42.6	7.4
3	0.00350	0.145	50.0	100.0	0.00147	42.6	92.2	-0.02063	-42.6	7.4
4	0.00350	0.150	50.0	100.0	0.00154	42.6	92.2	-0.01976	-42.6	7.4

**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	0.000262998	-0.022799840	0.144	0.700
2	0.000000000	0.000251744	-0.021674364	0.150	0.700
3	0.000000000	0.000260631	-0.022563133	0.145	0.700
4	0.000000000	0.000251163	-0.021616303	0.150	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	3.54	-50.0	100.0	-87.8	-14.2	7.4	1850	45.2
2	S	3.54	-50.0	100.0	-83.1	-14.2	7.4	1850	45.2

**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	3.54	-50.0	100.0	-87.8	-14.2	7.4	1850	45.2
2	S	3.54	-50.0	100.0	-83.1	-14.2	7.4	1850	45.2

**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  $f_{ctm}$   
 Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cof. Coprifetto [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 sr max Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 wk Massima distanza tra le fessure [mm]  
 Mx fess. Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 My fess. 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	-0.00047	0	0.500	24.0	62	0.00025 (0.00025)	378	0.095 (0.30)	738.16	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	24.0	62	0.00024 (0.00024)	378	0.090 (0.30)	753.94	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	3.54	-50.0	100.0	-87.8	-14.2	7.4	1850	45.2
2	S	3.54	-50.0	100.0	-83.1	-14.2	7.4	1850	45.2

**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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

1	S	-0.00047	0	0.500	24.0	62	0.00025 (0.00025)	378	0.095 (0.20)	738.16	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	24.0	62	0.00024 (0.00024)	378	0.090 (0.20)	753.94	0.00

## Sez 7. Mezzeria arco rovescio

### 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	100.0
3	50.0	100.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	92.2	24
3	42.2	92.2	24
4	42.2	7.8	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	8	24

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	605.00	-1226.00	0.00	0.00	0.00
2	747.00	-1146.00	0.00	0.00	0.00
3	746.00	-910.00	0.00	0.00	0.00
4	866.00	-881.00	0.00	0.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	202.00	-409.00	0.00
2	249.00	-382.00	0.00

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

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

N	Mx	My
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)	

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	202.00	-409.00 (-705.93)	0.00 (0.00)
2	249.00	-382.00 (-728.06)	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	202.00	-409.00 (-705.93)	0.00 (0.00)
2	249.00	-382.00 (-728.06)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 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 (4.1.15)NTC]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	605.00	-1226.00	0.00	604.75	-1801.00	0.00	1.47	45.2(17.9)
2	S	747.00	-1146.00	0.00	746.97	-1858.92	0.00	1.62	45.2(17.9)
3	S	746.00	-910.00	0.00	746.02	-1858.53	0.00	2.03	45.2(17.9)
4	S	866.00	-881.00	0.00	865.83	-1906.92	0.00	2.14	45.2(17.9)

**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	0.129	-50.0	0.0	0.00120	-42.2	7.8	-0.02371	-42.2	92.2
2	0.00350	0.135	-50.0	0.0	0.00131	-42.2	7.8	-0.02242	-42.2	92.2
3	0.00350	0.135	-50.0	0.0	0.00131	-42.2	7.8	-0.02243	-42.2	92.2
4	0.00350	0.141	-50.0	0.0	0.00139	-42.2	7.8	-0.02140	-42.2	92.2

**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	0.00000000	-0.000295126	0.003500000	0.129	0.700
2	0.00000000	-0.000281128	0.003500000	0.135	0.700
3	0.00000000	-0.000281218	0.003500000	0.135	0.700
4	0.00000000	-0.000270047	0.003500000	0.141	0.700

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

**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	3.22	-50.0	0.0	-88.9	-42.2	92.2	1950	45.2
2	S	3.04	-50.0	0.0	-77.4	32.8	92.2	1950	45.2

**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	3.22	-50.0	0.0	-88.9	-42.2	92.2	1950	45.2
2	S	3.04	-50.0	0.0	-77.4	32.8	92.2	1950	45.2

**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	-0.00048	0	0.500	24.0	66	0.00025 (0.00025)	400	0.102 (0.30)	-705.93	0.00
2	S	-0.00042	0	0.500	24.0	66	0.00022 (0.00022)	400	0.089 (0.30)	-728.06	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	3.22	-50.0	0.0	-88.9	-42.2	92.2	1950	45.2
2	S	3.04	-50.0	0.0	-77.4	32.8	92.2	1950	45.2

**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	-0.00048	0	0.500	24.0	66	0.00025 (0.00025)	400	0.102 (0.20)	-705.93	0.00
2	S	-0.00042	0	0.500	24.0	66	0.00022 (0.00022)	400	0.089 (0.20)	-728.06	0.00

**Sez 8. Piano dei centri (spessore minimo del piedritto esterno)**

**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	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
---------	--------	--------	-----------

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

1	-42.2	7.8	24
2	-42.2	192.2	24
3	42.2	192.2	24
4	42.2	7.8	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1138.00	2956.00	0.00	0.00	0.00
2	1155.00	2880.00	0.00	0.00	0.00
3	1033.00	2300.00	0.00	0.00	0.00
4	1048.00	2237.00	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	379.00	985.00	0.00
2	385.00	960.00	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	379.00	985.00 (2735.73)	0.00 (0.00)
2	385.00	960.00 (2753.77)	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	379.00	985.00 (2735.73)	0.00 (0.00)
2	385.00	960.00 (2753.77)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r., Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1138.00	2956.00	0.00	1138.03	4354.54	0.00	1.47	45.2(40.0)
2	S	1155.00	2880.00	0.00	1154.77	4369.51	0.00	1.51	45.2(40.0)
3	S	1033.00	2300.00	0.00	1033.27	4260.73	0.00	1.84	45.2(40.0)
4	S	1048.00	2237.00	0.00	1047.97	4273.92	0.00	1.90	45.2(40.0)

**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	0.074	-50.0	200.0	0.00158	-42.2	192.2	-0.04392	-42.2	7.8
2	0.00350	0.074	-50.0	200.0	0.00159	-42.2	192.2	-0.04366	-42.2	7.8
3	0.00350	0.071	-50.0	200.0	0.00151	-42.2	192.2	-0.04557	-42.2	7.8
4	0.00350	0.072	-50.0	200.0	0.00152	-42.2	192.2	-0.04533	-42.2	7.8

**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	0.00000000	0.000246721	-0.045844117	0.074	0.700
2	0.00000000	0.000245346	-0.045569190	0.074	0.700
3	0.00000000	0.000255312	-0.047562413	0.071	0.700
4	0.00000000	0.000254066	-0.047313260	0.072	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	2.43	50.0	200.0	-85.6	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	2.37	-50.0	200.0	-82.0	-14.1	7.8	1950	45.2

**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	2.43	50.0	200.0	-85.6	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	2.37	-50.0	200.0	-82.0	-14.1	7.8	1950	45.2

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

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
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	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copiffero [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 = $0.6 S_{max} / E_s$ [(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	-0.00043	0	0.500	24.0	66	0.00024 (0.00024)	400	0.098 (0.30)	2735.73	0.00
2	S	-0.00041	0	0.500	24.0	66	0.00023 (0.00023)	400	0.094 (0.30)	2753.77	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	2.43	50.0	200.0	-85.6	4.7	7.8	1950	45.2
2	S	2.37	-50.0	200.0	-82.0	-14.1	7.8	1950	45.2

#### 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	-0.00043	0	0.500	24.0	66	0.00024 (0.00024)	400	0.098 (0.20)	2735.73	0.00
2	S	-0.00041	0	0.500	24.0	66	0.00023 (0.00023)	400	0.094 (0.20)	2753.77	0.00

## 9.4 Verifiche a taglio

Gli elementi strutturali costituenti la galleria policentrica presentano la seguente armatura specifica a taglio:

Splille  $\phi 12/40 \times 40$  cm lungo la calotta e l'elevazione dei piedritti e splille  $\phi 16/40 \times 40$  cm in corrispondenza dello spiccato dei piedritti.

Cavallotti  $\phi 24/50 \times 50$  cm all'interno dell'arco rovescio

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

### 9.4.1 Sezione di calcolo 1 – Sagoma 2A

Di seguito si riportano le verifiche a taglio degli elementi strutturali:

#### VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Dati	Var	unità	SEZ 1	SEZ 2	SEZ 3	SEZ 4	SEZ 5	SEZ 6-7
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40	40	40	40	40	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32	32	32	32	32	32
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>								
Altezza	H	m	1.00	2.10	1.20	1.72	1.26	1.00
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	1.00	2.10	1.20	1.72	1.26	1.00
Larghezza anima coprifero	bw	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
altezza utile della sezione	c	m	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078
	d	m	0.92	2.02	1.12	1.64	1.18	0.92
<b>Compressione agente nella sezione</b>								
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	210.0	428.0	612.0	662.0	414.0	237.0
<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 innesci nella sezione considerata								
Coefficiente k	Asl	mmq	2260	2260	2260	2260	2260	2260
$\nu_{min}$	k	m	1.47	1.31	1.42	1.35	1.41	1.47
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\nu_{min}$		0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
tensione media di compressione nella sezione	$\rho_1$		0.00245	0.00112	0.00201	0.00138	0.00191	0.00245
	$\sigma_{cp}$	Mpa	0.21	0.20	0.51	0.38	0.33	0.24
<b>Resistenza a taglio</b>								
	V <sub>Rd</sub>	kN	351.3	549.6	442.2	530.5	424.4	355.0
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>								
<i>Verifica del conglomerato</i>								
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	5015.7	10999.7	6103.7	8932.5	6430.1	5015.7
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>								
diametro staffe	fsw	mm	12	12	12	16	24	24
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5	2.5	2	2
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	283	283	283	503	905	905
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	210	204	510	385	329	237
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.01	1.01	1.03	1.02	1.02	1.01
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rs,d</sub>	kN	573.8	1258.5	698.3	1816.8	1883.3	1469.0
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	2624.2	5753.1	3245.7	4718.1	3386.0	2628.1
<b>Resistenza a taglio</b>								
	V <sub>Rd</sub>	kN	573.8	1258.5	698.3	1816.8	1883.3	1469.0
Azione di calcolo	V	kN	137.0	1131.0	283.0	1001.0	1372.0	1297.0
Fattore di sicurezza	FS	-	4.2	1.1	2.5	1.8	1.4	1.1

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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

## 9.4.2 Sezione di calcolo 2 – Sagoma 2B

Di seguito si riportano le verifiche a taglio degli elementi strutturali:

### VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Dati	Var	unità	SEZ 1	SEZ 2	SEZ 3	SEZ 4	SEZ 5	SEZ 6-7	SEZ 8
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40	40	40	40	40	40	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32	32	32	32	32	32	32
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450	450	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>									
Altezza	H	m	1.00	2.10	1.20	1.72	1.26	1.00	2.00
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	1.00	2.10	1.20	1.72	1.26	1.00	2.00
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078
altezza utile della sezione	d	m	0.92	2.02	1.12	1.64	1.18	0.92	1.92
<b>Compressione agente nella sezione</b>									
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	22.0	234.0	394.0	471.0	320.0	202.0	379.0
<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 innesci nella sezione considerata									
Coefficiente k	Asl	mmq	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260
	k	m	1.47	1.31	1.42	1.35	1.41	1.47	1.32
	vmin		0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0.00245	0.00112	0.00201	0.00138	0.00191	0.00245	0.00118
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	Mpa	0.02	0.11	0.33	0.27	0.25	0.20	0.19
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>325.3</b>	<b>521.6</b>	<b>411.6</b>	<b>503.2</b>	<b>411.2</b>	<b>350.2</b>	<b>529.1</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	5015.7	10999.7	6103.7	8932.5	6430.1	5015.7	10455.7
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>									
diámetro staffe	fsw	mm	12	12	12	16	24	24	12
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.40
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5	2.5	2	2	2.5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	283	283	283	503	905	905	283
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90	90	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	22	111	328	274	254	202	190
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsd</sub>	kN	573.8	1258.5	698.3	1816.8	1883.3	1469.0	1196.2
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	2597.3	5724.2	3214.1	4689.8	3372.3	2623.1	5464.3
<b>Resistenza a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>kN</b>	<b>573.8</b>	<b>1258.5</b>	<b>698.3</b>	<b>1816.8</b>	<b>1883.3</b>	<b>1469.0</b>	<b>1196.2</b>
<b>Azione di calcolo</b>	<b>V</b>	<b>kN</b>	<b>416.0</b>	<b>740.0</b>	<b>337.0</b>	<b>850.0</b>	<b>897.0</b>	<b>850.0</b>	<b>233.0</b>
<b>Fattore di sicurezza</b>	<b>FS</b>	<b>-</b>	<b>1.4</b>	<b>1.7</b>	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>1.7</b>	<b>5.1</b>

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		
<b>CA-357</b>	<b>Relazione tecnica e di calcolo – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</b>	

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

### **10.1 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 bidimensionali in cui gli elementi strutturali sono stati schematizzati come elementi piani 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.

### **10.2 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.

### **10.3 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.

### **10.4 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"		
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 – Tratti in artificiale – Galleria naturale Pala Soliana – GN01</i>	

### **10.5 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.

### **10.6 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.