

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

Gallerie Artificiali

GA02 - Galleria Artificiale da pk 2+251 a pk 2+401

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 26 CL GA0200 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Gen-2020	F.Coppini	Gen-2020	A.Barreca	Gen-2020	F.Sacchi
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Apr-2020	F.Coppini	Apr-2020	A.Barreca	Apr-2020	Apr-2020

ITAMPER - SA INFRASTRUTTURE NORD  
Via...  
Caltanissetta (CA) - Italia

1.	PREMESSA .....	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
3.	MATERIALI .....	6
3.1	CALCESTRUZZO SCATOLARE .....	6
3.2	ACCIAIO D'ARMATURA .....	6
3.3	VERIFICA S.L.E. ....	7
3.3.1	<i>Verifica tensioni</i> .....	7
3.3.2	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	8
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	9
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	11
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO .....	11
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA .....	11
6.	MODELLAZIONE ADOTTATA .....	15
7.	ANALISI DEI CARICHI .....	17
7.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA .....	17
7.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI .....	17
7.3	BALLAST .....	19
7.4	SPINTA DEL TERRENO E DELL'ACQUA .....	20
7.5	SOVRACCARICO FERROVIARIO SU SOLETTA INFERIORE .....	23
7.6	SOVRACCARICO STRADALE SULLA SOLETTA SUPERIORE .....	25
7.7	AZIONI TERMICHE .....	28
7.8	RITIRO .....	28
7.9	AZIONE SISMICA .....	29
8.	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	33
9.	RISULTATI E VERIFICHE .....	41
9.1	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE .....	44
9.1.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i> .....	45

9.1.2	Verifica in condizioni sismiche .....	49
9.2	VERIFICA PIEDRITTI.....	52
9.2.1	Verifica in condizioni statiche .....	53
9.2.2	Verifica in condizioni sismiche .....	57
9.3	VERIFICA SOLETTA INFERIORE.....	60
9.3.1	Verifica in condizioni statiche .....	61
9.3.2	Verifica in condizioni sismiche .....	66
9.4	RIEPILOGO VERIFICHE.....	68
10.	INCIDENZE.....	68
11.	VERIFICA A SOLLEVAMENTO.....	69

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	<b>COMMESSA</b> RS3T	<b>LOTTO</b> 30 D 26	<b>CODIFICA</b> CL	<b>DOCUMENTO</b> GA 02 0 0 001	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 3 di 70

## 1. PREMESSA

Il presente documento riguarda il dimensionamento della Galleria Artificiale GA02 inquadrata all'interno dei lavori di costruzione del nuovo collegamento ferroviario Palermo-Catania, specificamente del Lotto 3 di tale progetto.

La galleria artificiale GA02 è ubicata dalla progressiva chilometrica 2+250 alla progressiva 2+400 per uno sviluppo complessivo di 150 m ed è costituita da una struttura scatolare tra paratie di pali. Il calcolo delle paratie provvisorie è stato sviluppato nell'apposita relazione a cui si rimanda "Relazione di calcolo opere provvisorie" (RS3T.3.0.D.26.CL.GA.02.0.0.002.A).

Di seguito si riporta l'inquadratura dell'opera nel progetto, la vista planimentrica e la sezione.

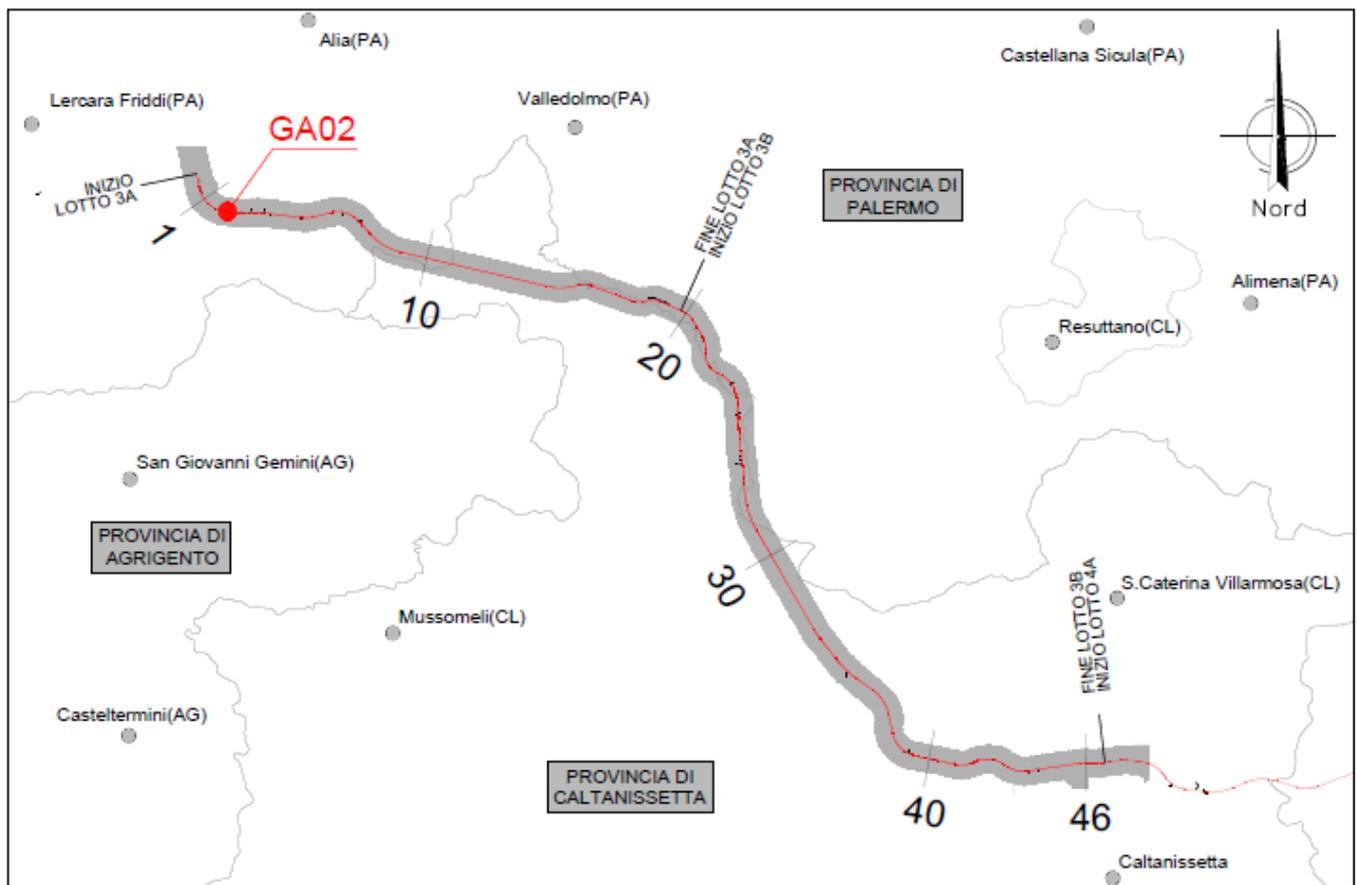


Figura 1 – Inquadratura della GA02 all'interno del lotto di progettazione.

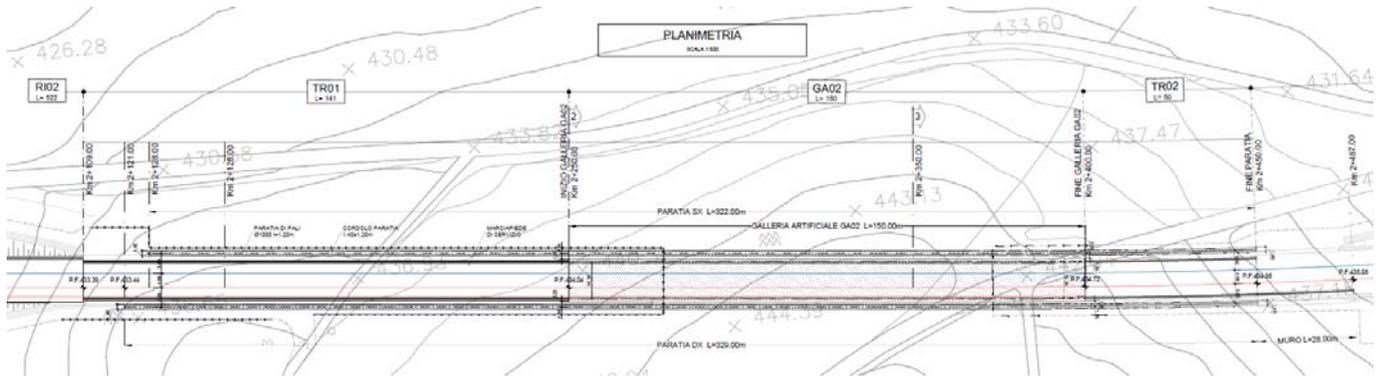


Figura 2 – Vista planimetrica.

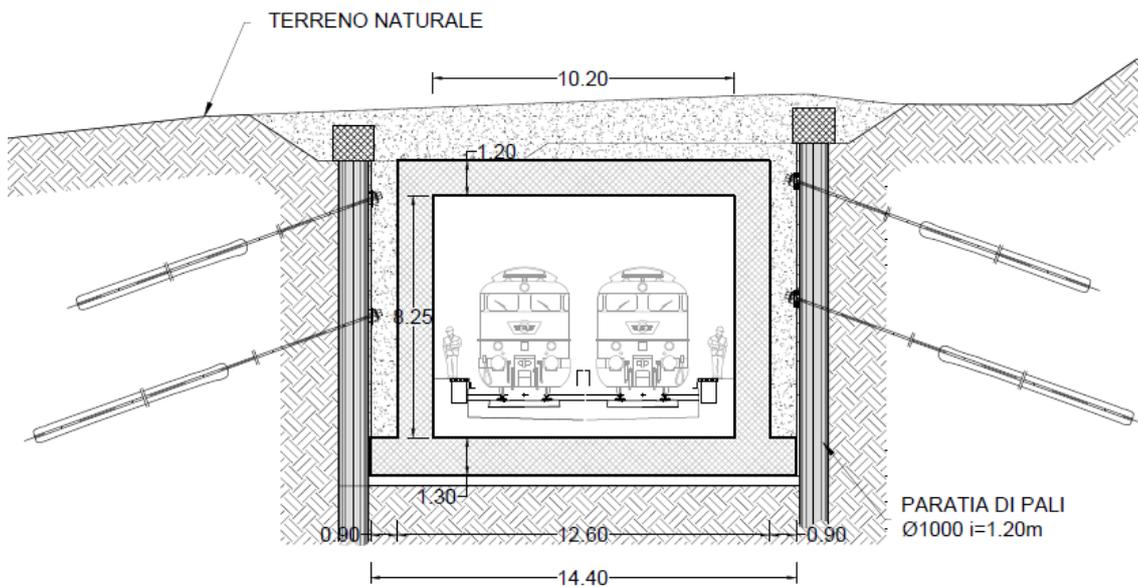


Figura 3 – Sezione trasversale.

La struttura scatolare presenta una larghezza e altezza interna rispettivamente pari a 10.20 m e 8.25 m. La soletta e i piedritti hanno uno spessore di 1.20 m e la soletta di fondo di 1.30 m e va a sbattere contro la paratia di pali al fine di evitare il galleggiamento nella configurazione definitiva dell'opera.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b>  <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>  <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b>  <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b></p>					
<p>GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 26</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO GA 02 0 0 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 5 di 70</p>

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- Rif. [1] Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Rif. [2] Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Rif. [3] Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2;
- Rif. [4] RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- Rif. [5] RFI DTC SI SP IFS 001 C del 21-12-18 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GALLERIE ARTIFICIALI					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA 02 0 0 001	REV. B

### 3. MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo scatolare

Classe di resistenza	C30/37 $R_{ck} \geq 37 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione ambientale	XC3
Copriferro nominale minimo	40 mm

Resistenza di calcolo del calcestruzzo per la verifica agli SLU ( $\gamma_c = 1.5$ ):

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	30.7 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	38.7 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	17.4 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$	2.94 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$	2.06 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.37 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$	3.53 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$	2.47 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm} = 22.000 [f_{cm} / 10]^{0.3}$	330169 N/mm <sup>2</sup>

#### 3.2 Acciaio d'armatura

L'acciaio utilizzato è ad aderenza migliorata tipo B450C ed è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura:

$f_{y, \text{nom}}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t, \text{nom}}$	540 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo dell'acciaio per la verifica agli SLU ( $\gamma_s = 1.15$ ):

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391.3 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$	0.186%

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### 3.3 Verifica S.L.E.

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

#### 3.3.1 Verifica tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Manuale di progettazione Opere Civili RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18"

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0.75 f_{yk}$

Nel caso in esame pertanto si ha:

#### CALCESTRUZZO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

$$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} \qquad 16.89 \text{ N/mm}^2$$

Massima tensione allo SLE per combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} \qquad 12.28 \text{ N/mm}^2$$

#### ACCIAIO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

$$\sigma_s = 0.75 f_{yk} \qquad 337.5 \text{ N/mm}^2$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### 3.3.2 Verifica a fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente [NTC – Tabella 4.1.IV]:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando  $w_1 = 0.2 \text{ mm}$        $w_2 = 0.3 \text{ mm}$        $w_3 = 0.4 \text{ mm}$

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

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)          GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA 02 0 0 001	REV. B	FOGLIO 9 di 70

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nel tratto in esame la stratigrafia è costituita da:

- Coltri (C)
- Formazione Terravecchia sabbie-sabbie debolmente cementate (TRVa)
- Formazione Terravecchia membro argilloso (TRV)

In particolare, come è possibile osservare nel seguente stralcio del profilo geotecnico di progetto, il terreno spingente è costituito dall'unità geotecnica Formazione Terravecchia sabbie-sabbie debolmente cementate (TRVa) mentre in corrispondenza della soletta inferiore è presente l'unità geotecnica Formazione terravecchia in facies argillosa (TRV).

In accordo con quanto riportato nella relazione geotecnica, alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento, per i vari strati sono stati considerati i seguenti parametri meccanici:

U.G.	Distanza da p.c.	$\gamma$	$c'$	$\phi'$
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]
C	0-2.5	19	0	20
TRVa	2.5-11	21	0	35
TRV	11-40	21	25	27
Falda a – 2.5 m da p.c.				



 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)          GALLERIE ARTIFICIALI</p>												
<p>GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>GA 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>11 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	11 di 70
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	11 di 70								

## 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

### 5.1 Vita nominale e classe d'uso

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

In accordo con quanto riportato al punto 2.5.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili –Ponti e Strutture, per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 75$  anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità  $V < 250$  Km/h") e una classe d'uso III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a  $C_U = 1.5$ .

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni.

### 5.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali), dipendono, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (periodo di riferimento per valutazione azione sismica) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Categoria sottosuolo B

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

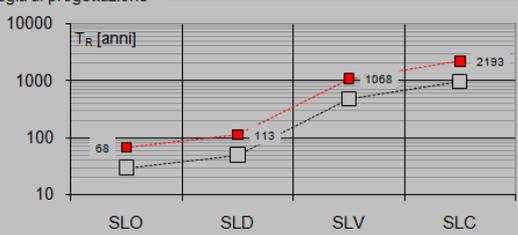
Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- .....□..... Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

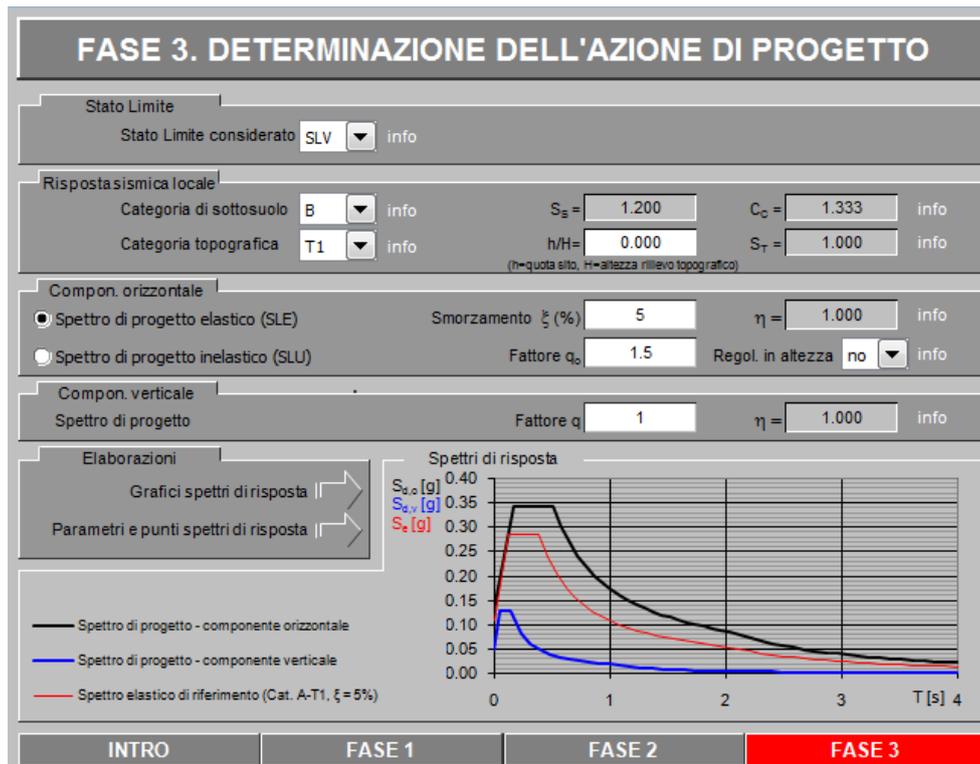
I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per gli stati limite di normativa sono dunque:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.045	2.442	0.276
SLD	113	0.054	2.473	0.299
SLV	1068	0.108	2.649	0.382
SLC	2193	0.130	2.706	0.407

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C^*$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.108 g
$F_0$	2.649
$T_C^*$	0.382 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.333
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.170 s
$T_C$	0.510 s
$T_D$	2.033 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_\xi(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_\xi(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.130
$T_B \leftarrow$	0.170	0.344
$T_C \leftarrow$	0.510	0.344
	0.582	0.301
	0.655	0.268
	0.727	0.241
	0.800	0.219
	0.872	0.201
	0.945	0.186
	1.017	0.172
	1.090	0.161
	1.163	0.151
	1.235	0.142
	1.308	0.134
	1.380	0.127
	1.453	0.121
	1.525	0.115
	1.598	0.110
	1.670	0.105
	1.743	0.101
	1.815	0.097
	1.888	0.093
	1.961	0.089
$T_D \leftarrow$	2.033	0.086
	2.127	0.079
	2.220	0.072
	2.314	0.067
	2.408	0.062
	2.501	0.057
	2.595	0.053
	2.689	0.049
	2.782	0.046
	2.876	0.043
	2.970	0.040
	3.063	0.038
	3.157	0.036
	3.251	0.034
	3.344	0.032
	3.438	0.030
	3.532	0.029
	3.625	0.027
	3.719	0.026
	3.813	0.025
	3.906	0.023
	4.000	0.022

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 6. MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta pari a 9000 kN/m<sup>3</sup>.

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

$$k_w = \frac{E}{(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E = modulo elastico del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

$c_t$  = fattore di forma, coefficiente adimensionale valutato con le relazione  $c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$  (per  $L/B \leq 10$  con L lunghezza singolo concio).

unità	E	$\nu$	B	L	L/B	$c_t$	$k_w$
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m <sup>3</sup> )
TRV	150	0.3	14.4	30	2.08	1.245	9195

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

Lo schema statico impiegato è quello di telaio costituito da elementi frame; in corrispondenza della intersezione tra tali elementi il programma genera in automatico dei nodi per garantire la continuità strutturale. Ad ogni elemento è assegnata la corrispondente sezione rettangolare in calcestruzzo, la cui geometria è definita dallo spessore dell'elemento stesso per una larghezza unitaria, dal momento che la struttura è risolta come piana.

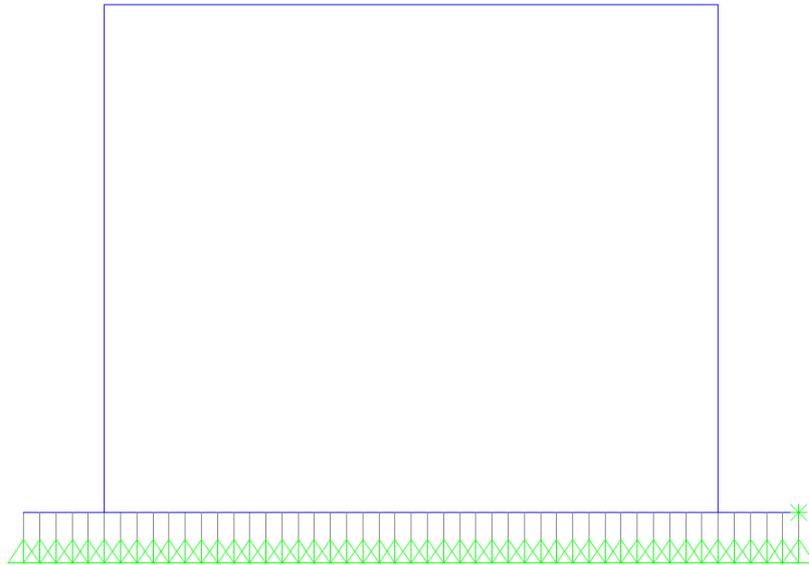
Per le verifiche delle sezioni si è adottato il programma RC-SEC – Autore GEOSTRU.

La dimensione interna è di 10.20 m e l'altezza interna pari 8.25 m, con soletta superiore di spessore 1.20 m, piedritti di spessore 1.20 m e soletta inferiore di spessore 1.30 m.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk  
2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	16 di 70



*Figura 4 – Modello di calcolo.*

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 Peso proprio della struttura

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

### 7.2 Carichi permanenti portati

Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI						
soletta superiore						
Y <sub>1</sub>	24.00	kN/m <sup>3</sup>				
S <sub>1</sub>	0.20	m	pacchetto stradale			
W <sub>1</sub>	4.80	kN/m <sup>2</sup>				
soletta inferiore						
Y <sub>2</sub>	21.00	kN/m <sup>3</sup>				
S <sub>2</sub>	2.00	m	ricoprimento			
W <sub>2</sub>	42.00	kN/m <sup>2</sup>				
soletta inferiore						
Y <sub>3</sub>	25.00	kN/m <sup>3</sup>				
S <sub>3</sub>	0.60	m	spessore e massetto pendenze			
W <sub>3</sub>	15.00	kN/m <sup>2</sup>				
soletta inferiore						
Y <sub>4</sub>	25.00	kN/m <sup>3</sup>				
S <sub>4</sub>	1.00	m	marciapiedi			
W <sub>4</sub>	25.00	kN/m <sup>2</sup>				

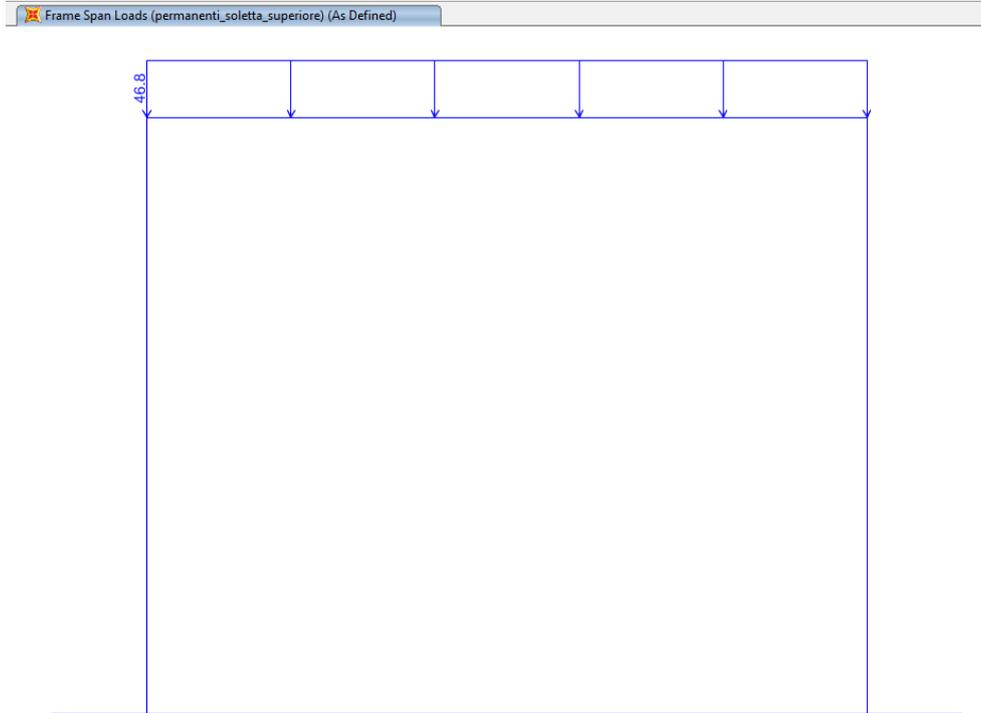


Figura 5 – Carichi permanenti sulla soletta superiore.

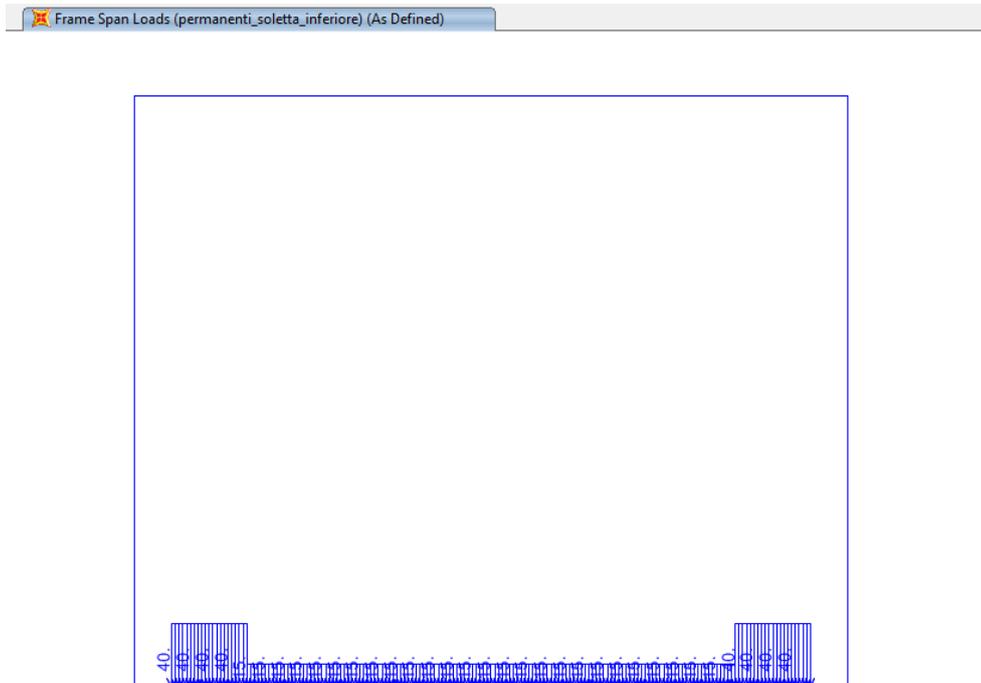


Figura 6 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GALLERIE ARTIFICIALI</p>												
<p>GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>GA 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>19 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	19 di 70
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	19 di 70								

### 7.3 Ballast

Il ballast è stato valutato considerando uno sviluppo in altezza di 0.8 m:  $p_b = 20 \cdot 0.8 = 16.0 \text{ kN/m}^2$

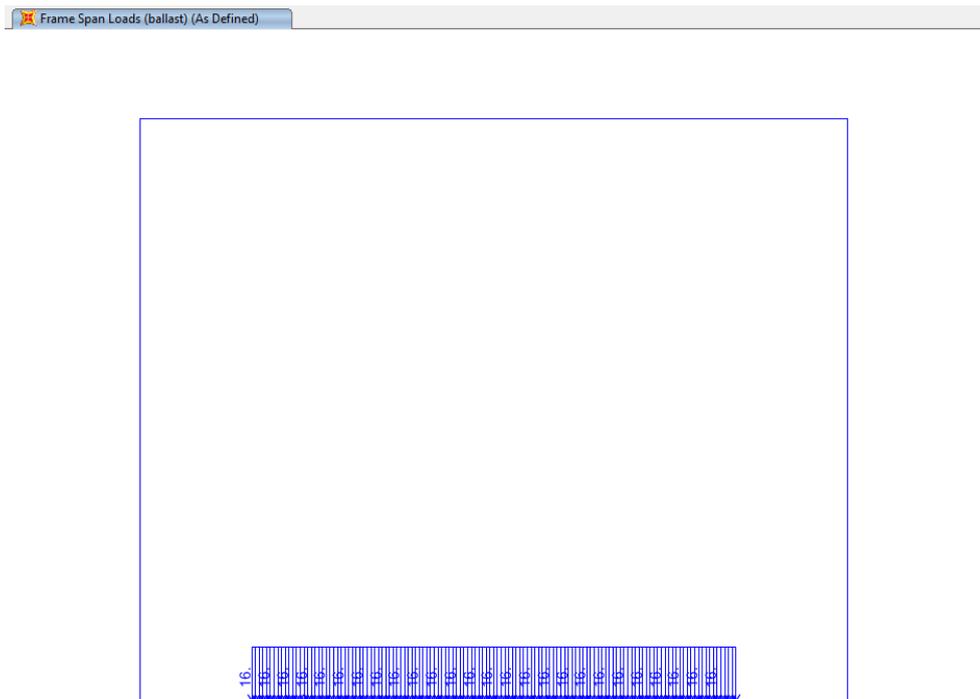


Figura 7 – Ballast.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GALLERIE ARTIFICIALI					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA 02 0 0 001	REV. B

#### 7.4 Spinta del terreno e dell'acqua

Per la valutazione della spinta esercitata dal terreno quest'ultimo è stato considerato in condizioni di riposo pertanto il coefficiente di spinta è dato dalla relazione  $k_0 = 1 - \text{sen}\phi'$ .

SPINTA RIPOSO E SPINTA H <sub>2</sub> O			
$\gamma_t$	21.00	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico terreno
$\Phi'_k$	35	°	angolo attrito caratteristico
$\Phi'_d$	35	°	angolo attrito di progetto
$k_0$	0.43	-	
$h_{sup}$	2.60	m	quota metà spessore sol. sup. rispetto p.c.
$\gamma_w$	10.00	kN/m <sup>3</sup>	peso H <sub>2</sub> O
$h_w$	2.50	m	quota H <sub>2</sub> O rispetto p.c.
$h_2$	9.50	m	distanza assi soletta sup-inf

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_w$ (kN/m <sup>2</sup> )
2	19.96	0.00
2.6	24.90	1.00
12.1	69.49	96.00
12.75	72.51	102.50

$F_{t,sup}$	13.46	kN/m	spinta su metà spessore soletta superiore
$F_{t,inf}$	46.14	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
$F_{w,sup}$	0.30	kN/m	spinta H <sub>2</sub> O su metà spessore soletta superiore
$F_{w,inf}$	64.51	kN/m	spinta H <sub>2</sub> O su metà spessore soletta inferiore



Figura 8 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.



Figura 9 – Spinta del terreno sul piedritto destro.



Figura 10 – Spinta dell'acqua sul piedritto sinistro.



Figura 11 – Spinta dell'acqua sul piedritto destro.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GALLERIE ARTIFICIALI					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA 02 0 0 001	REV. B

### 7.5 Sovraccarico ferroviario su soletta inferiore

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare sono stati considerati il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale, e il treno di carico SW/2 rappresentativo del traffico pesante.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 12, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

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

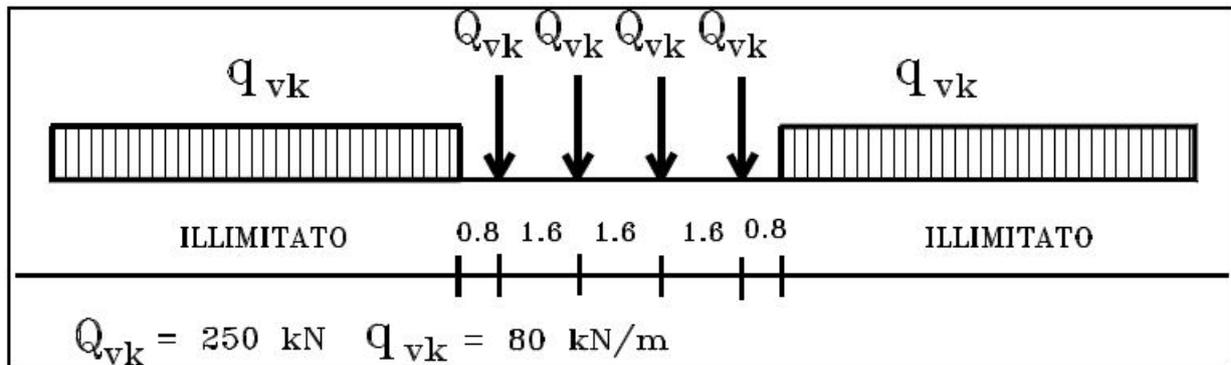


Figura 12 – Treno di carico LM71

Il treno di carico SW/2 invece è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un'estensione di 25 m posti ad una distanza, c, di 7.0 m (Figura 13).

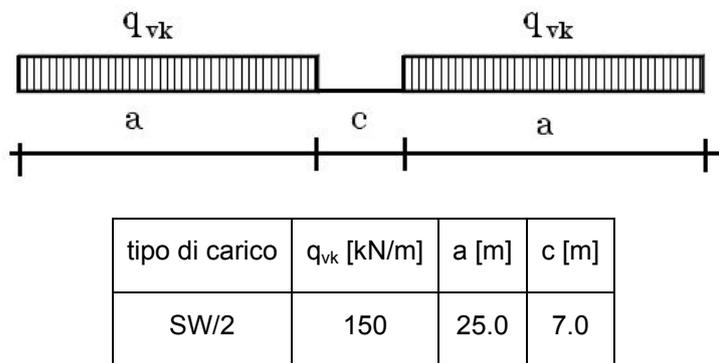


Figura 13 – Treno di carico SW/2.

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ , il cui valore è riportato nella Figura 14.

modello di carico	coefficiente di adattamento $\alpha$
LM71	1.1
SW/2	1.0

Figura 14 – Coefficiente di adattamento  $\alpha$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

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

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{r'} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 0.6 + 1.3/2) \cdot 2 = 5.08 \text{ m}$$

I carichi utilizzati sono riepilogati nella Tabella seguente:

Carico variabile verticale agente alla quota del piano medio della soletta inferiore agente su $L_d$	
LM71	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1/6.4/L_d = 33.87 \text{ kN/m}^2$
SW/2	$q_v = 150 \cdot 1.0/L_d = 29.56 \text{ kN/m}^2$

Nel modello di calcolo è stato considerato il treno di carico LM71 in quanto più gravoso.

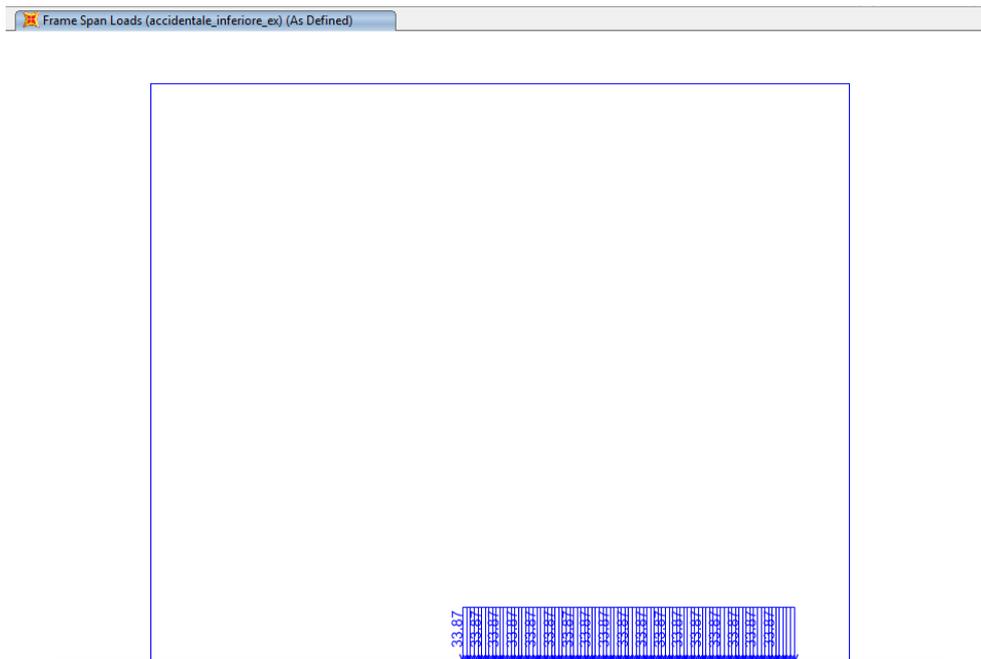


Figura 15 – Treno di carico LM71 singolo binario.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

Frame Span Loads (accidentale\_inferiore) (As Defined)

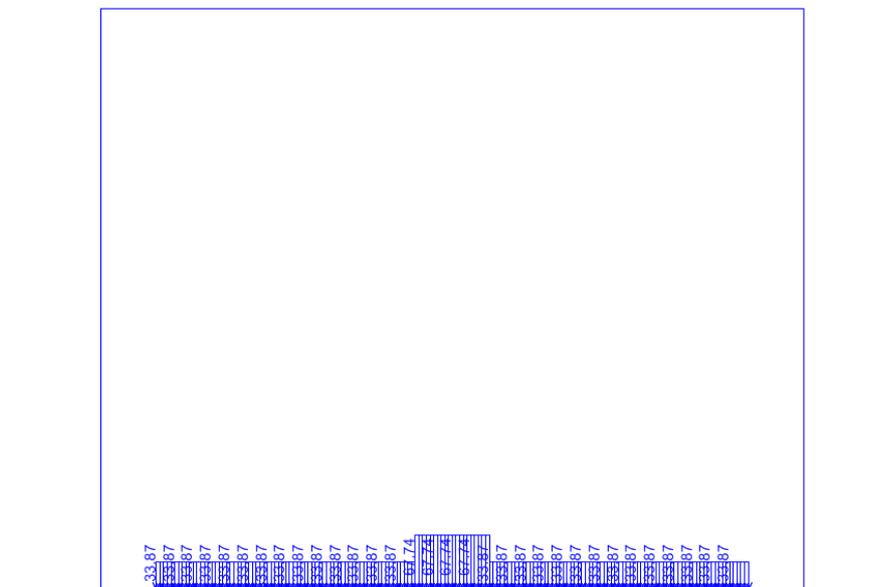


Figura 16 – Treno di carico LM71 doppio binario.

## 7.6 Sovraccarico stradale sulla soletta superiore

SOVRACCARICO ACCIDENTALE			
soletta superiore			
$Q_{1k}$	600.00	kN	carico stradale concentrato
$L_T$	6.80	m	lunghezza di ripartizione trasversale
$L_L$	6.00	m	lunghezza di ripartizione longitudinale
$q_{1k}$	23.70	$kN/m^2$	carico stradale distribuito da applicare su $L_L$
$q_{1k}$	9.00	$kN/m^2$	carico stradale distribuito da applicare su $L-L_L$

frenamento o accelerazione		
$L$	12.60	m
$q_{3,k}$	4.60	$kN/m^2$

incremento spinta dovuto al sovraccarico accidentale			
$q_{1k}$	9	$kN/m^2$	carico distribuito esterno
$\sigma_h$	3.84	$kN/m^2$	
$F_{sup}$	2.30	$kN/m$	spinta su metà spessore soletta superiore

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GALLERIE ARTIFICIALI					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA 02 0 0 001	REV. B

$F_{inf}$  2.49 kN/m spinta su metà spessore soletta inferiore

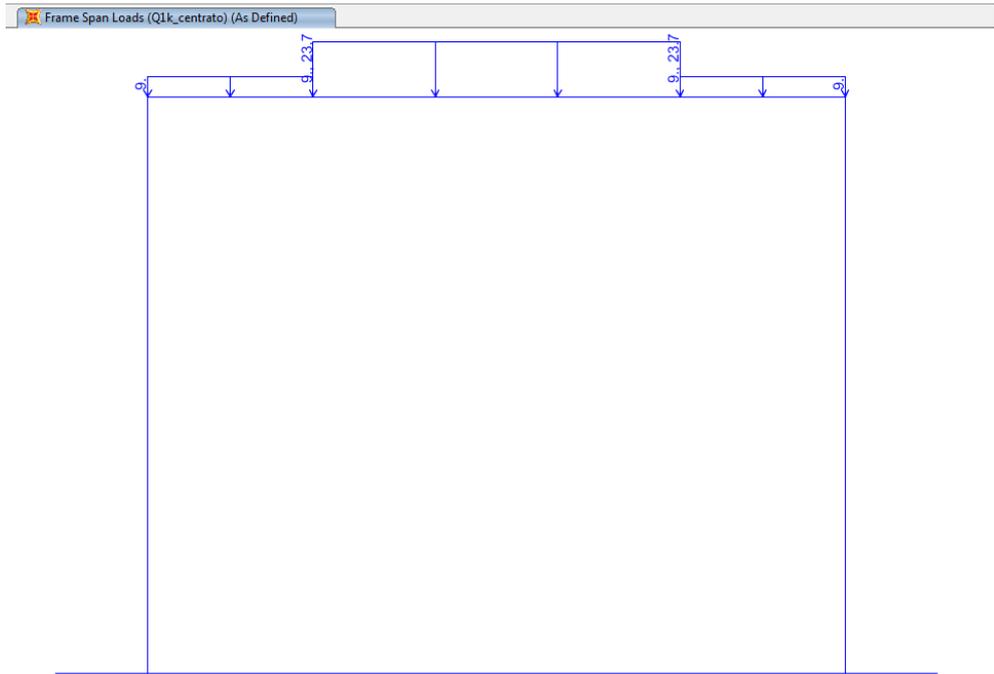


Figura 17 – Sovraccarico accidentale sulla soletta superiore in posizione centrata.

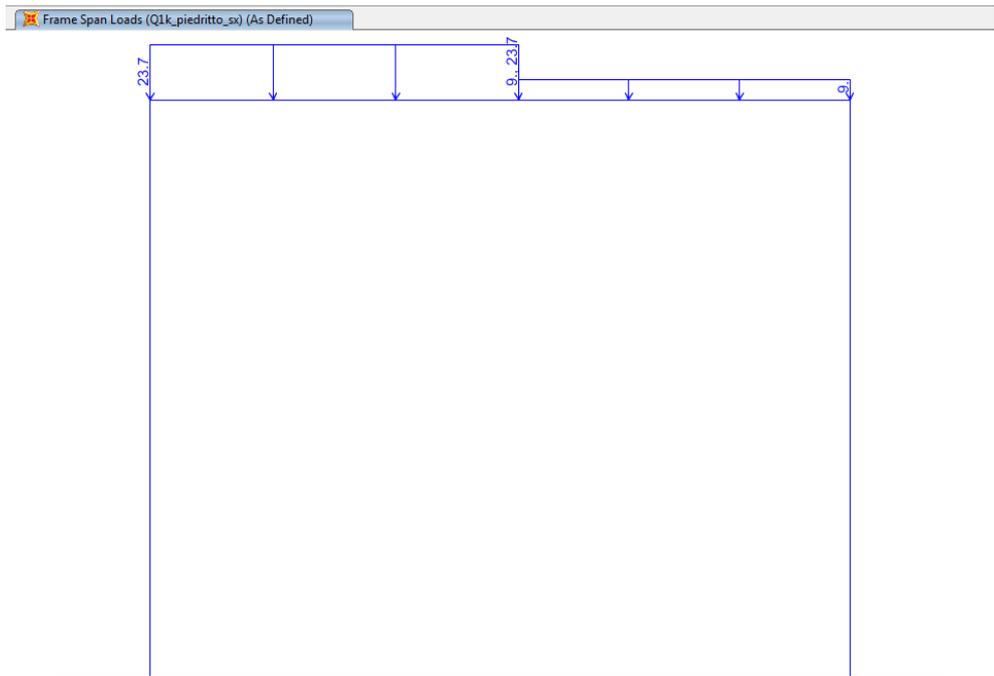


Figura 18 – Sovraccarico accidentale sulla soletta superiore in posizione decentrata.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GALLERIE ARTIFICIALI					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

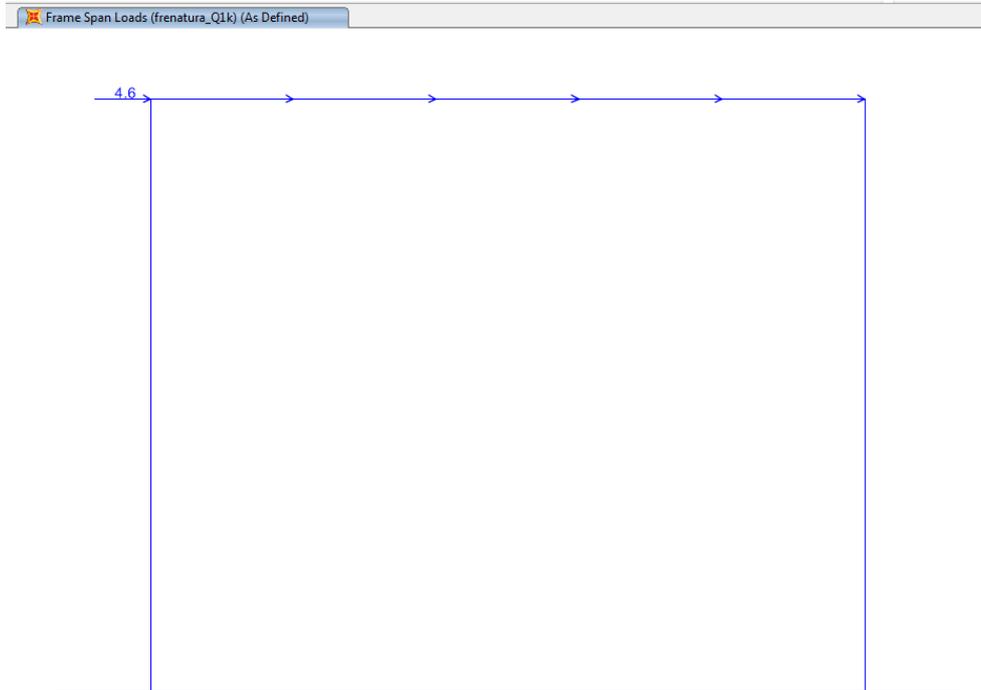


Figura 19 – Forza di frenamento o accelerazione sulla soletta superiore.

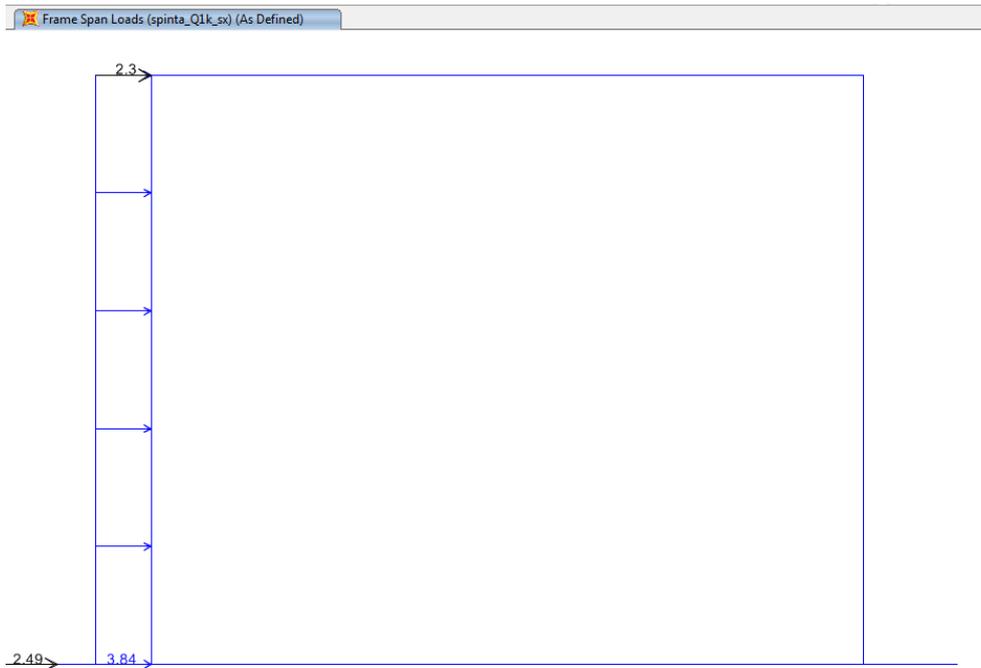


Figura 20 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sovraccarico accidentale.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 7.7 Azioni termiche

Alla soletta superiore è stata applicata una variazione termica uniforme  $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$  ed un gradiente di temperatura tra estradosso ed intradosso pari a  $\pm 5^\circ\text{C}$ , come indicato dalla normativa vigente.

## 7.8 Ritiro

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

La deformazione totale da ritiro è formata da due componenti: la deformazione da ritiro per essiccamento e la deformazione da ritiro autogeno

Classe cls =	<b>C30/37</b>	
$f_{ck} =$	<b>30</b> Mpa	
$f_{cm} =$	<b>37</b> Mpa	
Tipo di cemento =	<b>R</b>	
$A_c =$	<b>1 200 000</b> mm <sup>2</sup>	area della sezione in cls
$u =$	<b>1 000</b> mm	perimetro della sezione in cls a contatto con l'atmosfera
$h_0 = 2 A_c / u =$	<b>2 400</b> mm	dimensione fittizia
RH =	<b>75</b> %	umidità relativa ambientale
$t =$	<b>25 550</b> giorni	età del cls nel momento considerato
$t_s =$	<b>2</b> giorni	età del cls a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento

### Deformazione per ritiro da essiccamento ( $\varepsilon_{cd}$ )

La deformazione da ritiro per essiccamento si sviluppa lentamente, dal momento che è funzione della migrazione dell'acqua attraverso il cls in

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \varepsilon_{cd,0}$$

Prospetto 3.3 - Valori di  $k_h$

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1.0
200	0.85
300	0.75
$\geq 500$	0.70

Per valori intermedi del parametro  $h_0$  si procede con interpolazione lineare.

$k_h =$	<b>0.70</b>	
$\varepsilon_{cd,0} = -0,85 [(220 + 110 \alpha_{ds1}) \exp(-\alpha_{ds2} f_{cm} / f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH}$		
$\alpha_{ds1} =$	<b>6</b>	
$\alpha_{ds2} =$	<b>0.11</b>	
$f_{cm0} =$	<b>10</b> Mpa	
$\beta_{RH} = 1,55 [1 - (RH / RH_0)^3]$ con $RH_0 = 100\%$		
$\beta_{RH} =$	<b>0.896</b>	
$\varepsilon_{cd,0} =$	<b>-0.446</b> ‰	
$\varepsilon_{cd,\infty} =$	<b>-0.312</b> ‰	deformazione per ritiro da essiccamento a tempo infinito
$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \varepsilon_{cd,\infty}$		
$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / [(t - t_s) + 0,04 h_0^{3/2}] =$	<b>0.845</b>	
$\varepsilon_{cd}(t) =$	<b>-0.264</b> ‰	deformazione per ritiro da essiccamento al tempo "t"

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

#### Deformazione per ritiro autogeno ( $\epsilon_{ca}$ )

La deformazione da ritiro autogeno si sviluppa durante l'indurimento del cls: la maggior parte si sviluppa quindi nei primi giorni successivi al getto

$$\epsilon_{ca,\infty} = -2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = \mathbf{-0.050} \text{ ‰} \quad \text{deformazione per ritiro autogeno a tempo infinito}$$

$$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca,\infty}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 t^{0,5}) = \mathbf{1.000}$$

$$\epsilon_{ca}(t) = \mathbf{-0.050} \text{ ‰} \quad \text{deformazione per ritiro autogeno al tempo "t"}$$

#### Deformazione totale da ritiro ( $\epsilon_{cs}$ )

$$\epsilon_{cs}(t) = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = \mathbf{-0.314} \text{ ‰} \quad \text{deformazione totale da ritiro al tempo "t"}$$

$$\epsilon_{cs,\infty} = \epsilon_{cd,\infty} + \epsilon_{ca,\infty} = \mathbf{-0.362} \text{ ‰} \quad \text{deformazione totale da ritiro a tempo infinito}$$

[SPECIFICA RFI DTC INC CS SP IFS 001 A - APPENDICE 1]

#### VARIAZIONE TERMICA UNIFORME EQUIVALENTE AL RITIRO

$$\Delta T_{\text{ritiro}} = \epsilon_{cs}(t) / [(1 + \varphi(t, t_0)) \alpha]$$

$$\varphi(t, t_0) = \mathbf{2.097}$$

$$\alpha = \mathbf{1.00E-05} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T_{\text{ritiro}} = \mathbf{-10.13} \text{ } ^\circ\text{C}$$

## 7.9 Azione sismica

L'azione sismica agente sulle masse strutturali è stata considerata con un approccio di tipo pseudo-statico. Esso consente di rappresentare il sisma mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k. Le forze sismiche sono pertanto:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$ , rispettivamente, coefficiente sismico orizzontale e verticale, pari a

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\max} / g \text{ coefficiente sismico orizzontale}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \text{ coefficiente sismico verticale}$$

Nelle espressioni precedenti  $a_{\max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito mentre  $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione di tale accelerazione valutato in funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti relativi rispetto al terreno. Per l'analisi delle strutture scatolari, pertanto,  $\beta_m$  è stato posto pari ad 1. L'accelerazione orizzontale massima è stata valutata con la relazione:

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

in cui  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido e S un coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto, della massa associata al peso proprio e delle masse associate al carico permanente.

Inoltre, l'incremento di spinta dovuto al sisma è stato valutato utilizzando la teoria di Wood. Secondo tale teoria la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma, su una parete di altezza  $H_s$ , viene

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

determinato attraverso la relazione  $\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H_{tot} \cdot H_s$  ( $H_{tot}$  = distanza p.c. – intradosso soletta inferiore).

$a_g$	0.108	g
$S_S$	1.2	
$S_T$	1	
$a_{max}$	0.130	g
$\beta_m$	1	
$k_h$	0.130	
$k_v$	0.065	

<b>INERZIA VERTICALE</b>			
Soletta superiore			
$k_v \cdot W_P$	4.98	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio, perm. portati
<b>INERZIA ORIZZONTALE</b>			
Soletta superiore			
$k_h \cdot W_P$	9.95	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio, perm. portati
Piedritti			
$k_h \cdot W_P$	3.89	kN/m <sup>2</sup>	peso proprio
<b>SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)</b>			
$h_{tot}$	12.75	m	altezza scatolare + ricoprimento
$\Delta p_d$	34.70	kN/m <sup>2</sup>	incremento di spinta
$F_{pd}$	20.82	kN/m	forza concentrata agente su metà spessore soletta sup.

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	31 di 70

Frame Span Loads (sisma\_orizzontale) (As Defined)

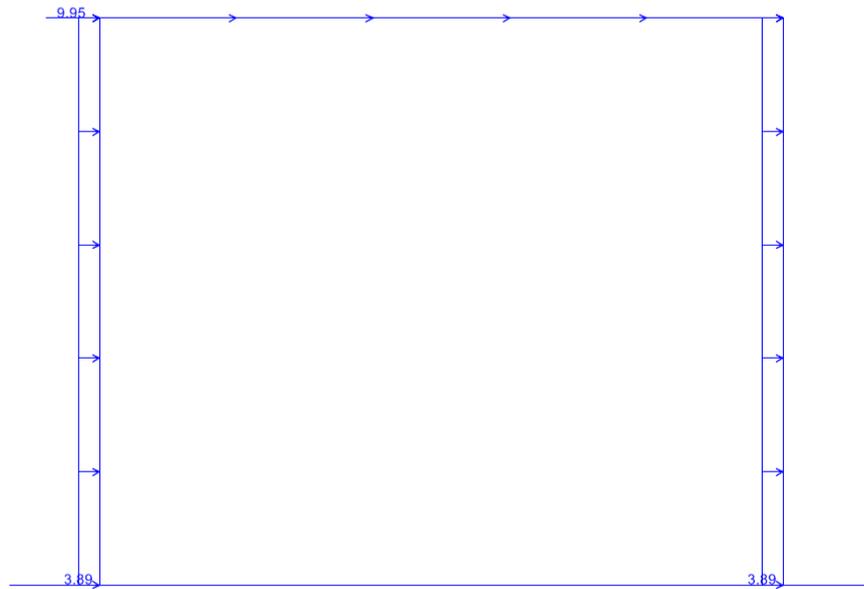


Figura 21 – Sisma orizzontale.

Frame Span Loads (sisma\_verticale) (As Defined)



Figura 22 – Sisma verticale.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA          TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)          GALLERIE ARTIFICIALI</p>												
<p>GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30 D 26</td> <td>CL</td> <td>GA 02 0 0 001</td> <td>B</td> <td>32 di 70</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	32 di 70
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	32 di 70								

Frame Span Loads (sovraspinta\_sismica) (As Defined)



Figura 23 – Incremento di spinta dovuto al sisma.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

## 8. COMBINAZIONI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

Le azioni impiegate nella definizione delle combinazioni di carico sono riepilogate nella Tabella 2.

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta superiore	perm_sol_sup
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro	spinta_sx_k0
spinta a riposo del terreno sul piedritto destro	spinta_dx_k0
azione verticale sulla soletta superiore dovuta al carico stradale in posizione centrata	Q1k_centrato
azione verticale sulla soletta superiore dovuta al carico stradale in corrispondenza del piedritto sinistro.	Q1k_piedritto_sx
incremento di spinta dovuta al carico stradale sul piedritto sinistro	spinta_q1k_sx
azione orizzontale di frenatura sulla soletta superiore	frenatura_q1k
variazione termica uniforme	termica_uniforme
variazione termica a farfalla sulla soletta superiore	termica_farfalla
ritiro della soletta superiore	ritiro
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario agente sulla parte destra della soletta inferiore	acc_inf_ex
azione verticale dovuta al sovraccarico ferroviario	acc_inf



spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q1k_centrato	0	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	1.0125
Q1k_piedritto_sx	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
spinta_Q1k_sx	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	1.35	1.35	1.0125
frenatura_Q1k	1.35	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	1.0125
termica_uniforme	-0.9	0	-0.9	0.9	0	-0.9	0.9	0.9	-0.9	0.9
termica_farfalla	0.9	0	0.9	-0.9	0	0.9	-0.9	-0.9	0.9	-0.9
ritiro	1.2	0	1.2	0	0	1.2	0	0	1.2	0
acc_inf_ex	0	0	0	1.16	0	0	1.16	0	0	0
acc_inf	0	0	1.16	0	0	1.16	0	0	0	1.45
spinta_acqua sx	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_acqua dx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 4 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (parte 2/4).

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche										
	slu21	slu22	slu23	slu24	slu25	slu26	slu27	slu28	slu29	slu30
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
perm_sol_sup	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
per_sol_inf	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1
ballast	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1
spinta_sx_k0	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q1k_centrato	1.0125	1.0125	1.0125	1.35	0	0	0	0	1.35	0
Q1k_piedritto_sx	0	0	0	0	1.0125	1.0125	1.0125	1.0125	0	1.35
spinta_Q1k_sx	1.0125	1.0125	1.0125	0	1.0125	1.0125	1.0125	1.0125	1.35	1.35
frenatura_Q1k	1.0125	1.0125	1.0125	1.35	1.0125	1.0125	1.0125	1.0125	1.35	1.35
termica_uniforme	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9
termica_farfalla	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9
ritiro	0	1.2	1.2	0	0	0	1.2	1.2	0	0
acc_inf_ex	1.45	0	1.45	0	0	1.45	0	1.45	0	0
acc_inf	0	1.45	0	0	1.45	0	1.45	0	0	0
spinta_acqua sx	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_acqua dx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 5 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (parte 3/4).

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	36 di 70

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche												
	slu31	slu32	slu33	slu34	slu35	slu36	slu37	slu38	slu39	slu40	slu41	slu42
DEAD	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1
perm_sol_sup	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q1k_centrato	0	0	1.35	0	1.35	0	1.35	0	1.35	0	0	0
Q1k_piedritto_sx	0	0	0	1.35	0	1.35	0	1.35	0	1.35	0	0
spinta_Q1k_sx	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0
frenatura_Q1k	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0
termica_uniforme	-0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	0.9
termica_farfalla	0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	0.9	-0.9	-0.9	0.9	-0.9
ritiro	1.2	0	1.2	1.2	0	0	1.2	1.2	0	0	1.2	0
acc_inf_ex	1.16	0	0	0	1.16	1.16	1.16	1.16	0	0	1.16	0
acc_inf	0	1.16	1.16	1.16	0	0	0	0	1.16	1.16	0	1.16
spinta_acqua_sx	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_acqua_dx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 6 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (parte 4/4).



termica_uniforme	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5
termica_farfalla	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5
ritiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
acc_inf_ex	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
acc_inf	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
sisma_H	1	1	0.3	0.3	1	1	1	1	0.3	0.3
sovraspinta_sismica	1	1	0.3	0.3	1	1	1	1	0.3	0.3
sisma_V	-0.3	-0.3	1	1	0.3	0.3	-0.3	-0.3	1	1
spinta_acqua sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_acqua dx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 8 – Combinazioni di carico agli SLV (parte 2/2).

combinazioni di carico agli SLE RARA													
	rar1	rar2	rar3	rar4	rar5	rar6	rar7	rar8	rar9	rar10	rar11	rar12	rar13
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perm_sol_sup	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Q1k_centrato	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.75	0.75	0.75
Q1k_piedritto_sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
spinta_Q1k_sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.75	0.75	0.75
frenatura_Q1k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.75	0.75	0.75
termica_uniforme	0	-0.6	0.6	0	0	-0.6	-0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.6	-0.6
termica_farfalla	0	0.6	-0.6	0	0	0.6	0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	0.6	0.6
ritiro	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
acc_inf_ex	0	0	0	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	1	0	1
acc_inf	0	0	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	1	0	1	0
spinta_acqua sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_acqua dx	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabella 9 – Combinazioni di carico agli SLE RARA (parte 1/2).

combinazioni di carico agli SLE RARA													
	rar14	rar15	rar16	rar17	rar18	rar19	rar20	rar21	rar22	rar23	rar24	rar25	rar26
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perm_sol_sup	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Q1k_centrato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q1k_piedritto_sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.75	0.75	0.75
spinta_Q1k_sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.75	0.75	0.75
frenatura_Q1k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.75	0.75	0.75
termica_uniforme	0	-0.6	0.6	0	0	-0.6	-0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.6	-0.6
termica_farfalla	0	0.6	-0.6	0	0	0.6	0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	0.6	0.6
ritiro	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
acc_inf_ex	0	0	0	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	1	0	1
acc_inf	0	0	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	1	0	1	0
spinta_acqua_sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_acqua_dx	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabella 10 – Combinazioni di carico agli SLE RARA (parte 2/2).

combinazioni di carico agli SLE FREQUENTE														
	fre1	fre2	fre3	fre4	fre5	fre6	fre7	fre8	fre9	fre10	fre11	fre12	fre13	fre14
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perm_sol_sup	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Q1k_centrato	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0
Q1k_piedritto_sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
spinta_Q1k_sx	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
frenatura_Q1k	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
termica_uniforme	0	-0.5	0.5	0	-0.5	0.5	-0.6	0.6	0	-0.5	0.5	0	-0.5	0.5

termica_farfalla	0	0.5	-0.5	0	0.5	-0.5	0.6	-0.6	0	0.5	-0.5	0	0.5	-0.5
ritiro	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
acc_inf_ex	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
acc_inf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
spinta_acqua sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_acqua dx	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabella 11 – Combinazioni di carico agli SLE FREQUENTE.

combinazioni di carico agli SLE QUASI PERMANENTE						
	qpe1	qpe2	qpe3	qpe4	qpe5	qpe6
DEAD	1	1	1	1	1	1
perm_sol_sup	1	1	1	1	1	1
per_sol_inf	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Q1k_centrato	0	0	0	0	0	0
Q1k_piedritto_sx	0	0	0	0	0	0
spinta_Q1k_sx	0	0	0	0	0	0
frenatura_Q1k	0	0	0	0	0	0
termica_uniforme	0	-0.5	0.5	0	-0.5	0.5
termica_farfalla	0	0.5	-0.5	0	0.5	-0.5
ritiro	0	1	0	0	1	0
acc_inf_ex	0	0	0	0	0	0
acc_inf	0	0	0	0	0	0
spinta_acqua sx	1	1	1	1	1	1
spinta_acqua dx	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabella 12 – Combinazioni di carico agli SLE QUASI PERMANENTE.

## 9. RISULTATI E VERIFICHE

Nelle immagini a seguire si riportano i digrammi di involuppo delle sollecitazioni per gli stati limite ultimi statici e sismici e per gli stati limite d'esercizio.

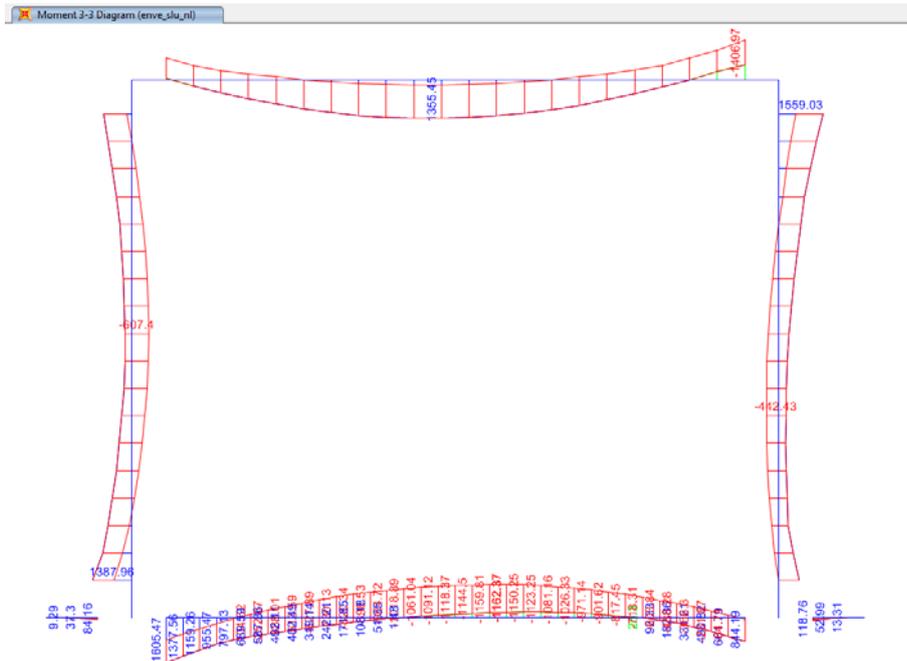


Figura 24 – Momento flettente enve-SLU.

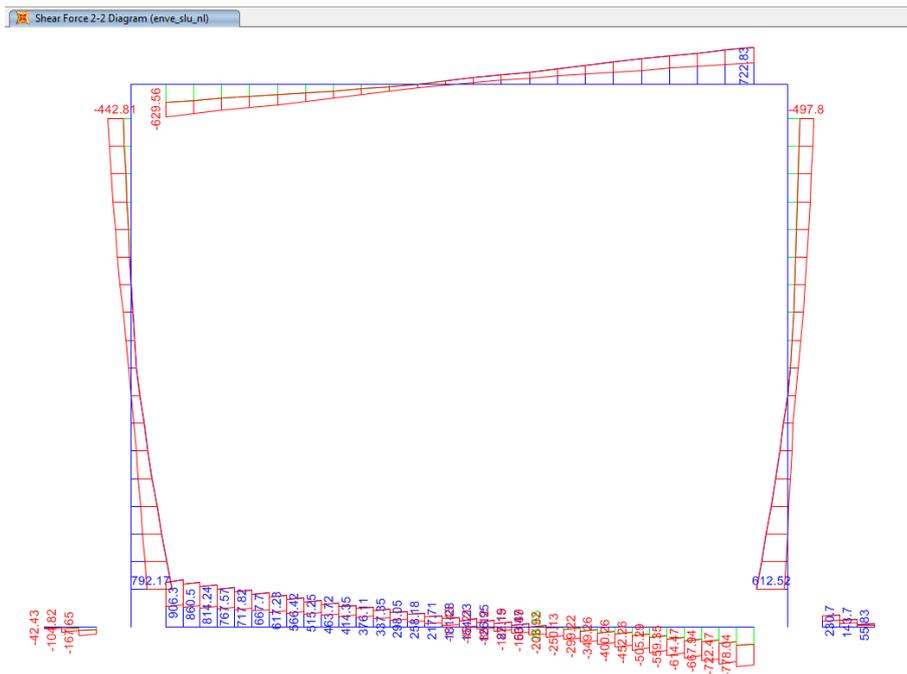
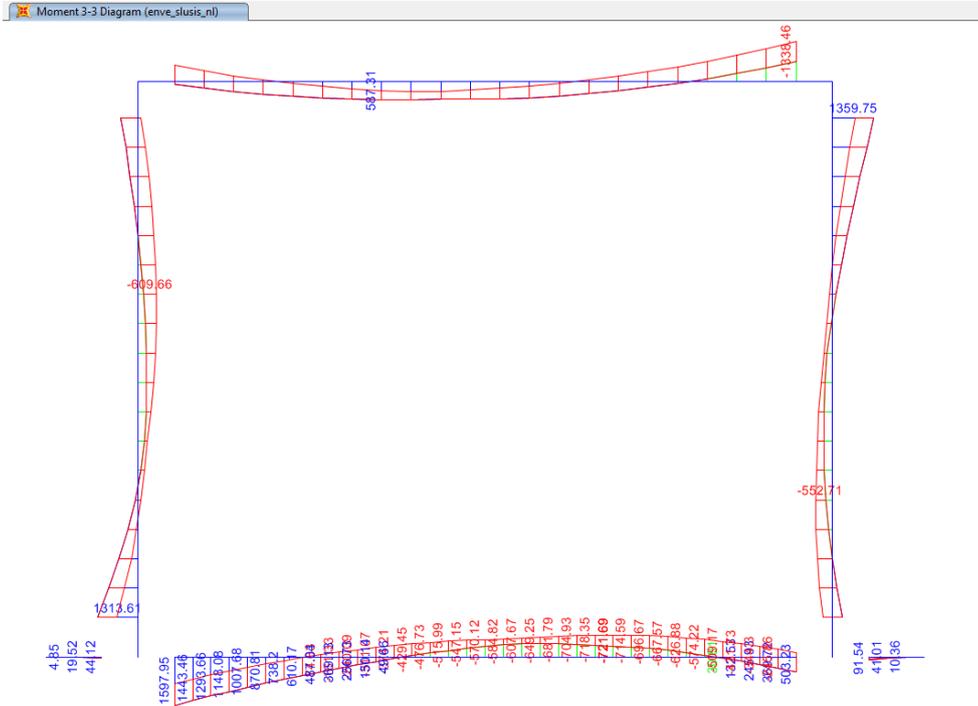


Figura 25 – Taglio enve-SLU.

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	42 di 70



GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	43 di 70

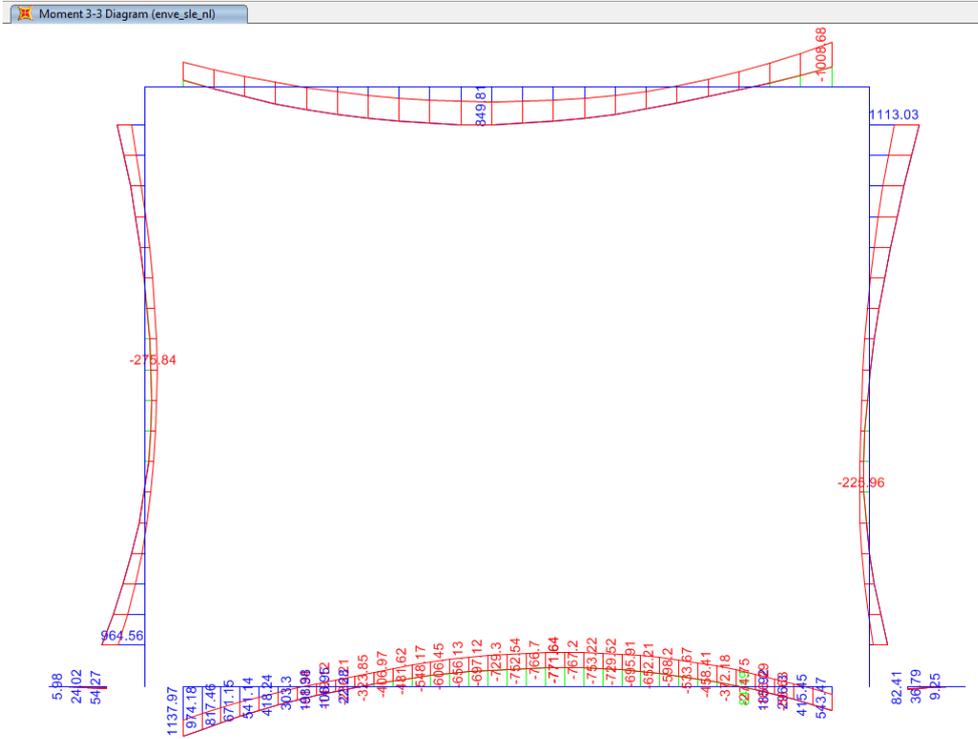


Figura 28 – Momento flettente enve-SLE.

## 9.1 Verifica soletta superiore

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

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-414.77	-16.01	<b>587.31</b>	3	4.00	sis10_nl
M3	min	-519.60	516.33	<b>-1338.46</b>	3	10.80	sis15_nl
V2	max	-499.79	<b>516.33</b>	-1224.31	3	10.80	sis1_nl
V2	min	-371.04	<b>-381.90</b>	-416.80	3	0.60	sis3_nl
P	max	<b>-353.67</b>	-381.90	-306.24	3	0.60	sis14_nl
P	min	<b>-519.60</b>	516.33	-1338.46	3	10.80	sis15_nl

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-225.40	25.91	<b>1355.45</b>	3	5.46	slu19_nl
M3	min	-522.83	722.83	<b>-1406.97</b>	3	10.80	slu39_nl
V2	max	-477.43	<b>722.83</b>	-1187.16	3	10.80	slu5_nl
V2	min	-349.99	<b>-629.56</b>	-531.84	3	0.60	slu2_nl
P	max	<b>-195.24</b>	-591.36	-75.24	3	0.60	slu19_nl
P	min	<b>-537.19</b>	688.28	-1063.38	3	10.80	slu7_nl

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-308.91	23.54	<b>849.81</b>	3	5.46	rar2_nl
M3	min	-396.56	529.58	<b>-1008.68</b>	3	10.80	rar8_nl
V2	max	-365.97	<b>529.58</b>	-861.65	3	10.80	rar1_nl
V2	min	-321.35	<b>-447.53</b>	-358.81	3	0.60	rar18_nl
P	max	<b>-283.99</b>	-446.60	-163.10	3	0.60	rar15_nl
P	min	<b>-396.56</b>	529.58	-1008.68	3	10.80	rar8_nl

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-307.66	17.93	<b>779.21</b>	3	5.46	fre2_nl
M3	min	-372.46	500.03	<b>-914.28</b>	3	10.80	fre3_nl
V2	max	-355.09	<b>500.03</b>	-803.71	3	10.80	fre1_nl
V2	min	-317.97	<b>-427.92</b>	-367.29	3	0.60	fre9_nl
P	max	<b>-288.96</b>	-427.92	-205.60	3	0.60	fre10_nl
P	min	<b>-372.46</b>	500.03	-914.28	3	10.80	fre3_nl

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-293.46	1.10	<b>633.74</b>	3	5.46	qpe2_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	-339.83	411.39	<b>-740.45</b>	3	10.80	qpe3_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	-322.47	<b>411.39</b>	-629.89	3	10.80	qpe1_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	-322.47	<b>-371.88</b>	-428.43	3	0.60	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-293.46</b>	-371.88	-266.74	3	0.60	qpe2_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-339.83</b>	-371.88	-538.99	3	0.60	qpe3_nl

La soletta è armata a flessione in direzione trasversale con  $\Phi 26/10$  inferiormente e superiormente. Come armatura a taglio sono previste staffe  $\Phi 12/20$  a quattro braccia.

Avendo effettuato una modellazione piana della sezione trasversale, considerando una striscia di soletta di larghezza un metro, in direzione longitudinale la soletta viene armata considerando un'armatura pari al 20% di quella in direzione trasversale. Per tale motivo si considerano  $\Phi 20/20$  inferiormente e superiormente.

### 9.1.1 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol\_sup

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Poco aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>

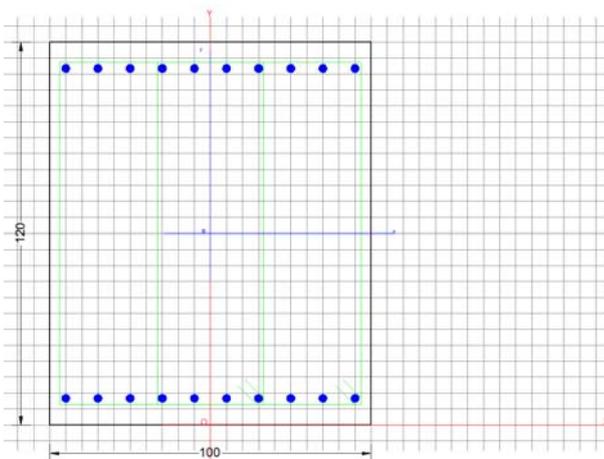
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	46 di 70

Resist. caratt. a rottura $f_{tk}$ :	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. a snerv. di progetto $f_{yd}$ :	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di progetto $f_{td}$ :	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di progetto $E_{pu}$ :	0.068	
Modulo Elastico $E_f$ :	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - $S_f$ Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm



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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	22540	135545	2591	0
2	52283	-140697	72283	0
3	47743	-118716	72283	0
4	34999	-53184	-62956	0
5	19524	-7524	-59136	0
6	53719	-106338	68828	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	30891	84981
2	39656	-100868
3	36597	-86165
4	32135	-35881

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	47 di 70

5	28399	-16310
6	39656	-100868

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	30766	77921 (99131)
2	37246	-91428 (-99445)
3	35509	-80371 (-100316)
4	31797	-36729 (-112447)
5	28896	-20560 (-132910)
6	37246	-91428 (-99445)

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	29346	63374 (100862)
2	33983	-74045 (-100756)
3	32247	-62989 (-102139)
4	32247	-42843 (-108934)
5	29346	-26674 (-120506)
6	33983	-53899 (-105376)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.5	cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	22540	135545	22564	232150	1.713	109.3	0.10	0.70	53.1 (24.0)
2	S	52283	-140697	52274	-247411	1.758	11.5	0.10	0.70	53.1 (24.0)
3	S	47743	-118716	47726	-245082	2.064	11.3	0.10	0.70	53.1 (24.0)
4	S	34999	-53184	35005	-238548	4.485	11.0	0.10	0.70	53.1 (24.0)
5	S	19524	-7524	19533	-230587	30.647	10.6	0.10	0.70	53.1 (24.0)
6	S	53719	-106338	53729	-248157	2.334	11.5	0.10	0.70	53.1 (24.0)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
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)  
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 compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	48 di 70

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	120.0	0.00078	111.7	-0.03306	8.3
2	0.00350	0.0	0.00096	8.3	-0.03063	111.7
3	0.00350	0.0	0.00094	8.3	-0.03099	111.7
4	0.00350	0.0	0.00086	8.3	-0.03203	111.7
5	0.00350	0.0	0.00076	8.3	-0.03332	111.7
6	0.00350	0.0	0.00097	8.3	-0.03052	111.7

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw  d	Ctg	Acw	AST
1	S	2591	49405	431974	88979 100.0	111.7	1.000	1.011	0.7
2	S	72283	53558	438204	88979 100.0	111.7	1.000	1.026	18.4
3	S	72283	52924	437253	88979 100.0	111.7	1.000	1.023	18.4
4	S	-62956	51145	434584	88979 100.0	111.7	1.000	1.017	16.0
5	S	-59136	48984	431343	88979 100.0	111.7	1.000	1.010	15.0
6	S	68828	53758	438504	88979 100.0	111.7	1.000	1.026	17.5

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	41.5	120.0	0.0	84.0	-1308	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	49.5	0.0	0.0	36.5	-1528	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	42.4	0.0	0.0	37.0	-1283	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	18.3	0.0	0.0	50.5	-400	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	8.4	0.0	0.0	67.6	-95	8.3	18.6	1857	53.1	9.3
6	S	49.5	0.0	0.0	36.5	-1528	8.3	20.8	2075	53.1	9.3

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00073	0.00031	0.50	0.60	0.000392 (0.000392)	411	0.161 (0.20)	98356
2	S	-0.00085	0.00037	0.50	0.60	0.000458 (0.000458)	411	0.188 (0.20)	-99089
3	S	-0.00071	0.00032	0.50	0.60	0.000385 (0.000385)	411	0.158 (0.20)	-99882
4	S	-0.00023	0.00014	0.50	0.60	0.000120 (0.000120)	411	0.049 (0.20)	-113414
5	S	-0.00006	0.00006	0.50	0.60	0.000028 (0.000028)	393	0.011 (0.20)	-149877
6	S	-0.00085	0.00037	0.50	0.60	0.000458 (0.000458)	411	0.188 (0.20)	-99089

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	38.2	120.0	0.0	83.5	-1179	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	44.9	0.0	0.0	36.7	-1374	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	39.6	0.0	0.0	37.3	-1185	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	18.8	0.0	0.0	49.9	-418	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	10.7	0.0	0.0	56.3	-159	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	44.9	0.0	0.0	36.7	-1374	8.3	20.8	2075	53.1	9.3

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00065	0.00029	0.50	0.60	0.000354 (0.000354)	411	0.145 (0.20)	99131
2	S	-0.00076	0.00034	0.50	0.60	0.000412 (0.000412)	411	0.169 (0.20)	-99445
3	S	-0.00066	0.00030	0.50	0.60	0.000356 (0.000356)	411	0.146 (0.20)	-100316
4	S	-0.00023	0.00014	0.50	0.60	0.000125 (0.000125)	411	0.051 (0.20)	-112447
5	S	-0.00009	0.00008	0.50	0.60	0.000048 (0.000048)	411	0.020 (0.20)	-132910
6	S	-0.00076	0.00034	0.50	0.60	0.000412 (0.000412)	411	0.169 (0.20)	-99445

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	31.3	120.0	0.0	82.3	-924	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	36.6	0.0	0.0	37.6	-1082	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	31.3	0.0	0.0	38.5	-893	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	21.9	0.0	0.0	47.9	-523	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	13.8	0.0	0.0	49.6	-260	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	27.1	0.0	0.0	40.7	-714	8.3	20.8	2075	53.1	9.3

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00051	0.00023	0.50	0.40	0.000277 (0.000277)	411	0.114 (0.20)	100862
2	S	-0.00060	0.00027	0.50	0.40	0.000325 (0.000325)	411	0.133 (0.20)	-100756
3	S	-0.00050	0.00023	0.50	0.40	0.000268 (0.000268)	411	0.110 (0.20)	-102139
4	S	-0.00029	0.00016	0.50	0.40	0.000157 (0.000157)	411	0.064 (0.20)	-108934
5	S	-0.00015	0.00010	0.50	0.40	0.000078 (0.000078)	411	0.032 (0.20)	-120506
6	S	-0.00040	0.00020	0.50	0.40	0.000214 (0.000214)	411	0.088 (0.20)	-105376

### 9.1.2 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol\_sup\_sisma

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	50 di 70

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	41477	58731	-1601	0
2	51960	-133846	51633	0
3	49979	-122431	51633	0
4	37104	-41680	-38190	0
5	35367	-30624	-38190	0
6	51960	-133846	51633	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copri ferro netto minimo staffe:	2.5	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
--------	-----	---	----	------	-------	----------	----	-----	--------	---------

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	51 di 70

1	S	41477	58731	41482	231006	3.933	87.9	0.29	0.80	53.1 (24.0)
2	S	51960	-133846	51968	-235737	1.761	32.8	0.29	0.81	53.1 (24.0)
3	S	49979	-122431	49986	-234844	1.918	32.6	0.29	0.81	53.1 (24.0)
4	S	37104	-41680	37131	-229036	5.495	31.8	0.29	0.80	53.1 (24.0)
5	S	35367	-30624	35379	-228242	7.453	31.7	0.28	0.80	53.1 (24.0)
6	S	51960	-133846	51968	-235737	1.761	32.8	0.29	0.81	53.1 (24.0)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00079	120.0	0.00059	111.7	-0.00196	8.3
2	0.00081	0.0	0.00061	8.3	-0.00196	111.7
3	0.00081	0.0	0.00060	8.3	-0.00196	111.7
4	0.00078	0.0	0.00058	8.3	-0.00196	111.7
5	0.00078	0.0	0.00057	8.3	-0.00196	111.7
6	0.00081	0.0	0.00061	8.3	-0.00196	111.7

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	-1601	52049	435940	88979 100.0	111.7	1.000	1.020	0.4
2	S	51633	53513	438136	88979 100.0	111.7	1.000	1.025	13.1
3	S	51633	53236	437721	88979 100.0	111.7	1.000	1.024	13.1
4	S	-38190	51438	435024	88979 100.0	111.7	1.000	1.018	9.7
5	S	-38190	51196	434661	88979 100.0	111.7	1.000	1.017	9.7
6	S	51633	53513	438136	88979 100.0	111.7	1.000	1.025	13.1

## 9.2 Verifica piedritti

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

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-581.29	-495.96	<b>1359.75</b>	2	8.90	sis15_nl
M3	min	-417.44	-24.48	<b>-609.66</b>	1	5.99	sis18_nl
V2	max	-577.54	<b>807.04</b>	1304.28	1	0.65	sis12_nl
V2	min	-581.29	<b>-495.96</b>	1359.75	2	8.90	sis15_nl
P	max	<b>-330.12</b>	-315.15	-8.68	1	8.90	sis2_nl
P	min	<b>-828.72</b>	278.09	-246.94	2	0.65	sis1_nl

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-816.61	-494.62	<b>1559.03</b>	2	8.90	slu39_nl
M3	min	-528.78	1.08	<b>-607.40</b>	1	5.02	slu13_nl
V2	max	-1034.73	<b>792.17</b>	1387.96	1	0.65	slu11_nl
V2	min	-782.07	<b>-497.80</b>	1190.80	2	8.90	slu7_nl
P	max	<b>-412.35</b>	-381.57	388.51	1	8.90	slu12_nl
P	min	<b>-1335.59</b>	362.97	365.74	2	0.65	slu32_nl

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-599.05	-373.77	<b>1113.03</b>	2	8.90	rar8_nl
M3	min	-619.09	-3.52	<b>-270.78</b>	1	5.02	rar25_nl
V2	max	-772.32	<b>573.45</b>	964.56	1	0.65	rar15_nl
V2	min	-599.05	<b>-373.77</b>	1113.03	2	8.90	rar8_nl
P	max	<b>-486.36</b>	-315.47	607.65	1	8.90	rar10_nl
P	min	<b>-846.47</b>	285.89	198.13	2	0.65	rar1_nl

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-568.15	-348.97	<b>1015.37</b>	2	8.90	fre3_nl
M3	min	-552.39	-12.53	<b>-275.84</b>	1	5.02	fre7_nl
V2	max	-750.08	<b>558.72</b>	901.98	1	0.65	fre10_nl
V2	min	-568.15	<b>-348.97</b>	1015.37	2	8.90	fre3_nl
P	max	<b>-435.95</b>	-258.04	321.03	1	8.90	fre7_nl
P	min	<b>-815.58</b>	297.46	224.42	2	0.65	fre1_nl

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-475.46	-314.28	<b>807.96</b>	2	8.90	qpe3_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	-552.39	-16.00	<b>-269.30</b>	1	5.02	qpe2_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	-683.38	<b>524.94</b>	740.12	1	0.65	qpe2_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	-475.46	<b>-314.28</b>	807.96	2	8.90	qpe3_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-435.95</b>	-290.52	485.35	1	8.90	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-722.88</b>	332.15	303.27	2	0.65	qpe1_nl

I piedritti sono armati a flessione in direzione trasversale con  $\Phi 26/10$  esternamente e internamente. Come armatura a taglio sono previste staffe  $\Phi 12/20$  a quattro braccia.

Avendo effettuato una modellazione piana della sezione trasversale, considerando una striscia di piedritto di larghezza un metro, in direzione longitudinale i piedritti sono armati considerando un'armatura pari al 20% di quella in direzione trasversale. Per tale motivo si considerano  $\Phi 20/20$  internamente e esternamente.

## 9.2.1 Verifica in condizioni statiche

### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>

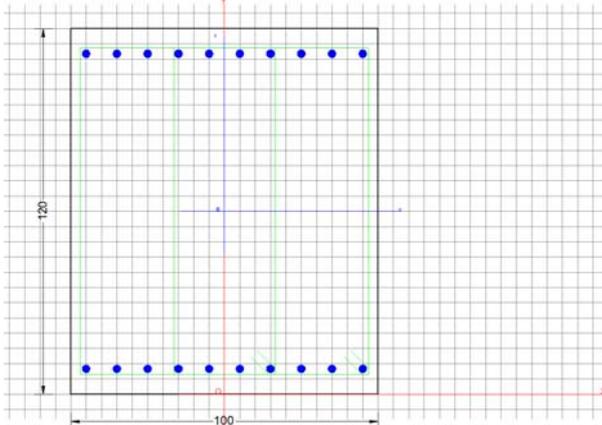
GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	54 di 70

Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm



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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	81661	155903	-49462	0
2	52878	-60740	108	0
3	103473	138796	79217	0
4	78207	119080	-49780	0
5	41235	38851	-38157	0
6	133559	36574	36297	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	59905	111303
2	61909	-27078
3	77232	96456
4	59905	111303
5	48636	60765
6	84647	19813

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	56815	101537 (103415)
2	55239	-27584 (-166415)
3	75008	90198 (111363)
4	56815	101537 (103415)
5	43595	32103 (130816)
6	81558	22442 (534768)

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	47546	80796 (104205)
2	55239	-26930 (-169904)
3	68338	74012 (114326)
4	47546	80796 (104205)
5	43595	48535 (113499)
6	72288	30327 (198318)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 2.5 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
 As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	81661	155903	81683	262441	1.683	107.7	0.11	0.70	53.1 (24.0)
2	S	52878	-60740	52898	-247731	4.079	11.5	0.10	0.70	53.1 (24.0)
3	S	103473	138796	103471	273504	1.971	107.1	0.12	0.70	53.1 (24.0)
4	S	78207	119080	78185	260658	2.189	107.8	0.11	0.70	53.1 (24.0)
5	S	41235	38851	41243	241755	6.223	108.8	0.10	0.70	53.1 (24.0)
6	S	133559	36574	133570	288681	7.893	106.1	0.12	0.70	53.1 (24.0)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 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)  
 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 compressione)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb      ec max      Yc max      es min      Ys min      es max      Ys max

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	56 di 70

1	0.00350	120.0	0.00113	111.7	-0.02833	8.3
2	0.00350	0.0	0.00097	8.3	-0.03058	111.7
3	0.00350	120.0	0.00125	111.7	-0.02672	8.3
4	0.00350	120.0	0.00111	111.7	-0.02860	8.3
5	0.00350	120.0	0.00090	111.7	-0.03152	8.3
6	0.00350	120.0	0.00141	111.7	-0.02461	8.3

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	-49462	57660	444356	88979 100.0	111.7	1.000	1.040	12.6
2	S	108	53641	438328	88979 100.0	111.7	1.000	1.026	0.0
3	S	79217	60705	448925	88979 100.0	111.7	1.000	1.051	20.1
4	S	-49780	57177	443633	88979 100.0	111.7	1.000	1.038	12.7
5	S	-38157	52015	435890	88979 100.0	111.7	1.000	1.020	9.7
6	S	36297	64906	455226	88979 100.0	111.7	1.000	1.065	9.2

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	55.4	120.0	0.0	81.1	-1555	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	14.3	0.0	0.0	80.0	-93	8.3	13.9	1393	53.1	9.3
3	S	49.0	120.0	0.0	76.5	-1151	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	55.4	120.0	0.0	81.1	-1555	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	30.9	120.0	0.0	76.5	-725	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	12.6	120.0	0.0	1.4	11	111.7	0.5	46	53.1	9.3

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	57 di 70

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00087	0.00042	0.50	0.60	0.000466 (0.000466)	411	0.192 (0.20)	102839
2	S	-0.00006	0.00011	0.50	0.60	0.000028 (0.000028)	354	0.010 (0.20)	-189063
3	S	-0.00065	0.00037	0.50	0.60	0.000345 (0.000345)	411	0.142 (0.20)	110399
4	S	-0.00087	0.00042	0.50	0.60	0.000466 (0.000466)	411	0.192 (0.20)	102839
5	S	-0.00041	0.00023	0.50	0.60	0.000217 (0.000217)	411	0.089 (0.20)	110390
6	S	0.00000	0.00009	0.50	0.60	0.000003 (0.000003)	242	0.001 (0.20)	3981845

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	50.6	120.0	0.0	80.7	-1401	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	14.6	0.0	0.0	70.9	-126	8.3	16.4	1639	53.1	9.3
3	S	45.9	120.0	0.0	75.9	-1055	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	50.6	120.0	0.0	80.7	-1401	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	16.7	120.0	0.0	64.8	-258	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	13.3	120.0	0.0	11.6	-6	111.7	3.9	388	53.1	9.3

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00078	0.00038	0.50	0.60	0.000420 (0.000420)	411	0.173 (0.20)	103415
2	S	-0.00008	0.00011	0.50	0.60	0.000038 (0.000038)	374	0.014 (0.20)	-166415
3	S	-0.00059	0.00034	0.50	0.60	0.000316 (0.000316)	411	0.130 (0.20)	111363
4	S	-0.00078	0.00038	0.50	0.60	0.000420 (0.000420)	411	0.173 (0.20)	103415
5	S	-0.00015	0.00013	0.50	0.60	0.000078 (0.000078)	411	0.032 (0.20)	130816
6	S	-0.00001	0.00010	0.50	0.60	0.000002 (0.000002)	270	0.000 (0.20)	534768

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	40.4	120.0	0.0	80.2	-1096	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	14.3	0.0	0.0	72.2	-118	8.3	16.0	1597	53.1	9.3
3	S	37.9	120.0	0.0	74.1	-815	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	40.4	120.0	0.0	80.2	-1096	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	24.8	120.0	0.0	74.6	-544	111.7	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	16.3	120.0	0.0	39.3	-94	111.7	13.1	1311	53.1	9.3

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00061	0.00030	0.50	0.40	0.000329 (0.000329)	411	0.135 (0.20)	104205
2	S	-0.00007	0.00011	0.50	0.40	0.000035 (0.000035)	371	0.013 (0.20)	-169904
3	S	-0.00046	0.00028	0.50	0.40	0.000245 (0.000245)	411	0.100 (0.20)	114326
4	S	-0.00061	0.00030	0.50	0.40	0.000329 (0.000329)	411	0.135 (0.20)	104205
5	S	-0.00031	0.00019	0.50	0.40	0.000163 (0.000163)	411	0.067 (0.20)	113499
6	S	-0.00006	0.00012	0.50	0.40	0.000028 (0.000028)	347	0.010 (0.20)	198318

**9.2.2 Verifica in condizioni sismiche**

**DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.**

NOME SEZIONE: pied\_sisma

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	58 di 70

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	120.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	58129	135975	-49596	0
2	41744	-60966	-2448	0
3	57754	130428	80704	0
4	58129	135975	-49596	0
5	33012	-868	-31515	0
6	82872	-24694	27809	0

### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copri ferro netto minimo staffe:	2.5	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
--------	-----	---	----	------	-------	----------	----	-----	--------	---------

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	59 di 70

1	S	58129	135975	58138	238503	1.754	86.9	0.30	0.81	53.1 (24.0)
2	S	41744	-60966	41764	-231134	3.791	32.1	0.29	0.80	53.1 (24.0)
3	S	57754	130428	57739	238324	1.827	86.9	0.30	0.81	53.1 (24.0)
4	S	58129	135975	58138	238503	1.754	86.9	0.30	0.81	53.1 (24.0)
5	S	33012	-868	33026	-227171	261.717	31.6	0.28	0.79	53.1 (24.0)
6	S	82872	-24694	82879	-249496	10.104	34.6	0.31	0.83	53.1 (24.0)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00082	120.0	0.00062	111.7	-0.00196	8.3
2	0.00079	0.0	0.00059	8.3	-0.00196	111.7
3	0.00082	120.0	0.00062	111.7	-0.00196	8.3
4	0.00082	120.0	0.00062	111.7	-0.00196	8.3
5	0.00077	0.0	0.00057	8.3	-0.00196	111.7
6	0.00088	0.0	0.00067	8.3	-0.00196	111.7

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw  d	Ctg	Acw	ASt
1	S	-49596	54374	439428	88979 100.0	111.7	1.000	1.028	12.6
2	S	-2448	52086	435996	88979 100.0	111.7	1.000	1.020	0.6
3	S	80704	54322	439349	88979 100.0	111.7	1.000	1.028	20.5
4	S	-49596	54374	439428	88979 100.0	111.7	1.000	1.028	12.6
5	S	-31515	50867	434167	88979 100.0	111.7	1.000	1.016	8.0
6	S	27809	57829	444610	88979 100.0	111.7	1.000	1.041	7.1

### 9.3 Verifica soletta inferiore

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

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-1045.97	504.09	<b>1597.95</b>	401	0.00	sis10_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	-1011.24	20.65	<b>-721.69</b>	424	0.30	sis9_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	-1045.97	<b>525.84</b>	1443.46	401	0.30	sis10_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	-797.86	<b>-455.91</b>	369.72	434	0.00	sis14_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-110.65</b>	-9.27	0.00	701	0.00	sis1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-1047.23</b>	492.96	1593.77	401	0.00	sis12_nl

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-1089.31	747.12	<b>1605.47</b>	401	0.00	slu11_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	-995.65	30.55	<b>-1162.37</b>	420	0.30	slu32_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	-1079.21	<b>906.30</b>	1279.27	401	0.30	slu31_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	-1079.21	<b>-778.04</b>	517.84	434	0.00	slu31_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-64.81</b>	-34.90	0.00	701	0.00	slu20_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-1089.31</b>	747.12	1605.47	401	0.00	slu11_nl

SLE - RARA		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-793.55	535.09	<b>1137.97</b>	401	0.00	rar15_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	-737.65	25.99	<b>-771.64</b>	420	0.30	rar3_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	-793.55	<b>556.84</b>	974.18	401	0.30	rar15_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	-790.97	<b>-489.27</b>	264.85	434	0.00	rar2_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-112.52</b>	-24.03	0.00	701	0.00	rar10_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-793.55</b>	535.09	1137.97	401	0.00	rar15_nl

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

SLE - FREQUENTE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-777.57	514.28	<b>1078.09</b>	401	0.00	fre10_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	-729.27	17.60	<b>-720.69</b>	420	0.30	fre3_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	-777.57	<b>536.03</b>	920.54	401	0.30	fre10_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	-775.64	<b>-476.03</b>	292.12	434	0.00	fre2_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-110.65</b>	-20.53	0.00	701	0.00	fre7_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-777.57</b>	514.28	1078.09	401	0.00	fre10_nl

SLE - Q.P.		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
<b>M3</b>	<b>max</b>	-740.05	452.82	<b>929.88</b>	401	0.00	qpe2_nl
<b>M3</b>	<b>min</b>	-693.68	19.48	<b>-600.83</b>	419	0.30	qpe3_nl
<b>V2</b>	<b>max</b>	-740.05	<b>474.57</b>	790.77	401	0.30	qpe2_nl
<b>V2</b>	<b>min</b>	-740.05	<b>-437.28</b>	405.06	434	0.00	qpe2_nl
<b>P</b>	<b>max</b>	<b>-110.65</b>	-20.94	0.00	701	0.00	qpe1_nl
<b>P</b>	<b>min</b>	<b>-740.05</b>	452.82	929.88	401	0.00	qpe2_nl

La soletta è armata a flessione in direzione trasversale con  $\Phi 26/10$  inferiormente e superiormente. Come armatura a taglio sono previste staffe  $\Phi 12/20$  a quattro braccia.

Avendo effettuato una modellazione piana della sezione trasversale, considerando una striscia di soletta di larghezza un metro, in direzione longitudinale la soletta viene armata considerando un'armatura pari al 20% di quella in direzione trasversale. Per tale motivo si considerano  $\Phi 20/20$  inferiormente e superiormente.

### 9.3.1 Verifica in condizioni statiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol\_inf

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettilineare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

C30/37

Resistenza compress. di progetto fcd:

170.00 daN/cm<sup>2</sup>

Resistenza compress. ridotta fcd':

85.00 daN/cm<sup>2</sup>

Deform. unitaria max resistenza ec2:

0.0020

Deformazione unitaria ultima ecu:

0.0035

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

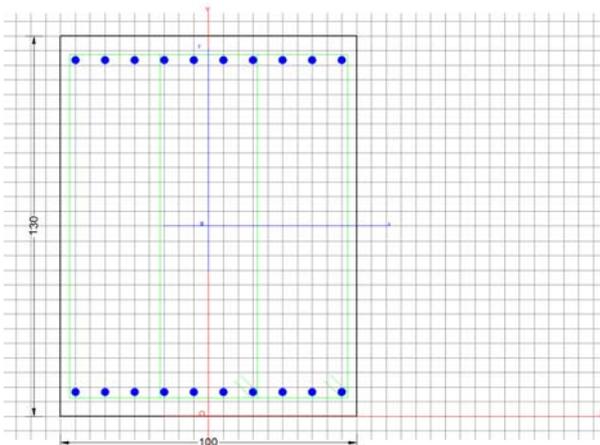
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	62 di 70

Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale $E_c$ :	328360 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :	29.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00 daN/cm <sup>2</sup>
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento $f_{yk}$ :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura $f_{tk}$ :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto $f_{yd}$ :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto $f_{td}$ :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto $E_{pu}$ :	0.068
	Modulo Elastico $E_f$ :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Comb.Rare - $S_f$ Limite:	3375.0 daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	130.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm



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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	108931	160547	74712	0
2	99565	-116237	3055	0
3	107921	127927	90630	0
4	107921	51784	-77804	0
5	6481	10	-3490	0
6	108931	160547	74712	0

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	<b>GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<b>COMMESSA</b> <b>RS3T</b>	<b>LOTTO</b> <b>30 D 26</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA 02 0 0 001</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	79355	113797
2	73765	-77164
3	79355	97418
4	79097	26485
5	11252	0
6	79355	113797

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

NSforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	77757	107809 (127188)
2	72927	-72069 (-139362)
3	77757	92054 (132088)
4	77564	29212 (303726)
5	11065	0 (0)
6	77757	107809 (127188)

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	74005	92988 (130105)
2	69368	-60083 (-146230)
3	74005	79077 (135957)
4	74005	40506 (190496)
5	11065	0 (0)
6	74005	92988 (130105)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 2.5 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	108931	160547	108917	302482	1.884	116.9	0.11	0.70	53.1 (26.0)
2	S	99565	-116237	99544	-297269	2.557	12.8	0.11	0.70	53.1 (26.0)
3	S	107921	127927	107926	301931	2.360	116.9	0.11	0.70	53.1 (26.0)
4	S	107921	51784	107926	301931	5.831	116.9	0.11	0.70	53.1 (26.0)

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	64 di 70

5	S	6481	10	6466	24494824494.842	119.7	0.08	0.70	53.1 (26.0)
6	S	108931	160547	108917	302482	1.884	0.11	0.70	53.1 (26.0)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	130.0	0.00128	121.7	-0.02900	8.3
2	0.00350	0.0	0.00123	8.3	-0.02974	121.7
3	0.00350	130.0	0.00128	121.7	-0.02908	8.3
4	0.00350	130.0	0.00128	121.7	-0.02908	8.3
5	0.00350	130.0	0.00068	121.7	-0.03782	8.3
6	0.00350	130.0	0.00128	121.7	-0.02900	8.3

#### ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm <sup>2</sup> /m]

#### VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro   Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm <sup>2</sup> /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt	
1	S	74712	63664	488448	96945	100.0	121.7	1.000	1.049	17.4
2	S	3055	62349	486475	96945	100.0	121.7	1.000	1.045	0.7
3	S	90630	63522	488235	96945	100.0	121.7	1.000	1.049	21.1
4	S	-77804	63522	488235	96945	100.0	121.7	1.000	1.049	18.2
5	S	-3490	49278	466869	96945	100.0	121.7	1.000	1.003	0.8
6	S	74712	63664	488448	96945	100.0	121.7	1.000	1.049	17.4

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	50.3	130.0	0.0	84.7	-1272	121.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	34.7	0.0	0.0	51.5	-716	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	43.4	130.0	0.0	82.1	-1003	121.7	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	13.0	130.0	0.0	21.1	-23	121.7	7.1	710	53.1	9.3
5	S	0.8	130.0	0.8	0.0	12	121.7	0.0	2075	0.0	0.0

GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	65 di 70

6	S	50.3	130.0	0.0	84.7	-1272	121.7	20.8	2075	53.1	9.3
---	---	------	-------	-----	------	-------	-------	------	------	------	-----

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver Esito verifica  
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 K2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e2)$  in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC  
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2  
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es  
 srm Distanza massima in mm tra le fessure  
 wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.  
 M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00071	0.00038	0.50	0.60	0.000382 (0.000382)	411	0.157 (0.20)	126280
2	S	-0.00040	0.00026	0.50	0.60	0.000215 (0.000215)	411	0.088 (0.20)	-136840
3	S	-0.00056	0.00033	0.50	0.60	0.000301 (0.000301)	411	0.124 (0.20)	130859
4	S	-0.00002	0.00010	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	297	0.002 (0.20)	398463
5	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0
6	S	-0.00071	0.00038	0.50	0.60	0.000382 (0.000382)	411	0.157 (0.20)	126280

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	47.8	130.0	0.0	84.1	-1185	121.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	32.5	0.0	0.0	52.8	-641	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	41.1	130.0	0.0	81.4	-928	121.7	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	13.9	130.0	0.0	29.3	-45	121.7	10.0	997	53.1	9.3
5	S	0.8	130.0	0.8	0.0	11	121.7	0.0	2075	0.0	0.0
6	S	47.8	130.0	0.0	84.1	-1185	121.7	20.8	2075	53.1	9.3

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00066	0.00036	0.50	0.60	0.000356 (0.000356)	411	0.146 (0.20)	127188
2	S	-0.00036	0.00024	0.50	0.60	0.000192 (0.000192)	411	0.079 (0.20)	-139362
3	S	-0.00052	0.00031	0.50	0.60	0.000278 (0.000278)	411	0.114 (0.20)	132088
4	S	-0.00003	0.00010	0.50	0.60	0.000014 (0.000014)	321	0.004 (0.20)	303726
5	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0
6	S	-0.00066	0.00036	0.50	0.60	0.000356 (0.000356)	411	0.146 (0.20)	127188

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	41.4	130.0	0.0	82.5	-970	121.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	27.2	0.0	0.0	56.4	-476	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	35.5	130.0	0.0	79.3	-745	121.7	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	18.6	130.0	0.0	54.5	-171	121.7	18.2	1821	53.1	9.3
5	S	0.8	130.0	0.8	0.0	11	121.7	0.0	2075	0.0	0.0
6	S	41.4	130.0	0.0	82.5	-970	121.7	20.8	2075	53.1	9.3

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00054	0.00031	0.50	0.40	0.000291 (0.000291)	411	0.120 (0.20)	130105
2	S	-0.00027	0.00020	0.50	0.40	0.000143 (0.000143)	411	0.059 (0.20)	-146230
3	S	-0.00042	0.00027	0.50	0.40	0.000223 (0.000223)	411	0.092 (0.20)	135957
4	S	-0.00010	0.00014	0.50	0.40	0.000051 (0.000051)	390	0.020 (0.20)	190496
5	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0
6	S	-0.00054	0.00031	0.50	0.40	0.000291 (0.000291)	411	0.120 (0.20)	130105

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI</b>					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA 02 0 0 001</b>	REV. <b>B</b>

### 9.3.2 Verifica in condizioni sismiche

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol\_inf\_sisma

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettagonolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm <sup>2</sup>	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	130.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	104597	159795	50409	0
2	101124	-72169	2065	0
3	104597	144346	52584	0
4	79786	36972	-45591	0
5	11065	10	-927	0
6	104723	159377	49296	0

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

**GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA 02 0 0 001	B	67 di 70

Copriferro netto minimo staffe: 2.5 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]  
 As Tesa Area armature long. trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	104597	159795	104584	283399	1.774	92.3	0.31	0.83	53.1 (26.0)
2	S	101124	-72169	101114	-281742	3.904	37.5	0.31	0.82	53.1 (26.0)
3	S	104597	144346	104584	283399	1.963	92.3	0.31	0.83	53.1 (26.0)
4	S	79786	36972	79766	271479	7.343	93.8	0.30	0.81	53.1 (26.0)
5	S	11065	10	11065	23754923754.854		98.3	0.26	0.77	53.1 (26.0)
6	S	104723	159377	104708	283458	1.779	92.3	0.31	0.83	53.1 (26.0)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 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)  
 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 compressione)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00088	130.0	0.00068	121.7	-0.00196	8.3
2	0.00087	0.0	0.00068	8.3	-0.00196	121.7
3	0.00088	130.0	0.00068	121.7	-0.00196	8.3
4	0.00083	130.0	0.00064	121.7	-0.00196	8.3
5	0.00069	130.0	0.00051	121.7	-0.00196	8.3
6	0.00088	130.0	0.00068	121.7	-0.00196	8.3

**ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE**

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]  
 N.Bracci staffe: 4  
 Area staffe/m : 22.6 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

**VERIFICHE A TAGLIO**

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.  
 Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
 bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	50409	63056	487535	96945 100.0	121.7	1.000	1.047	11.8
2	S	2065	62568	486804	96945 100.0	121.7	1.000	1.046	0.5
3	S	52584	63056	487535	96945 100.0	121.7	1.000	1.047	12.3
4	S	-45591	59572	482309	96945 100.0	121.7	1.000	1.036	10.6
5	S	-927	49922	467834	96945 100.0	121.7	1.000	1.005	0.2
6	S	49296	63073	487562	96945 100.0	121.7	1.000	1.047	11.5

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GALLERIE ARTIFICIALI					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA 02 0 0 001	REV. B

#### 9.4 Riepilogo verifiche

		ARMATURA		SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		SOLLECITAZIONI RESISTENTI		FS
		INF.	SUP.	SFORZO ASSIALE	MOMENTO FLETTENTE	SFORZO ASSIALE	MOMENTO FLETTENTE	
				N (KN)	Mx (KNm)	N_res (KN)	Mx_res (KNm)	
<b>SOLETTA SUPERIORE</b>	mezzeria	Φ26/10	Φ26/10	225.4	1355.45	225.65	2321.5	1.71
	estremità	Φ26/10	Φ26/10	522.83	-1406.97	522.74	-2474.11	1.76
<b>PIEDRITTI</b>	estremità	Φ26/10	Φ26/10	816.64	1559.03	816.83	2624.41	1.68
<b>SOLETTA INFERIORE</b>	estremità	Φ26/10	Φ26/10	1045.97	1597.95	1045.84	2833.99	1.77
	mezzeria	Φ26/10	Φ26/10	995.65	-1162.37	1089.17	-2972.69	1.88

#### 10. INCIDENZE

Parte d'opera	Incidenza (kg/m <sup>3</sup> )
Soletta superiore	140
Piedritti	140
Soletta inferiore	130

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) GALLERIE ARTIFICIALI					
	GA02 - GALLERIA ARTIFICIALE DA pk 2+251 A pk 2+401 - RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA 02 0 0 001	REV. B

## 11. VERIFICA A SOLLEVAMENTO

Si riporta di seguito la verifica nei confronti dello stato limite di sollevamento (UPL) secondo il par. 6.2.4.2 delle NTC2018.

La quota di falda di progetto assunta nel calcolo è pari a – 2.5 m rispetto al p.c.

Nel considerare le forze resistenti al sollevamento è stato preso in conto il contributo del peso proprio della galleria e del peso del terreno gravante sulla galleria stessa.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante  $V_{inst,d}$ , combinazioni di azioni permanenti ( $G_{inst,d}$ ) e variabili ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ).

$$G_{inst,d} + Q_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$$

Si riportano di seguito i coefficienti parziali.

**Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento**

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_G$ )	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(a)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

<sup>(a)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{qs}$

Nel caso in esame si deve quindi verificare che:

$$\gamma_{G1,w} * S_w \leq \gamma_{G1,pp} * (W_{cls} + W_{terr})$$

in cui:

$$\gamma_{G1,w} = 1.1 \quad \gamma_{G1,pp} = 0.9 \quad S_w = \gamma_w * H_w * L$$

con  $H_w$  differenza di quota tra superficie piezometrica e fondo scavo e L lunghezza trasversale della soletta inferiore.

A seguire si riporta la verifica nella configurazione più gravosa ovvero considerando il ricoprimento minimo.

$L_1$	12.6 m	lunghezza soletta superiore
$S_{sup}$	1.2 m	spessore soletta superiore
$h_{netta}$	8.25 m	altezza interna galleria
$L_2$	0.9 m	lunghezza sbalzi soletta inferiore
$L_3$	14.4 m	lunghezza soletta inferiore
$S_{inf}$	1.3 m	spessore soletta inferiore
$S_{pied}$	1.2 m	spessore piedritti
$A$	53.64 m <sup>2</sup>	area sezione trasversale galleria
$W_{pg}$	1341 kN/m	peso sezione trasversale galleria
$\gamma_t$	20 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico terreno di ricoprimento
$h_1$	0 m	altezza ricoprimento su soletta superiore
$W_{prs}$	0 kN/m	peso ricoprimento su soletta superiore
$\gamma_t$	20 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico riempimento
$h_1$	9.45 m	altezza riempimento su sbalzi soletta inferiore
$W_{pri}$	340.2 kN/m	peso riempimento su sbalzi soletta inferiore
$W_{stab,k}$	1681.20 kN/m	azione stabilizzante di calcolo
$\gamma_{g1,fav}$	0.9	
$W_{stab,d}$	1513.08 kN/m	<b>azione stabilizzante di progetto</b>
$\gamma_w$	10 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico H <sub>2</sub> O
$H_w$	8.25 m	altezza H <sub>2</sub> O da intradosso soletta inferiore
$L$	14.4 m	
$G_{inst,k}$	1188.00 kN/m	azione instabilizzante di calcolo
$\gamma_{g1,fav}$	1.1	
$G_{inst,d}$	1306.80 kN/m	<b>azione instabilizzante di progetto</b>
<b>FS</b>	1.16 ≥ 1	<b>verifica soddisfatta.</b>