

S.S.121 "Catanesa"  
Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – rotatoria Bolognetta

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. UP62

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

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

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

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**

**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)*

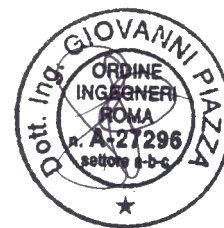


**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

*Dott. Ing. Luigi Mupo*


**OPERE D'ARTE MAGGIORI  
GALLERIE**

Imbocchi in artificiale Gallerie Naturali  
Relazione di calcolo




CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	UP62_P00GN00GETRE02_A			
DPUP0062	D 23	CODICE ELAB.	P00GN00GETRE02	A	-
D		-	-		
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	NOV. 2023	A. GULLI'	E. STRAMACCI	G. PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	


## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITA'</b> .....	<b>4</b>
1.1	OGGETTO .....	4
1.2	DESCRIZIONE DELLA GIOMETRIA.....	4
1.3	VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA.....	5
1.3.1	<i>Vita Nominale Vn</i> .....	5
1.3.2	<i>Classi d'Uso</i> .....	5
1.3.3	<i>Periodo di Riferimento per l'azione sismica</i> .....	6
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>NORME TECNICHE</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO</b> .....	<b>8</b>
4.1	CALCESTRUZZI .....	8
4.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i> .....	8
4.1.2	<i>Copriferrini nominali</i> .....	10
4.1.3	<i>Resistenze di progetto</i> .....	11
4.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	11
4.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO.....	13
4.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i> .....	13
4.2.2	<i>Resistenze di progetto</i> .....	13
<b>5</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO</b> .....	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b> .....	<b>15</b>
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO E DESCRIZIONE DEL MODELLO.....	15
6.2	CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI .....	17
<b>7</b>	<b>AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO</b> .....	<b>18</b>
7.1	ANALISI DEI CARICHI .....	18
7.1.1	<i>Carichi permanenti</i> .....	18
7.1.2	<i>Sovraccarichi accidentali</i> .....	18
7.1.3	<i>Spinta del terreno</i> .....	18
7.1.4	<i>Azioni sismiche</i> .....	18
7.2	COMBINAZIONI DI CARICO .....	21

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

<b>8</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>22</b>
8.1	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI CALCOLO .....	22
8.2	RIEPILOGO RISULTATI DELLE ANALISI .....	23
8.3	VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE .....	24
8.4	VERIFICHE A TAGLIO .....	48
<b>9</b>	<b>APPENDICE.....</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>DICHIARAZIONE ACCETTABILITÀ RISULTATI (PAR. 10.2 N.T.C. 2018) .....</b>	<b>52</b>
10.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE .....	52
10.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	52
10.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	52
10.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	52
10.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	53
10.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	53



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

### 1.3 Vita Nominale di progetto, Classe d'uso e Periodo di Riferimento dell'opera

#### 1.3.1 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.

Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Tabella 1.1 – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere (NTC2018)

In accordo con la Committenza Anas è stato assunto:

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

#### 1.3.2 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 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.

SS 121 "Catanesa" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
UP62	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	


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:  $C_U = 2.0$ .

### **1.3.3 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 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</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).
- [D\_5]. Normative AFTES - *Tunnels et ouvrages souterrains*, 1993

## 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 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

### 4.1 Calcestruzzi

#### 4.1.1 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 EN206 e UNI 11104.

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, che attribuisce alla Sicilia 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.

Di seguito il prospetto di sintesi riportato nel report "Relazione sul monitoraggio ambientale ante operam".

Tabella 4.1 - Confronto dei risultati analitici sull'aggressività del terreno con i valori delle classi UNI EN 206:2016

Campione		S35_PZ_Amb	S02_DH_Amb	S05_PZ_Amb	S8_PZ_Amb	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2146213-001	2145765-001	2145765-002	2145765-003			
PROFONDITÀ (m da p.c.)		9 - 10	2 - 3	2 - 3	9 - 10			
PARAMETRO	U.M.	VALORE				XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So <sup>2-</sup> <sub>4</sub> (ione solfato)	mg/kg	920	154	40,8	38,9	≥2000e ≤ 3000e	>3000e e ≤ 12000	> 12000 e ≤ 24000
Acidità (Baumann – Gully)	ml NaOH0,1 M/Kg	12	20	12	12	> 200	Non incontrato nella pratica	

Campione		S12_PZ_Amb	S15_PZ_Amb	S20_DH_Amb	S24_PZ_Amb	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2145765-004	2145765-005	2145765-006	2145765-007			
PROFONDITÀ (m da p.c.)		2 - 3	10 - 11	2 - 3	2 - 3			
PARAMETRO	U.M.	VALORE				XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So <sup>2-</sup> <sub>4</sub> (ione solfato)	mg/kg	18000	21	862	44,1	≥2000e ≤ 3000e	>3000e e ≤ 12000	> 12000 e ≤ 24000
Acidità (Baumann – Gully)	ml NaOH0,1 M/Kg	20	16	12	8	> 200	Non incontrato nella pratica	

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Sulla base delle concentrazioni rilevate, confrontate con i limiti stabiliti dalla norma UNI EN 206:2016, i campioni di terra esaminati risultano non aggressivi fatta eccezione per il campione prelevato in corrispondenza del sondaggio denominato S12\_PZ\_Amb il quale risulta fortemente aggressivo per il parametro SO-24 (ione solfato).

Tabella 4.2- Confronto dei risultati analitici sull'aggressività delle acque sotterranee con i valori delle classi UNI EN 206:2016

Campione		S05_PZ_Amb	S12_PZ_Amb	S28_PZ_Amb	S35_PZ_Amb	S22	SN3	UNI EN 206:2016		
RAPPORTO DI PROVA		2146823-001	2146823-003	2146823-006	2146823-007	2149554-001	2149554-002			
PROFONDITÀ PIEZOMETRO (m da p.c.)		27	27,1	27,5	24,5	28,6	29,5			
PARAMETRO	U.M.	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	VALORE	XA1 Aggressività debole	XA2 Aggressività moderata	XA3 Aggressività forte
So <sup>2+</sup> (ione solfato)	mg/l	511	2599	237	2437	124	177	≥200 e ≤600	>600 e ≤3000	> 3000 e ≤ 6000
pH	unità	7,2	7,4	8,7	7,6	7,5	7,6	≤6,5 e ≥5,5	<5,5 e ≥4,5	<4,5 e ≥4,0
CO <sub>2</sub> (aggressiva)	mg/l	0,1	1,1	13,2	1,1	< 0,1	< 0,1	≥15 e ≤40	>40 e ≤100	>100 fino a saturazione
NH <sup>4+</sup> (ione ammonio)	mg NH <sub>4</sub> /l	< 0,04	0,24	1,1	1,3	0,5	0,6	≥15 e ≤30	>30 e ≤60	>60 e ≤100


Sulla base delle concentrazioni rilevate, confrontate con i limiti stabiliti dalla norma UNI EN 206:2016, i campioni di acqua sotterranea prelevati in corrispondenza dei piezometri S12\_PZ\_Amb e S35\_PZ\_Amb, denotano un ambiente chimico moderatamente aggressivo per il parametro SO-24 (ione solfato); i campioni di acqua sotterranea prelevati in corrispondenza dei piezometri S05\_PZ\_Amb e S28\_PZ\_Amb, hanno evidenziato valori di concentrazione del parametro SO-24 (ione solfato) tali per cui si denota un ambiente chimico debolmente aggressivo. Per i restanti campioni prelevati si riscontra la presenza di un ambiente chimico non aggressivo.

Pertanto, per i rivestimenti della galleria è prevista una classe di esposizione XA2.

Pertanto, si ha:

Calcestruzzo rivestimento definitivo:

Classe di esposizione	XC2 – XA2
Classe di resistenza caratteristica a compressione:	C32/40
Dimensione max aggregati:	32 - 20 mm
Classe minima di consistenza:	S3 (arco rovescio) - S4 (murette e calotta)
Copriferro minimo:	40 mm

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

#### 4.1.2 Copriferrini nominali

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferrino; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferrino nominale".

Il copriferrino nominale è la somma di due contributi, il copriferrino minimo e la tolleranza di posizionamento.

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 della NTC2018, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tab. 4.1.IV delle NTC:


Tabella C4.1.IV - Copriferrini minimi in mm

C <sub>min</sub>	C <sub>o</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 ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</sub>	C ≥ C <sub>o</sub>	C <sub>min</sub> ≤ C < C <sub>o</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	50

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

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

Per il valore del copriferrino minimo nel caso in esame si pone, un copriferrino minimo pari a 30 mm. La tolleranza di posizionamento è pari a 10 mm. Si ottiene pertanto un copriferrino nominale minimo pari a 40 mm.

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

### 4.1.3 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	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	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

### 4.1.4 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 dei rivestimenti definitivi (classe di esposizione XA2).

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:

SS 121 "Catanesa"		 <b>ANAS</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

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

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

Pertanto, nel caso in esame si ha:

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

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


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

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

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

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

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

SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

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

## 4.2 Acciaio in barre per cemento armato


### 4.2.1 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.

### 4.2.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità		
Qualità dell'acciaio			B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento nominale	$f_{yk}$	Mpa	450	450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	$f_{tk}$	Mpa	540	450
Modulo elastico	$E_s$	Mpa	210000	210000
diametro minimo della barra impiegabile	$\phi_{min}$	mm	6	5
diametro massimo della barra impiegabile	$\phi_{max}$	mm	40	10
<b>STATI LIMITE ULTIMI</b>		<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 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

## 5 PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

L'assetto litologico che interessa la [galleria artificiale](#) in oggetto è costituito in prevalenza da Flysh Numidico (argille e argille marnose), per il quale sono stati adottati i seguenti parametri geotecnici caratteristici relativi al criterio di rottura di Mohr – Coulomb:


Unità	$\gamma$	cu	c'	$\phi'$
-	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]
FN	20,0	150,0	20,0	25,0

Per definire i parametri di deformabilità caratteristici del terreno, si è considerato per il Flysh un comportamento del terreno isotropo non lineare, descritto dalla seguente legge di decadimento del modulo:

$$E = E_0 \left( \frac{p'}{p_{ref}} \right)^\alpha$$

In cui  $E_0$  è il modulo di rigidità iniziale,  $p_{ref}$  è la pressione atmosferica di riferimento mentre  $\alpha$  è un parametro che varia tra 0.5 e 1, nel nostro caso posto pari a 0.5.

È stato assunto un valore del modulo di elasticità iniziale pari a 50MPa.

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

## 6 MODELLO DI CALCOLO

### 6.1 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 della galleria di costante  $K_h$  e di molle verticali applicate in corrispondenza dell'arco rovescio, con coefficiente di reazione  $K_v$ .

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

La sezione della galleria policentrica è stata modellata nel codice di calcolo agli elementi finiti SAP2000 attraverso elementi "frames" a sezione variabile e caricata nel suo piano.

Di seguito è riportato lo schema di calcolo:

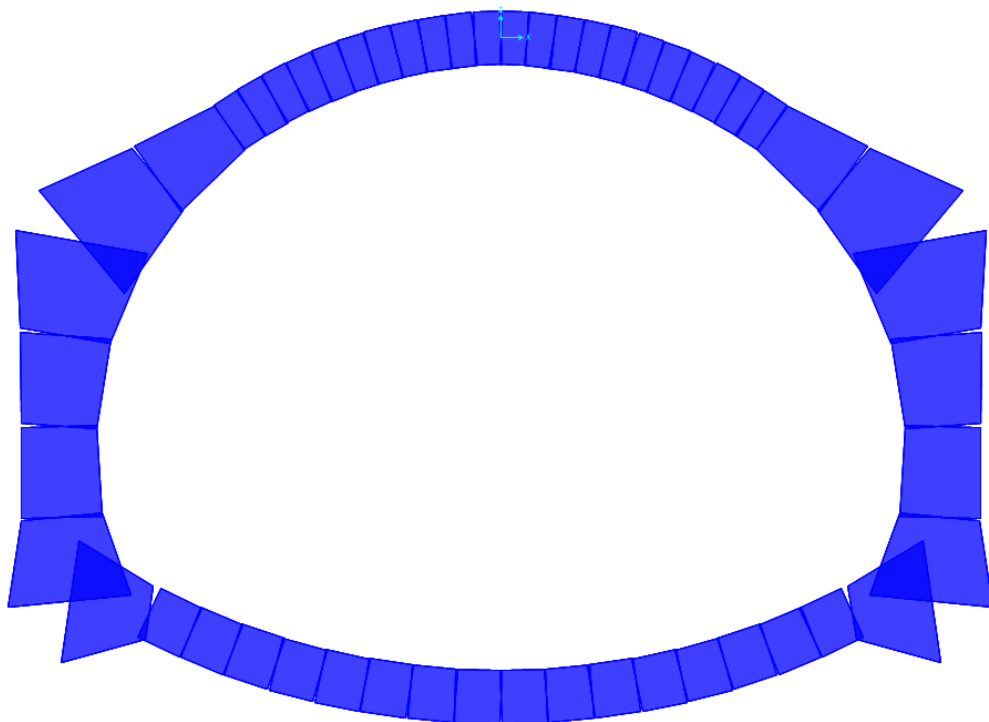


Figura 6.1 - Sezione di calcolo



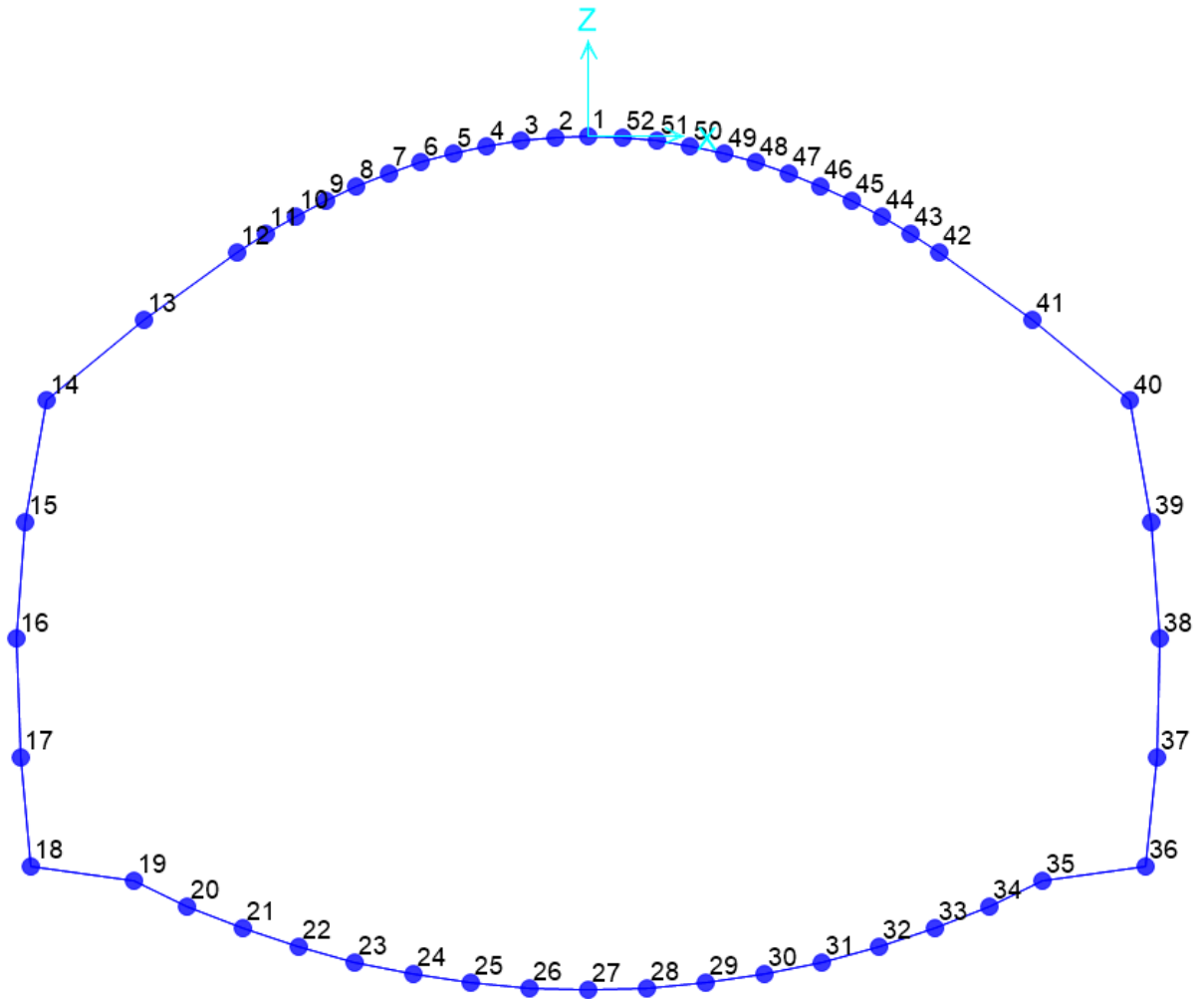


Figura 6.2 - Sezione di calcolo - numerazione dei nodi

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 l'arco di volta 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, in modo tale da poter effettuare un'analisi lineare sul software SAP2000.

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

Rigidezza molle per elementi curvi (Formula di Galèrkin)  $k = \frac{E}{(1+\nu)R}$

Rigidezza molle per elementi lineari (Formula di Boussinesq)  $k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1+\nu^2)a}$

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Rigidezza molle per elementi con grande raggio di curvatura  $k = \frac{1}{f} \frac{E}{(1+\nu^2) B}$

con:

R: raggio calotta/arco rovescio;

a: semialtezza del piedritto;

B: semilarghezza dell'arco rovescio;

f=2.25 per elemento infinitivamente lungo;

f=1 per un piedritto lungo circa 2a;

Sono stati implementati 5 modelli distinti:

- 1) Condizioni statiche (massimizzando la spinta del terreno)
- 2) Condizioni statiche (minimizzando la spinta del terreno)
- 3) Condizioni sismiche (con sovrappinta sismica di Wood solamente da un lato)
- 4) Condizioni sismiche (con sovrappinta sismica di Wood su entrambi i lati)


Le configurazioni proposte servono a massimizzare una volta gli effetti dei carichi verticali e l'altra gli effetti dei carichi orizzontali.

In appendice sono riportate le rigidezze delle molle disposte lungo il perimetro della sezione di calcolo.

## 6.2 Codici di calcolo utilizzati

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

- SAP2000 per la modellazione della galleria artificiale
- RC SEC distribuito dalla GeoStru per la verifica delle sezioni in calcestruzzo armato.

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
UP62	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

## 7 AZIONI E COMBINAZIONI DI PROGETTO

### 7.1 Analisi dei carichi

Tutti i carichi applicati nel modello sono riportati in appendice.

#### 7.1.1 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>.

Si è considerato uno spessore del terreno di ritombamento pari a 7.0 m a cui è stato assegnato un peso specifico pari a 20.0 kN/m<sup>3</sup>.

#### 7.1.2 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.

#### 7.1.3 Spinta del terreno

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

#### 7.1.4 Azioni sismiche

I parametri caratteristici del sito in esame sono riferiti alle seguenti coordinate geografiche:

Regione:	Sicilia
Provincia:	Palermo
Latitudine:	38.011492
Longitudine:	13.459814

I parametri sismici fondamentali sono stati determinati con l'ausilio del software-free SPETTRI-NTC ver. 1.0.3 (prodotto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici [www.cslp.it](http://www.cslp.it)), con riferimento al sistema di coordinate ED50.

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

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


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

L'accelerazione di picco è fornita da:

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

dove:

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido, determinata in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ ;

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

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

Tabella 3.2.V – 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 7.1), e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (Tabella 7.2), di cui al §3.2.3.2 delle NTC2018;

Tabella 3.2.V – 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 7.1 – Espressioni per  $S_s$  e  $C_c$



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

L'incremento di spinta delle terre agente in fase sismica è stato valutato in accordo alla teoria di Wood. Secondo tale teoria l'incremento della spinta orizzontale dovuta al sisma è calcolato secondo la formula:

$$\Delta S = k_h \cdot \gamma \cdot H$$

Dove H è l'altezza complessiva della galleria più l'altezza del ricoprimento.

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

## 7.2 Combinazioni di carico

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

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

I carichi sono denominati:

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

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

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

Per i materiali per le resistenze dei materiali si introducono dei coefficienti riduttivi applicati alle resistenze dei materiali

- 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:

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

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

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

- Combinazione agli SLV:

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

## 8 VERIFICHE STRUTTURALI

### 8.1 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

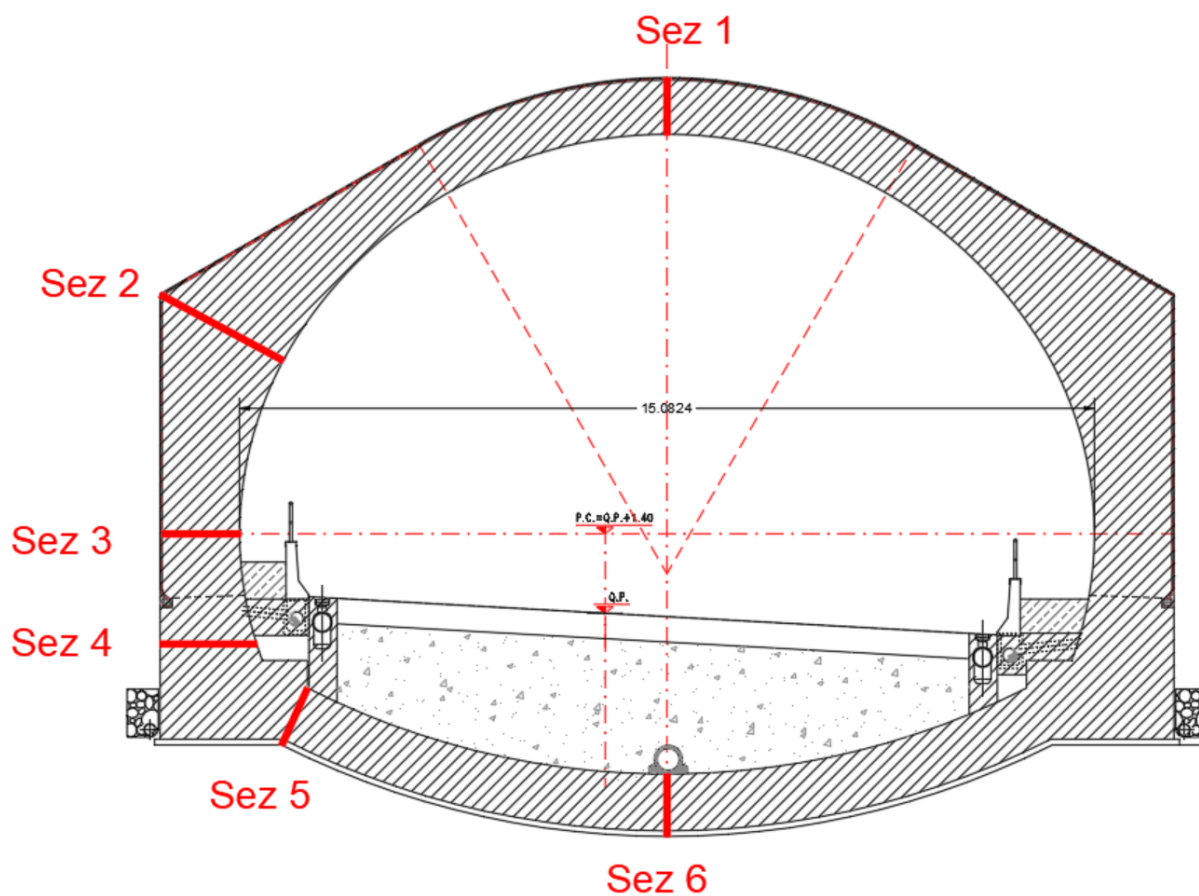
Sez 2 - sezione alle reni della calotta:  $s= 2.47$  m


Sez 3 - Sezione all'altezza del piano dei centri:  $s= 1.40$  m

Sez 4 - Sezione di spiccato dei piedritti:  $s= 1.70$  m

Sez 5 - Sezione di incastro arco rovescio:  $s= 1.00$  m

Sez 6 - Sezione in chiave arco rovescio :  $s= 1.00$  m



SS 121 "Catanese"		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

## 8.2 Riepilogo risultati delle analisi

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


		SEZ 1 - CHIAVE CALOTTA				
		<u>SLU<sub>max</sub></u>	<u>SLU<sub>min</sub></u>	<u>SLV (un lato)</u>	<u>SLV (entrambi lati)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100
A	mq	1	1	1	1	1
W	mc	0.166666667	0.166666667	0.166666667	0.166666667	0.166666667
N	kN	1600	936	2911	2937	1234.0
M	kNm	873	1410	-690	-476	672.0
V	kN	80	47	266	164	60.0

		SEZ 2 - RENI CALOTTA				
		<u>SLU<sub>max</sub></u>	<u>SLU<sub>min</sub></u>	<u>SLV (un lato)</u>	<u>SLV (entrambi lati)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	247	247	247	247	247
B	cm	100	100	100	100	100
A	mq	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
W	mc	1.016816667	1.016816667	1.016816667	1.016816667	1.016816667
N	kN	1819	1691	1500	1587	1400
M	kNm	-3263	-4169	-194	-652	-2500
V	kN	1491	1595	968	1022	1145

		SEZ 3 - MEZZERIA PIEDRITTI (altezza p.c.)				
		<u>SLU<sub>max</sub></u>	<u>SLU<sub>min</sub></u>	<u>SLV (un lato)</u>	<u>SLV (entrambi lati)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	140	140	140	140	140
B	cm	100	100	100	100	100
A	mq	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
W	mc	0.326666667	0.326666667	0.326666667	0.326666667	0.326666667
N	kN	3290	3295	2458	2560	2571
M	kNm	-4415	-5550	-1120	-1562	-3390
V	kN	630	566	744	742	483

		SEZ 4 - SPICCATO PIEDRITTI				
		<u>SLU<sub>max</sub></u>	<u>SLU<sub>min</sub></u>	<u>SLV (un lato)</u>	<u>SLV (entrambi lati)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	170	170	170	170	170
B	cm	100	100	100	100	100
A	mq	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
W	mc	0.481666667	0.481666667	0.481666667	0.4817	0.481666667
N	kN	3521	3502	2709	2810	2709
M	kNm	-5737	-6614	-2840	-3224	-4422
V	kN	798	594	1047	1008	541



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

SEZ 5 - INCASTRO ARCO ROVESCIO						
		<u>SLU<sub>max</sub></u>	<u>SLU<sub>min</sub></u>	<u>SLV (un lato)</u>	<u>SLV (entrambi lati)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100
A	m <sup>q</sup>	1	1	1	1	1
W	mc	0.166666667	0.166666667	0.166666667	0.166666667	0.166666667
N	kN	2870	2421	2943	2958	2208
M	kNm	-2562	-3064	-1117	-1388	-1971
V	kN	1540	1731	843	927	1184

SEZ 6 - MEZZERIA ARCO ROVESCIO						
		<u>SLU<sub>max</sub></u>	<u>SLU<sub>min</sub></u>	<u>SLV (un lato)</u>	<u>SLV (entrambi lati)</u>	<u>SLE</u>
h	cm	100	100	100	100	100
B	cm	100	100	100	100	100
A	m <sup>q</sup>	1	1	1	1	1
W	mc	0.166666667	0.166666667	0.166666667	0.166666667	0.166666667
N	kN	3860	2490	4937	4913	2965
M	kNm	2373	2982	697	962	1825
V	kN	73	109	57	12	57

### 8.3 Verifiche a presso-flessione

L'armatura del rivestimento è riepilogata nella tabella seguente:


	Armatura estradosso	Armatura intradosso
<b>SEZ 1 - CHIAVE CALOTTA</b>	ø24/20	ø24/10
<b>SEZ 2 - RENI CALOTTA</b>	ø24/10	ø24/20
<b>SEZ 3 - MEZZERIA PIEDRITTI</b>	2 file ø26/10 + 1 fila ø24/20	ø24/20
<b>SEZ 4 - SPICCATO PIEDRITTI</b>	2 file ø26/10 + 1 fila ø24/20	ø24/20
<b>SEZ 5 - INCASTRO ARCO ROVESCIO</b>	2 file ø26/10	ø24/20
<b>SEZ 6 - MEZZERIA ARCO ROVESCIO</b>	ø24/20	2 file ø26/10

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

#### Sez 1. Chiave di calotta

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

<b>SS 121 "Cataneese"</b> <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
<b>ACCIAIO -</b>	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2100000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

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

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.2	6.8	24
2	-43.2	93.2	24
3	43.2	93.2	24
4	43.2	6.8	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

<b>SS 121 "Catanesa"</b> <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1600.00	873.00	0.00	0.00	0.00
2	936.00	1410.00	0.00	0.00	0.00
3	2911.00	-690.00	0.00	0.00	0.00
4	2937.00	-476.00	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	1234.00	672.00	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	1234.00	672.00 (964.23)	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	1234.00	672.00 (964.23)	0.00 (0.00)


#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 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 (4.1.45)NTC]

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1600.00	873.00	0.00	1600.01	2220.92	0.00	2.50	45.2(17.9)
2	S	936.00	1410.00	0.00	936.16	1963.21	0.00	1.39	45.2(17.9)
3	S	2911.00	-690.00	0.00	2910.75	-2044.22	0.00	3.12	22.6(17.9)
4	S	2937.00	-476.00	0.00	2936.98	-2054.82	0.00	4.73	22.6(17.9)

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

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.175	-50.0	100.0	0.00204	-43.2	93.2	-0.01649	-43.2	6.8
2	0.00350	0.136	-50.0	100.0	0.00163	-43.2	93.2	-0.02218	-43.2	6.8
3	0.00350	0.148	-50.0	0.0	0.00178	-43.2	6.8	-0.02009	-43.2	93.2
4	0.00350	0.149	-50.0	0.0	0.00179	-43.2	6.8	-0.01993	-43.2	93.2

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000214438	-0.017943826	0.175	0.700
2	0.000000000	0.000275523	-0.024052268	0.136	0.700
3	0.000000000	-0.000253076	0.003500000	0.148	0.700
4	0.000000000	-0.000251346	0.003500000	0.149	0.700


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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.54	-50.0	100.0	-71.0	-33.6	6.8	1650	45.2

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
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]

SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

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	-0.00039	0.00000	0.500	24.0	56	0.00020 (0.00020)	339	0.069 (990.00)	964.23	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.54	-50.0	100.0	-71.0	-33.6	6.8	1650	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	-0.00039	0.00000	0.500	24.0	56	0.00020 (0.00020)	339	0.069 (0.30)	964.23	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.54	-50.0	100.0	-71.0	-33.6	6.8	1650	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	-0.00039	0.00000	0.500	24.0	56	0.00020 (0.00020)	339	0.069 (0.20)	964.23	0.00

## Sez 2. Reni della calotta

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2100000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	247.0
3	50.0	247.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.2	6.8	24
2	-43.2	240.2	24
3	43.2	240.2	24
4	43.2	6.8	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	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	1819.00	-3263.00	0.00	0.00	0.00
2	1691.00	-4169.00	0.00	0.00	0.00
3	1500.00	-194.00	0.00	0.00	0.00
4	1587.00	-652.00	0.00	0.00	0.00

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

### 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	1400.00	-2500.00	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	1400.00	-2500.00 (-4662.85)	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	1400.00	-2500.00 (-4662.85)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO


#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1819.00	-3263.00	0.00	1819.19	-6238.75	0.00	1.90	45.2(44.2)
2	S	1691.00	-4169.00	0.00	1691.20	-6099.12	0.00	1.46	45.2(44.2)
3	S	1500.00	-194.00	0.00	1499.91	-5888.82	0.00	26.25	45.2(44.2)
4	S	1587.00	-652.00	0.00	1586.74	-5984.55	0.00	8.78	45.2(44.2)

SS 121 "Catanesa"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

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

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.074	-50.0	0.0	0.00216	-43.2	6.8	-0.04383	-43.2	240.2
2	0.00350	0.070	-50.0	0.0	0.00209	-43.2	6.8	-0.04619	-43.2	240.2
3	0.00350	0.065	-50.0	0.0	0.00198	-43.2	6.8	-0.05017	-43.2	240.2
4	0.00350	0.068	-50.0	0.0	0.00203	-43.2	6.8	-0.04827	-43.2	240.2

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000197029	0.003500000	0.074	0.700
2	0.000000000	-0.000206888	0.003500000	0.070	0.700
3	0.000000000	-0.000223446	0.003500000	0.065	0.700
4	0.000000000	-0.000215545	0.003500000	0.068	0.700

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


Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.27	-50.0	0.0	-118.4	33.6	240.2	1700	45.2

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
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 = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
	Massima distanza tra le fessure [mm]
	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi



SS 121 "Catanesa"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00059	0.00000	0.500	24.0	56	0.00034 (0.00034)	344	0.116 (990.00)	-4662.85	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.27	-50.0	0.0	-118.4	33.6	240.2	1700	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	-0.00059	0.00000	0.500	24.0	56	0.00034 (0.00034)	344	0.116 (0.30)	-4662.85	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.27	-50.0	0.0	-118.4	33.6	240.2	1700	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	-0.00059	0.00000	0.500	24.0	56	0.00034 (0.00034)	344	0.116 (0.20)	-4662.85	0.00

### Sez 3. Piedritti (piano dei centri)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2100000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :		1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :		0.50

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	140.0
3	50.0	140.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.2	6.8	24
2	-43.2	133.3	26
3	43.2	133.3	26
4	43.2	6.8	24
5	-43.7	125.7	26
6	43.7	125.7	26
7	-43.7	118.1	24
8	43.7	118.1	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	2	3	8	26
2	1	4	3	24
3	5	6	8	26
4	7	8	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	3290.00	-4414.00	0.00	0.00	0.00
2	3295.00	-5550.00	0.00	0.00	0.00
3	2458.00	-1120.00	0.00	0.00	0.00
4	2560.00	-1562.00	0.00	0.00	0.00

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

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

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	2571.00	-3390.00	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	2571.00	-3390.00 (-1760.93)	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	2571.00	-3390.00 (-1760.93)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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


Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 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 Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	3290.00	-4414.00	0.00	3290.15	-7154.75	0.00	1.59	151.4(42.0)
2	S	3295.00	-5550.00	0.00	3295.02	-7156.18	0.00	1.28	151.4(42.0)
3	S	2458.00	-1120.00	0.00	2458.00	-6891.82	0.00	5.45	151.4(42.0)
4	S	2560.00	-1562.00	0.00	2559.93	-6926.06	0.00	4.07	151.4(42.0)

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

SS 121 "Catane"se"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	0.0	0.00301	-43.2	6.8	-0.00604	-43.2	133.3
2	0.00350	-50.0	0.0	0.00301	-43.2	6.8	-0.00604	-43.2	133.3
3	0.00350	-50.0	0.0	0.00295	-43.2	6.8	-0.00724	-43.2	133.3
4	0.00350	-50.0	0.0	0.00296	-43.2	6.8	-0.00708	-43.2	133.3

#### 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	-0.000071584	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000071537	0.003500000	----	----
3	0.000000000	-0.000080592	0.003500000	----	----
4	0.000000000	-0.000079368	0.003500000	----	----


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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.25	-50.0	0.0	-172.1	33.6	133.3	2350	128.8

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

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

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00090	0.00000	0.500	25.6	54	0.00060 (0.00049)	263	0.159 (990.00)	-1760.93	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.25	-50.0	0.0	-172.1	33.6	133.3	2350	128.8

#### 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	-0.00090	0.00000	0.500	25.6	54	0.00060 (0.00049)	263	0.159 (0.30)	-1760.93	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	12.25	-50.0	0.0	-172.1	33.6	133.3	2350	128.8


#### 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	-0.00090	0.00000	0.500	25.6	54	0.00067 (0.00049)	263	0.178 (0.20)	-1760.93	0.00

### Sez 4. Spiccato dei piedritti

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2100000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :		1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		360.00 MPa

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	170.0
3	50.0	170.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.2	6.8	24
2	-43.2	163.3	26
3	43.2	163.3	26
4	43.2	6.8	24
5	-43.7	155.7	26
6	43.7	155.7	26
7	-43.7	148.1	24
8	43.7	148.1	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	26
3	5	6	8	26
4	7	8	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	3521.00	-5737.00	0.00	0.00	0.00
2	3502.00	-6614.00	0.00	0.00	0.00
3	2709.00	-2840.00	0.00	0.00	0.00
4	2810.00	-3224.00	0.00	0.00	0.00

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

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

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	2709.00	-4422.00	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	2709.00	-4422.00 (-2497.01)	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	2709.00	-4422.00 (-2497.01)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.0 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 Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	3521.00	-5737.00	0.00	3521.11	-9261.23	0.00	1.59	151.4(51.0)
2	S	3502.00	-6614.00	0.00	3502.04	-9253.03	0.00	1.38	151.4(51.0)
3	S	2709.00	-2840.00	0.00	2708.89	-8893.46	0.00	2.98	151.4(51.0)
4	S	2810.00	-3224.00	0.00	2809.99	-8941.23	0.00	2.66	151.4(51.0)

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

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
--------	---

SS 121 "Catanesa"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	0.0	0.00303	-43.2	6.8	-0.00784	-43.2	163.3
2	0.00350	-50.0	0.0	0.00303	-43.2	6.8	-0.00787	-43.2	163.3
3	0.00350	-50.0	0.0	0.00297	-43.2	6.8	-0.00918	-43.2	163.3
4	0.00350	-50.0	0.0	0.00298	-43.2	6.8	-0.00899	-43.2	163.3

#### 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	-0.000069430	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000069601	0.003500000	----	----
3	0.000000000	-0.000077646	0.003500000	----	----
4	0.000000000	-0.000076515	0.003500000	----	----

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure


N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	11.21	-50.0	0.0	-176.1	33.6	163.3	3000	128.8

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

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



SS 121 "Cataneese"		
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

1 S -0.00091 0.00000 0.500 25.6 54 0.00058 (0.00050) 285 0.164 (990.00) -2497.01 0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	11.21	-50.0	0.0	-176.1	33.6	163.3	3000	128.8

**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	-0.00091	0.00000	0.500	25.6	54	0.00058 (0.00050)	285	0.164 (0.30)	-2497.01	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	11.21	-50.0	0.0	-176.1	33.6	163.3	3000	128.8

**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	-0.00091	0.00000	0.500	25.6	54	0.00066 (0.00050)	285	0.189 (0.20)	-2497.01	0.00

**Sez 5. Incastro arco rovescio**

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2100000	daN/cm²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

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

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.2	6.8	24
2	-43.2	93.1	26
3	43.2	93.1	26
4	43.2	6.8	24
5	-43.7	85.5	26
6	43.7	85.5	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	24
2	2	3	8	26
3	5	6	8	26

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


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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	2870.00	-2562.00	0.00	0.00	0.00
2	2421.00	-3064.00	0.00	0.00	0.00
3	2943.00	-1117.00	0.00	0.00	0.00
4	2958.00	-1388.00	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
---------	---	----	----

SS 121 "Cataneese"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

1                      2208.00                      -1971.00                      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	2208.00	-1971.00 (-930.99)	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	2208.00	-1971.00 (-930.99)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                      5.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali:                      5.0 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 Totale                      Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	2870.00	-2562.00	0.00	2869.99	-4055.42	0.00	1.55	128.8(30.0)
2	S	2421.00	-3064.00	0.00	2420.99	-3976.02	0.00	1.29	128.8(30.0)
3	S	2943.00	-1117.00	0.00	2943.05	-4067.30	0.00	3.32	128.8(30.0)
4	S	2958.00	-1388.00	0.00	2958.20	-4069.71	0.00	2.74	128.8(30.0)

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

ec max                      Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Xc max                      Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
                             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.)

SS 121 "Cataneese"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

Xs max      Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max      Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	0.0	0.00291	-43.2	6.8	-0.00458	-43.2	93.1
2	0.00350	-50.0	0.0	0.00286	-43.2	6.8	-0.00522	-43.2	93.1
3	0.00350	-50.0	0.0	0.00292	-43.2	6.8	-0.00449	-43.2	93.1
4	0.00350	-50.0	0.0	0.00292	-43.2	6.8	-0.00447	-43.2	93.1

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000086799	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000093650	0.003500000	----	----
3	0.000000000	-0.000085778	0.003500000	----	----
4	0.000000000	-0.000085572	0.003500000	----	----

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

Ver                      S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max                  Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max        Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min                  Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min        Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.                  Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.                  Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	13.63	50.0	0.0	-170.6	-33.6	93.1	1650	106.2


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

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                        Esito della verifica  
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 =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(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	-0.00094	0.00000	0.500	26.0	56	0.00062 (0.00049)	259	0.161 (990.00)	-930.99	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

1 S 13.63 50.0 0.0 -170.6 -33.6 93.1 1650 106.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00094	0.00000	0.500	26.0	56	0.00062 (0.00049)	259	0.161 (0.30)	-930.99	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	13.63	50.0	0.0	-170.6	-33.6	93.1	1650	106.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00094	0.00000	0.500	26.0	56	0.00068 (0.00049)	259	0.177 (0.20)	-930.99	0.00

### Sez 6. Mezzeria arco rovescio


#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.8 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.9 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.9 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.9 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2100000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0

SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

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	-43.2	6.9	26
2	-43.2	93.2	24
3	43.2	93.2	24
4	43.2	6.9	26
5	-43.7	14.5	26
6	43.7	14.5	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	3	24
3	5	6	8	26

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

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


N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3860.00	2373.00	0.00	0.00	0.00
2	2490.00	2982.00	0.00	0.00	0.00
3	4937.00	697.00	0.00	0.00	0.00
4	4913.00	962.00	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	2965.00	1825.00	0.00

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

SS 121 "Cataneese"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

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	2965.00	1825.00 (1036.85)	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	2965.00	1825.00 (1036.85)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 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 Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	3860.00	2373.00	0.00	3860.00	4191.55	0.00	1.71	128.8(30.0)
2	S	2490.00	2982.00	0.00	2490.19	3988.98	0.00	1.32	128.8(30.0)
3	S	4937.00	697.00	0.00	4937.15	4278.82	0.00	4.75	128.8(30.0)
4	S	4913.00	962.00	0.00	4913.07	4277.58	0.00	3.72	128.8(30.0)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	50.0	100.0	0.00299	43.2	93.2	-0.00346	-43.2	6.9

SS 121 "Cataneese"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

2	0.00350	50.0	100.0	0.00287	43.2	93.2	-0.00511	-43.2	6.9
3	0.00350	50.0	100.0	0.00306	43.2	93.2	-0.00255	-43.2	6.9
4	0.00350	50.0	100.0	0.00306	43.2	93.2	-0.00256	-43.2	6.9

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000074747	-0.003974735	----	----
2	0.000000000	0.000092523	-0.005752264	----	----
3	0.000000000	0.000064938	-0.002993820	----	----
4	0.000000000	0.000065127	-0.003012694	----	----

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	13.29	-50.0	100.0	-127.2	33.6	6.9	1450	53.1

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

Ver.                      La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                      Esito della verifica  
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 =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
Mx fess.              Massima distanza tra le fessure [mm]  
My fess.              Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$  [(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	-0.00072	0.00000	0.500	26.0	56	0.00036 (0.00036)	311	0.113 (990.00)	1036.85	0.00


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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	13.29	-50.0	100.0	-127.2	33.6	6.9	1450	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------



SS 121 "Catanesa"		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

1 S -0.00072 0.00000 0.500 26.0 56 0.00036 (0.00036) 311 0.113 (0.30) 1036.85 0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	13.29	-50.0	100.0	-127.2	33.6	6.9	1450	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00072	0.00000	0.500	26.0	56	0.00041 (0.00036)	311	0.127 (0.20)	1036.85	0.00


#### 8.4 Verifiche a taglio

Le verifiche a taglio sono state effettuate sulle sezioni significative per quanto riguarda le sollecitazioni taglianti. Gli elementi strutturali costituenti la galleria policentrica presentano la seguente armatura specifica a taglio:

Spille  $\phi 14/20 \times 20$  sull'incastro dell'arco rovescio

Spille  $\phi 14/40 \times 40$  lungo la calotta, i piedritti e l'arco rovescio

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

SS 121 "Catanesa"		 <b>GRUPPO FS ITALIANE</b>
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta		
UP62	Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo	

#### VERIFICHE SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Dati	Var	unità	SEZ 2	SEZ 3	SEZ 4	SEZ 5
Resistenza a compressione cubica caratteristica	Rck	Mpa	40	40	40	40
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	fck	Mpa	32	32	32	32
Coefficiente parziale $\gamma_c$	$\gamma_c$		1.50	1.50	1.50	1.50
Coefficiente parziale $\alpha_{cc}$	$\alpha_{cc}$		0.85	0.85	0.85	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	fcd	Mpa	18.1	18.1	18.1	18.1
Tensione caratteristica di snervamento acciaio di armatura	fyk	Mpa	450	450	450	450
tensione di calcolo acciaio	fywd	Mpa	391.3	391.3	391.3	391.3
<b>Caratteristiche geometriche sezione</b>						
Altezza	H	m	2.47	1.40	1.54	1.00
Larghezza	B	m	1.00	1.00	1.00	1.00
Area calcestruzzo	Ac	m <sup>2</sup>	2.47	1.40	1.54	1.00
Larghezza anima	bw	m	1.00	1.00	1.00	1.00
copriferro	c	m	0.077	0.078	0.078	0.077
altezza utile della sezione	d	m	2.39	1.32	1.46	0.92
<b>Compressione agente nella sezione</b>						
Sforzo normale di calcolo	N <sub>Ed</sub>	kN	1691.0	2458.0	2615.0	1900.0
<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 inneschi nella sezione considerata						
Coefficiente k	Asl	mmq	4522	5307	5307	5307
v <sub>min</sub>	k	m	1.29	1.39	1.37	1.47
rapporto geometrico di armatura longitudinale	v <sub>min</sub>		0.3	0.3	0.3	0.4
tensione media di compressione nella sezione	$\rho_1$		0.00189	0.00401	0.00363	0.00575
	$\sigma_{cp}$	Mpa	0.68	1.76	1.70	1.90
<b>Resistenza a taglio</b>						
	V <sub>Rd</sub>	kN	920.1	864.2	916.7	691.6
<b>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</b>						
<i>Verifica del conglomerato</i>						
Resistenza a taglio del conglomerato	V <sub>Rcd</sub>	kN	13017.9	7191.7	7953.3	5021.1
<i>Verifica dell'armatura trasversale</i>						
diámetro staffe	fsw	mm	14	14	14	14
passo staffe	scp	m	0.40	0.40	0.40	0.20
numero di bracci	nb		2.5	2.5	2.5	5
Armatura a taglio (staffe)	Asw	mmq	385	385	385	770
Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$	deg	90	90	90	90
Inclinazione dei puntoni in cls rispetto all'asse della trave	$\theta$	deg	21.8	21.8	21.8	21.8
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	kPa	685	1756	1698	1900
coefficiente alpha	$\alpha_c$		1.04	1.10	1.09	1.10
Resistenza a "taglio trazione"	V <sub>Rsd</sub>	kN	2027.2	1119.9	1238.5	3127.6
Resistenza a "taglio compressione"	V <sub>Rcd</sub>	kN	6987.3	4079.8	4498.8	2869.1
<b>Resistenza a taglio</b>						
	V <sub>Rd</sub>	kN	2027.2	1119.9	1238.5	2869.1
<b>Azione di calcolo</b>	V	kN	1595.0	744.0	1047.0	1731.0
<b>Fattore di sicurezza</b>	FS	-	1.3	1.5	1.18	1.66

## 9 APPENDICE

LAVORO: UP62 SS121 PALERMO BOLOGNETTA - GALLERIE ARTIFICIALI - IMBocchi GALLERIE NATURALI

DATI

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Spessore di ribomb sopra la calotta	m	7.0
Altezza complessiva galleria	m	12.28
Altezza totale	m	19.28
Larghezza complessiva galleria	m	14.30
Inclinazione pendio di monte	deg	0.00
Inclinazione pendio di valle	deg	0.00
Inclinazione pendio di valle	deg	0.00 (restare 0 se negativo)
R ext calotta	m	8.25
a semialtezza piedritto	m	3.35
Bp larghezza piedritti sollecitata	m	1.4
R ext arco rovescio	m	14.5
f	m	2.25

CARATTERISTICHE TERRENO

coesione orientata c =	KPa	20.0
angolo d'attrito interno del terreno =	deg	25.0
angolo d'attrito interno del terreno =	rad	0.4
angolo d'attrito terreno galleria =	deg	16.7
angolo d'attrito terreno galleria =	rad	0.3
peso specifico terreno =	kN/mc	20.0
Modulo elastico di riferimento =	Mpa	50.0
coefficiente di Poisson v =	-	0.3

Coefficiente di spinta a riposo a monte ko  
 Coefficiente di spinta all'ann ka  
 ka/ko

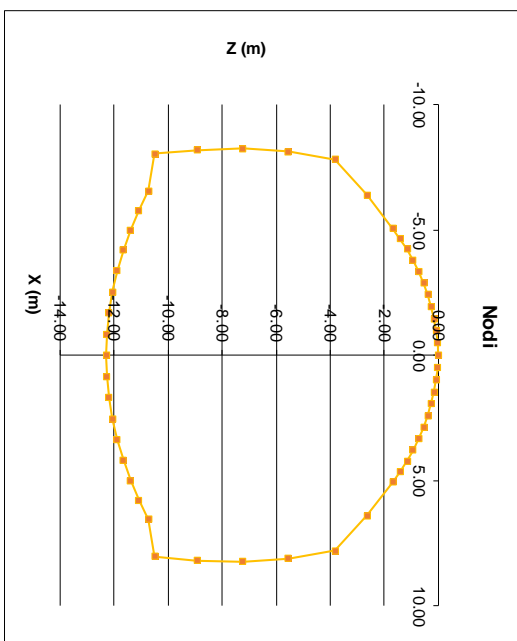
0.577
0.406
0.703

MATERIALI

Calcestruzzo	Rock	Mpa	35
E cis		Mpa	33721.7

SISMA

Incremento di spinta in caso sismico - Wood			
ag/g		0.225	
Ss		1.37	
Sr		1	
S		1.37	
β		1	
ki		0.3084	
ΔS wood	Incremento di spinta	1990.6	kN/m
Δp wood	carico distribuito	162.1	kN/m <sup>2</sup>
inertie			
ki		0.3084	
kx		0.1542	



SS 121 "Catanesa"


Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta



UP62

Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo

SAP Nodo n.	Elemento	Coordinate nodali X (m)	Z (m)	Modulo elastico E (MPa)	Rigidizza mole per elementi curvi k (KN/m <sup>2</sup> )	Applicazioni rigidizza mole SAP Ux (KN/m <sup>2</sup> ) Uz (KN/m <sup>2</sup> )	Carichi verticali terreno sr1(KN/m <sup>2</sup> ) sr2(KN/m <sup>2</sup> )	Carichi orizzontali terreno sp1(KN/m <sup>2</sup> ) sp2(KN/m <sup>2</sup> )	Spina Wood dx Ap wood (KN/m <sup>2</sup> )	Spina Wood sx Ap wood (KN/m <sup>2</sup> )	
1	calotta	0,00	0,00	58,77	5479,97	137,74	-140,00	80,83344337	81,72368617	0	162,1031211
2	calotta	-0,49	-0,03	58,88	5489,80	210,38	-140,50	81,12368617	81,71850403	0	162,1031211
3	calotta	-0,98	-0,08	59,09	5509,89	356,07	-141,53	81,71850403	82,616172	0	162,1031211
4	calotta	-1,46	-0,15	59,42	5540,07	502,69	-143,09	82,616172	83,81408686	0	162,1031211
5	calotta	-1,94	-0,26	59,85	5580,09	650,56	-145,16	83,81408686	85,30877471	0	162,1031211
6	calotta	-2,42	-0,39	60,38	5629,63	799,96	-147,75	85,30877471	87,09590097	0	162,1031211
7	calotta	-2,88	-0,54	61,01	5688,29	951,08	-150,85	87,09590097	89,17028304	0	162,1031211
8	calotta	-3,34	-0,72	61,73	5755,63	1104,01	-154,44	89,17028304	91,52590525	0	162,1031211
9	calotta	-3,79	-0,93	62,54	5831,16	1258,79	-158,52	91,52590525	94,15593637	0	162,1031211
10	calotta	-4,22	-1,15	63,43	5914,35	1415,34	-163,07	94,15593637	97,05274939	0	162,1031211
11	calotta	-4,65	-1,40	64,40	6004,64	1573,49	-168,09	97,05274939	100,20794346	0	162,1031211
12	calotta	-5,06	-1,68	65,44	6101,46	3765,91	-173,56	100,20794346	111,30784846	0	162,1031211
13	calotta	-5,39	-2,04	66,30	6430,50	6847,43	-178,78	111,30784846	124,800614	0	162,1031211
14	piedritti	-7,81	-3,81	73,03	10846,82	15521,15	-216,15	124,800614	144,976236	0	162,1031211
15	piedritti	-8,11	-5,55	78,71	11475,19	19681,81	-251,09	144,976236	164,4127425	0	162,1031211
16	piedritti	-8,24	-7,24	83,82	12220,22	20658,94	0,00	164,4127425	184,020024	0	162,1031211
17	piedritti	-8,18	-8,94	88,88	12928,38	21100,37	0,00	184,020024	202,1064779	0	162,1031211
18	arco rovescio	-8,03	-10,50	92,93	4930,14	28939,21	0,00	202,1064779	204,635402	0	162,1031211
19	arco rovescio	-6,55	-10,72	93,51	4960,89	0,00	0,00	204,635402	208,8036359	0	162,1031211
20	arco rovescio	-5,78	-11,08	94,46	5011,16	0,00	0,00	208,8036359	212,4454653	0	162,1031211
21	arco rovescio	-4,99	-11,40	95,28	5054,67	0,00	0,00	212,4454653	215,5483797	0	162,1031211
22	arco rovescio	-4,19	-11,67	95,97	5091,45	0,00	0,00	215,5483797	218,1017699	0	162,1031211
23	arco rovescio	-3,37	-11,89	96,54	5121,51	0,00	0,00	218,1017699	220,0868743	0	162,1031211
24	arco rovescio	-2,53	-12,06	96,96	5144,89	0,00	0,00	220,0868743	221,5268639	0	162,1031211
25	arco rovescio	-1,69	-12,18	97,30	5161,57	0,00	0,00	221,5268639	222,3868071	0	162,1031211
26	arco rovescio	-0,85	-12,26	97,48	5171,58	0,00	0,00	222,3868071	222,673786	0	162,1031211
27	arco rovescio	0,00	-12,28	97,55	5174,92	0,00	0,00	222,673786	222,3868071	0	162,1031211
28	arco rovescio	0,85	-12,26	97,48	5171,58	0,00	0,00	222,3868071	221,5268639	0	162,1031211
29	arco rovescio	1,69	-12,18	97,30	5161,57	0,00	0,00	221,5268639	220,0868743	0	162,1031211
30	arco rovescio	2,53	-12,06	96,96	5144,89	0,00	0,00	220,0868743	218,1017699	0	162,1031211
31	arco rovescio	3,37	-11,89	96,54	5121,51	0,00	0,00	218,1017699	215,5483797	0	162,1031211
32	arco rovescio	4,19	-11,67	95,97	5091,45	0,00	0,00	215,5483797	212,4454653	0	162,1031211
33	arco rovescio	4,99	-11,40	95,28	5054,67	0,00	0,00	212,4454653	208,8036359	0	162,1031211
34	arco rovescio	5,78	-11,08	94,46	5011,16	0,00	0,00	208,8036359	204,635402	0	162,1031211
35	arco rovescio	6,55	-10,72	93,51	4960,89	0,00	0,00	204,635402	202,1064779	0	162,1031211
36	arco rovescio	8,03	-10,50	92,93	4930,14	28939,21	0,00	202,1064779	202,1064779	0	162,1031211
37	piedritti	8,18	-8,94	88,88	12928,38	21100,37	0,00	184,020024	164,4127425	0	162,1031211
38	piedritti	8,24	-7,24	83,82	12220,22	20658,94	0,00	164,4127425	144,976236	0	162,1031211
39	piedritti	8,11	-5,55	78,71	11475,19	19681,81	0,00	144,976236	124,800614	0	162,1031211
40	piedritti	7,81	-3,81	73,03	10846,82	15521,15	0,00	124,800614	111,30784846	0	162,1031211
41	calotta	6,39	-2,84	68,97	6430,50	6847,43	-192,78	111,30784846	100,20794346	0	162,1031211
42	calotta	5,06	-1,68	65,44	6101,46	3765,91	-173,56	100,20794346	97,05274939	0	162,1031211
43	calotta	4,65	-1,40	64,40	6004,64	1573,49	-168,09	97,05274939	94,15593637	0	162,1031211
44	calotta	4,22	-1,15	63,43	5914,35	1415,34	-163,07	94,15593637	91,52590525	0	162,1031211
45	calotta	3,79	-0,93	62,54	5831,16	1258,79	-158,52	91,52590525	89,17028304	0	162,1031211
46	calotta	3,34	-0,72	61,73	5755,63	1104,01	-154,44	89,17028304	87,09590097	0	162,1031211
47	calotta	2,88	-0,54	61,01	5688,29	951,08	-150,85	87,09590097	85,30877471	0	162,1031211
48	calotta	2,42	-0,39	60,38	5629,63	799,96	-147,75	85,30877471	83,81408686	0	162,1031211
49	calotta	1,94	-0,26	59,85	5580,09	650,56	-145,16	83,81408686	81,71850403	0	162,1031211
50	calotta	1,46	-0,15	59,42	5540,07	502,69	-143,09	82,616172	81,12368617	0	162,1031211
51	calotta	0,98	-0,08	59,09	5509,89	356,07	-141,53	81,71850403	81,72368617	0	162,1031211
52	calotta	0,49	-0,03	58,88	5489,80	210,38	-140,50	81,12368617	80,83344337	0	162,1031211

SS 121 "Catane"se"		
<i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		
UP62	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</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 tridimensionali in cui gli elementi strutturali sono stati schematizzati come elementi piani tipo "plate".

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: SAP2000 14 Advanced

Produttore CSI Computer & Structures, Inc 1995 University Avenue Berkley, CA

Licenza concessa a VIA INGEGNERIA s.r.l. – Licenza N° S15307

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

Software: RC-SEC

Produttore: GeoStru


Licenza: Via Ingegneria srl – numero 7OKKI-NF2UO-EOJXZ-3PW5K.

### **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 121 "Catane" <i>Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<b>Tratti in artificiale - Relazione tecnica e di calcolo</b>	

### **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.