

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA LERCARA DIR – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Galleria Artificiale GA01

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 26 CL GA0100 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Gennaio 2020	F. Coppini	Gennaio 2020	A. Barreca	Gennaio 2020	F. Saccoccia Aprile 2020
B	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Aprile 2020	F. Coppini	Aprile 2020	A. Barreca	Aprile 2020	ITALFERR - UC/INFRASTRUTTURE NORD Dott. Ing. Francesco Saccoccia Ordine degli Ingegneri della Provincia di Messina n. 23472 Sez. A

File: RS3T30D26CLGA0100001B

n. Elab.: 26 337

## INDICE

1	PREMESSA .....	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
3	MATERIALI .....	8
3.1	CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA PER ELEVAZIONI .....	8
3.2	CALCESTRUZZO PER TRAVI PREFABBRICATE IN C.A.O .....	8
3.3	CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA PER FONDAZIONI .....	9
3.4	CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONI .....	9
3.5	ACCIAIO PER C.A. ....	10
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	11
5	ANALISI DEI CARICHI .....	15
5.1	PESO PROPRIO (G1) .....	15
5.2	PERMANENTI PORTATI (G2) .....	15
5.2.1	<i>Massicciata, armamento e impermeabilizzazione</i> – $G_{2,1}$ .....	15
5.2.2	<i>Barriere antirumore</i> – $G_{2,2}$ .....	15
5.2.3	<i>Canalette impianti e impianti</i> – $G_{2,3}$ .....	16
5.3	AZIONI VARIABILI (Q) .....	17
5.3.1	<i>Treni di carico</i> (Q1,1 – Q1,2) .....	17
5.3.2	<i>Carichi sui marciapiedi</i> (Q2,1 – Q2,2) .....	21
5.3.3	<i>Forza centrifuga</i> (Q3,1-Q3,2) .....	21

5.3.4	<i>Serpeggio (Q4,1-Q4,2)</i> .....	22
5.4	AZIONI DINAMICHE .....	22
5.5	AZIONI DOVUTE AL DERAGLIAMENTO .....	23
5.6	AZIONI CLIMATICHE .....	26
5.6.1	<i>Variazione termica uniforme (Q5u)</i> .....	26
5.6.2	<i>Variazione termica differenziale (Q5d)</i> .....	26
5.6.3	<i>Vento (Q6,1-Q6,2-Q6,3)</i> .....	26
5.7	AZIONI INDIRETTE .....	28
5.7.1	<i>Ritiro e Viscosità (Q7)</i> .....	28
5.8	AZIONI SISMICHE (Ex - Ez) .....	31
5.8.1	<i>Individuazione della pericolosità del sito e strategia di progettazione</i> .....	32
5.9	AZIONI SISMICHE DA PESO PROPRIO E CARICHI PERMANENTI E VARIABILI .....	34
6	MODELLAZIONE E ANALISI SEZIONE 2 .....	36
6.1	MODELLO SLU/SLE .....	36
6.2	CARICHI .....	38
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO .....	41
6.3.1	<i>Combinazioni allo SLU</i> .....	42
6.3.2	<i>Combinazioni allo SLV</i> .....	44
6.3.3	<i>Combinazioni agli SLE</i> .....	45
7	VERIFICHE STRUTTURALI - SLU .....	46

7.1	FASE 1 .....	46
7.2	FASE 2 .....	48
7.2.1	<i>Verifica a Presso Flessione in Mezzeria – Fase 2</i> .....	49
7.3	FASE 3 .....	54
7.4	PIEDRITTO – SEZIONE S1 .....	56
7.4.1	<i>Verifiche a Pressoflessione</i> .....	56
7.4.2	<i>Verifica a taglio</i> .....	60
7.5	PIEDRITTO – SEZIONE S2 .....	62
7.5.1	<i>Verifiche a Pressoflessione</i> .....	62
7.5.2	<i>Verifica a taglio</i> .....	67
7.6	SOLETTONE SUPERIORE – SEZIONE S3 .....	69
7.6.1	<i>Verifiche a Pressoflessione</i> .....	69
7.7	SOLETTONE SUPERIORE – SEZIONE S4 .....	82
7.7.1	<i>Verifica a presso-flessione</i> .....	82
7.7.2	<i>Verifica a taglio</i> .....	89
7.8	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ DELL'IMPALCATO .....	92
8	MODELLAZIONE E ANALISI SEZIONE 1 .....	93
8.1	VERIFICHE STRUTTURALI – SLU/SLE .....	93
8.1.1	<i>Piedritto – Sezione S1</i> .....	93
8.1.2	<i>Piedritto – Sezione S2</i> .....	99

8.1.3	Solettone superiore – Sezione S3 .....	104
8.1.4	Solettone superiore – Sezione S4 .....	109
9	VERIFICHE STRUTTURALI MURO FRONTALE .....	116
10	VERIFICHE STRUTTURALI PLINTO.....	121
11	VERIFICHE STRUTTURALI PALO .....	121
12	MODELLAZIONE E ANALISI SEZIONE 3 .....	128
12.1	VERIFICHE STRUTTURALI – SLU/SLE.....	128
13	INCIDENZA ARMATURE .....	135

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento degli elementi in elevazione e fondazione della galleria artificiale GA01 posta tra le progressive km 1+263.81 e km 1+373.46 tratta Lercara Diramazione – Caltanissetta Xirbi, ricompresa tra le stazioni di Lercara dir (inclusa) e Caltanissetta Xirbi (inclusa) della tratta Caltanissetta Xirbi. La galleria permette il sovrappasso della nuova linea ferroviaria all'esistente linea storica.

La struttura risulta fondata su pali  $\phi 800$ . La canna di scavalco della linea storica presenta la soletta superiore realizzata tramite travi in c.a.o solidarizzate con getto in opera.

Nel seguito si procede dunque al calcolo dello stato di sollecitazione ed alle verifiche dei vari elementi costituenti la struttura in elevazione, nei confronti degli Stati Limite Ultimi strutturali di presso-flessione e taglio e gli Stati limite di Esercizio di fessurazione e tensionale



 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	7 di 135

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- [1] *D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- [2] *D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- [3] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- [4] *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 – Corpo Stradale*
- [5] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea*

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

### 3 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

#### 3.1 Calcestruzzo per getti in opera per elevazioni

Classe	C32/40	
$R_{ck} =$	40 MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	40 MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85	coeff. rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,5 -	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	18,13 MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3,02 MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} =$	3,63 MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,12 MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	33346 MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2	Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13894 MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto

#### 3.2 Calcestruzzo per travi prefabbricate in c.a.o

Classe	C37/45	
$R_{ck} =$	45 MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	37 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	53 MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85	coeff. rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,5 -	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	20.96 MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3,33 MPa	resistenza media a trazione semplice

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	9 di 135

$f_{cfm} =$	3,63 MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,32 MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	34545 MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2	Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13894 MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto

### 3.3 Calcestruzzo per getti in opera per fondazioni

Classe C28/35

$R_{ck} =$	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	28	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	36	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	15,87	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	2,77	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} =$	3,32	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	1,94	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	32.308	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13462	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto

### 3.4 Calcestruzzo per pali di fondazioni

Classe C25/30

$R_{ck} =$	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	25	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	33	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	14.17	MPa	resistenza di progetto

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	10 di 135

$f_{ctm} =$	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} =$	3.08	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	1.8	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	31476	MPa	Modulo elastico di progetto
$R_{ck} =$	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	25	MPa	resistenza caratteristica cilindrica

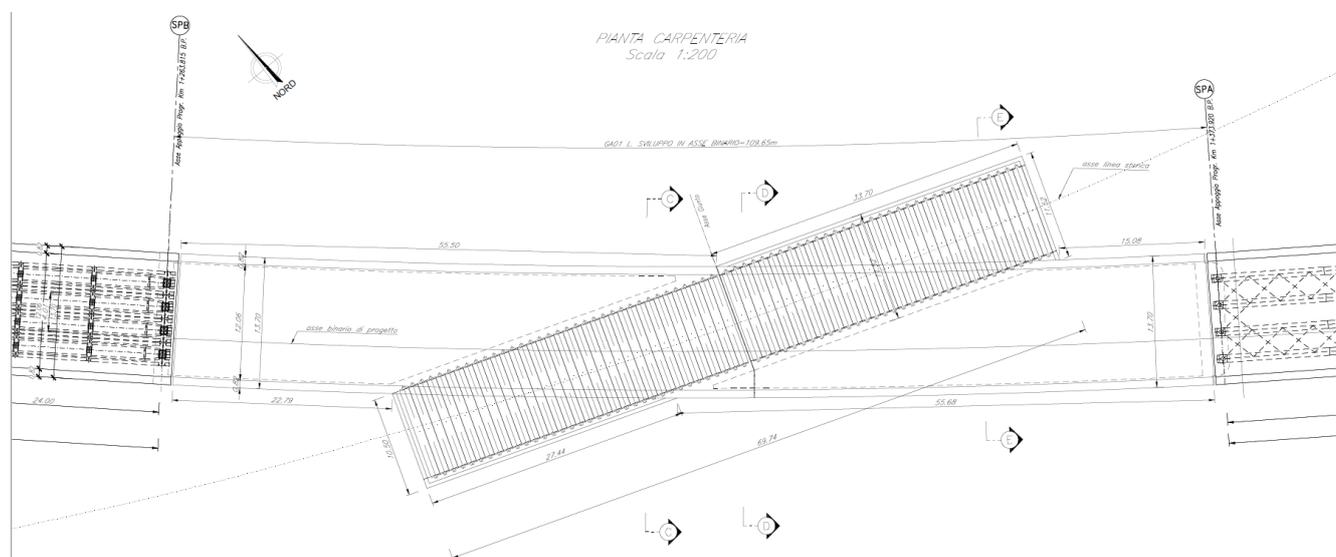
### 3.5 Acciaio per c.a.

B450C

$f_{yk} \geq$	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1,15		
$(f_t/f_y)_k <$	1,35		
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%		deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%		deformazione caratteristica ultima

#### 4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La galleria artificiale, a doppio binario, si estende nella tratta Lercara Dir. – Caltanissetta Xirbi (lotto 3) per uno sviluppo complessivo di 109 m.



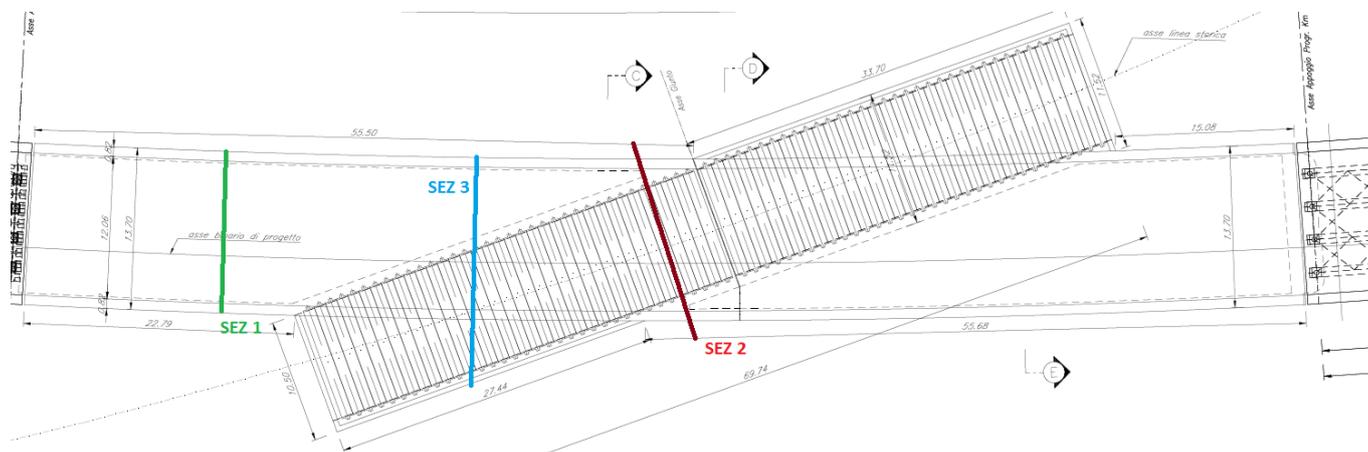
**Figura 1 – Stralcio planimetrico della GA01**

La tipologia strutturale in esame è costituita da una struttura scatolare in c.a. che ospita la nuova linea di progetto sulla suola superiore e la vecchia linea ferroviaria nel passaggio all'interno.

Si analizzeranno tre sezioni caratteristiche del manufatto in oggetto.

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	12 di 135



La sezione 1 prevede un telaio monocampata con fondazioni su pali e solettone interamente gettato in opera. La sezione 2 prevede un telaio monocampata con fondazioni su pali, dove al fine di non interrompere l'esercizio della linea esistente si è adottato per il solettone superiore travi prefabbricate con getto di completamento. La sezione 3 consta in un doppio telaio. In nessun caso è previsto l'uso di un solettone di fondo

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	13 di 135

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche principali del manufatto.

**SEZIONE 1 (solettone superiore totalmente gettato in opera)**

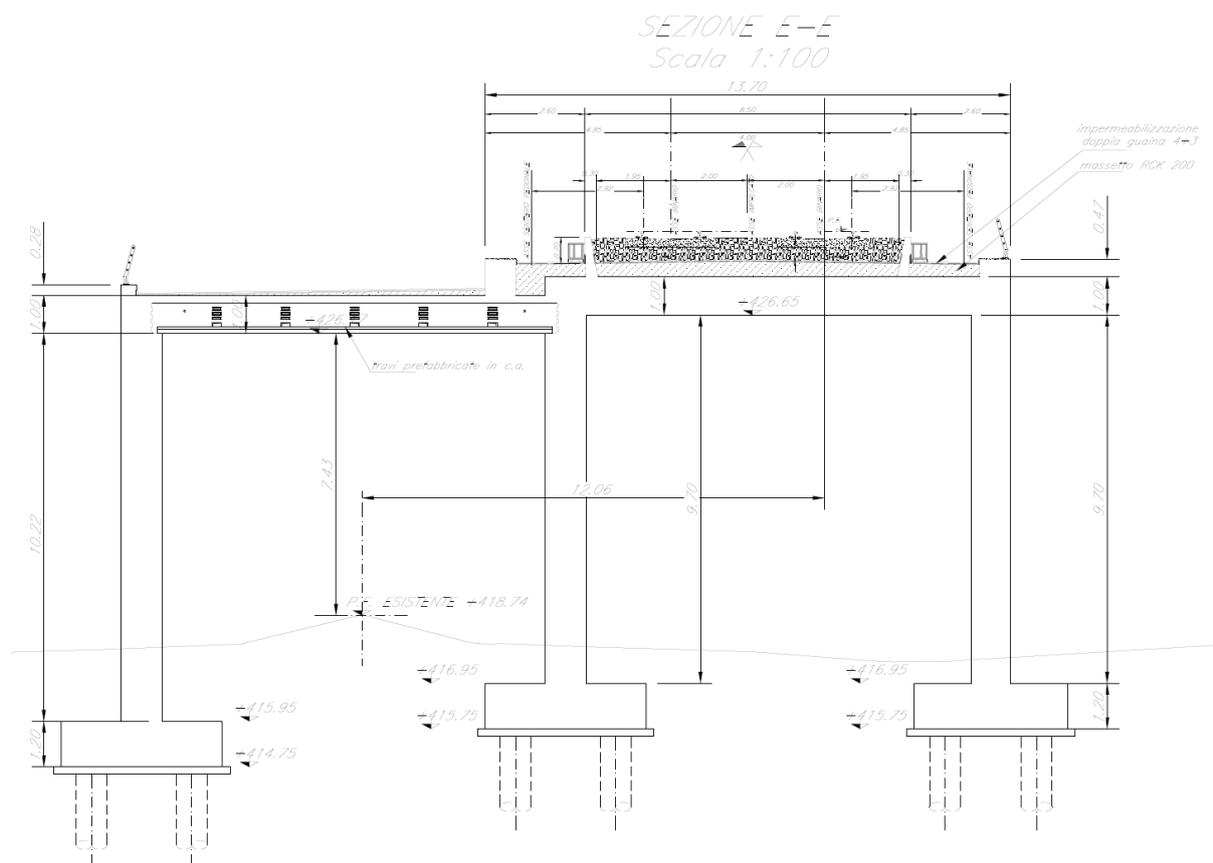
$S_s=$	1,00 m	Spessore soletta sup.
$S_p=$	1,00 m	Spessore piedritti
$L_{int}=$	11.60 m	Larghezza utile interna
$L_{tot}=$	10.60 m	Larghezza totale
$H_{int}=$	10.22 m	Altezza libera interna
$H_{tot}=$	12.70 m	Altezza totale

**SEZIONE 2 (solettone superiore con travi prefabbricate e getto di completamento)**

$S_{s1}=$	1,00 m	Spessore soletta sup.1
$S_p=$	2.3 m	Spessore piedritti
$L_{int1}=$	9.90 m	Larghezza utile interna 1
$L_{tot}=$	14.50 m	Larghezza totale
$H_{int}=$	10.22 m	Altezza libera interna
$H_{tot}=$	11.22 m	Altezza totale

La larghezza totale della piattaforma è pari a 13.70 m, in grado di ospitare il nuovo tipologico di B.A. previsto per il viadotto. Nell'analisi dei carichi sarà pertanto previsto il posizionamento di tale tipologia di barriere. L'armamento è di tipo convenzionale su ballast.

Nella figura seguente è riportata una sezione tipo della struttura.



**Figura 2– Sezione tipo del manufatto**

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	15 di 135

## 5 ANALISI DEI CARICHI

### 5.1 Peso proprio (G1)

Il carico delle strutture in c.a. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.

Sulla soletta superiore si considera inoltre un carico applicato uniformemente distribuito corrispondente a un massetto in calcestruzzo utilizzato per compensare la pendenza longitudinale. Si assume come spessore cautelativo un  $t=10\text{cm}$ . Inoltre a fine cautelativo si trascura questo spessore nella diffusione dei carichi.

### 5.2 Permanenti portati (G2)

#### 5.2.1 Massicciata, armamento e impermeabilizzazione – $G_{2,1}$

Si assumono convenzionalmente i seguenti pesi di volume relativi alla massicciata, all'armamento e all'impermeabilizzazione

Peso di volume in rettilineo: 18.00 kN/mc

Peso di volume in curva: 20.00 kN/mc

A vantaggio di sicurezza si valuta l'azione sulla soletta di impalcato in riferimento al peso di volume in curva:

$$G_{2,1} = 20.00 \times 0.80 = 16.00 \text{ kN/mq}$$

Tale carico viene applicato per una larghezza pari a 8.9 m della suola superiore.

#### 5.2.2 Barriere antirumore – $G_{2,2}$

Si considera un carico relativo alle barriere antirumore pari a 4.0 kN/mq. Considerando cautelativamente un'altezza massima di barriera pari a 5.0 m, si ottiene un carico lineare pari a:

$$G_{2,2} = q_{\text{barriere}} = 4.0 \times 5.0 = 20 \text{ kN/m per ogni lato}$$

A vantaggio di sicurezza si trascura il contributo del momento alla base delle barriere. Il peso delle barriere verrà considerato come azione concentrata agente in testa ai setti laterali. Al riguardo, in questa fase progettuale si è scelto di trascurare l'effetto del collegamento discreto delle B.A., con interesse dei montanti pari a 3.0 m, facendo affidamento sulla diffusione dei carichi nei setti, valida in riferimento alle sezioni oggetto di verifica. Si rimanda alle successive fasi progettuali per le verifiche locali in corrispondenza delle zone di collegamento delle barriere.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	16 di 135

Per sintesi si riportano i carichi al metro lineare considerati in fase di analisi.

$$N_{\text{per,BA}} = 20 \text{ kN}$$

$$M_{\text{per,BA}} = 0 \text{ kN-m}$$

$$V_{\text{per,BA}} = 0 \text{ kN}$$

### 5.2.3 Canalette impianti e impianti – $G_{2,3}$

A ridosso dei muretti paraballast, sono previste delle canalette impianti sui lati esterni e la presenza dei marciapiedi FFP. Per il peso delle canalette portacavi ed il peso afferente ai marciapiedi FFP (valutato cautelativamente) si assume un carico linearmente distribuito pari a:

$$G_{2,3} = q_{\text{canalette}} = 11.20 \text{ kN/m per ogni lato}$$

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	17 di 135

### 5.3 Azioni variabili (Q)

#### 5.3.1 Treni di carico (Q1,1 – Q1,2)

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente "α" che deve assumersi come da tabella seguente:

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Tabella 1 – coefficienti α per modelli di carico

#### 5.3.1.1 Treno di carico LM71

Il Treno di carico LM71 è schematizzato nella figura seguente.

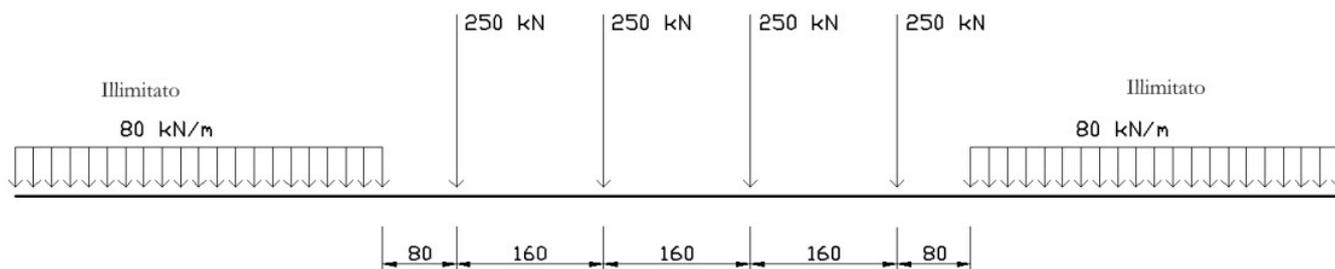


Figura 3 – Treno di carico LM71

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario pari a  $s/18$ , con  $s=1435$  mm. Quindi, l'eccentricità considerata nel modo più sfavorevole per le strutture è pari a:

$$e = \sim 80 \text{ mm}$$

La condizione di carico più gravosa si realizza diffondendo i carichi assiali.

$$q_{LM71} = 1.1 \times 4 \times 250 / (4 \times 1.60) = 172 \text{ kN/m}$$

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	18 di 135

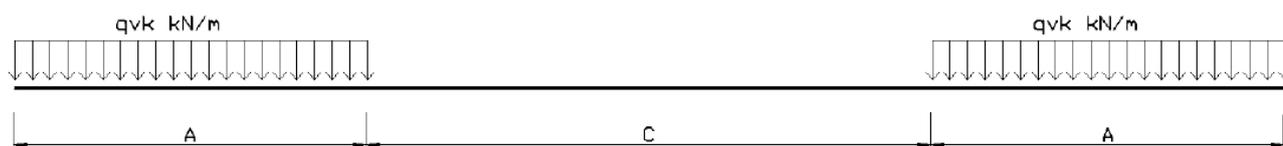
L'azione appena calcolata è risultata la più gravosa tra quelle relative al transito dei convogli e verrà considerata nelle analisi.

Il carico relativo al transito del convoglio si ottiene dividendo per la larghezza di diffusione di 3.62 m (vedi §5.3.1.4.2).

$$q_{var} = 172 / 3.62 = 47.52 \text{ kN/mq}$$

### 5.3.1.2 Treni di carico SW/0- SW/2

Il Treni di carico SW/0-SW/2 sono schematizzati nella figura seguente.



**Figura 4 – Treno di carico SW**

Tipo di carico	Qvk [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

**Tabella 2 – caratterizzazione treni di carico SW**

I sovraccarichi relativi ai treni SW sono valutati di seguito.

$$q_{SW/0} = 1.1 \times 133 / 1.0 = 146 \text{ kN/mq}$$

$$q_{SW/2} = 1.0 \times 150 / 1.0 = 150 \text{ kN/mq}$$

Tali azioni sono inferiori a quelle calcolate per il treno LM71, quindi non saranno considerate.

### 5.3.1.3 Treno scarico

Alcuni scenari di carico prevedono l'impiego del treno scarico, convenzionalmente costituito da un carico uniformemente distribuito pari a 10.00 kN/m.

Tale carico non è dimensionante per il manufatto in oggetto.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	19 di 135

### 5.3.1.4 Ripartizione locale dei carichi

#### 5.3.1.4.1 Ripartizione longitudinale

Nelle analisi si sono considerati i seguenti meccanismi di ripartizione longitudinale dei carichi.

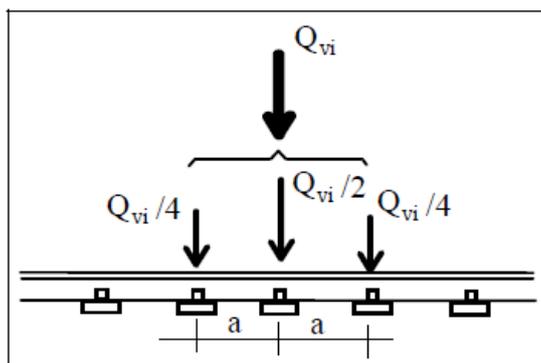


Figura 5 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo del binario

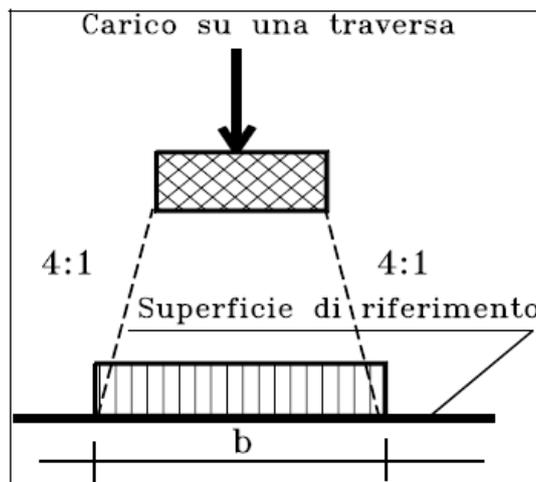


Figura 6 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast

La superficie di riferimento è la superficie di appoggio del ballast.

Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi:

Larghezza traversine:  $B = 0.26 \text{ m}$

Interasse traversine:  $i = 0.60 \text{ m}$

Altezza di diffusione:  $h = 0.60 \text{ m}$

Larghezza di diffusione:  $b = B + 2 \times h/4 = 0.56 \text{ m} < i$

### 5.3.1.4.2 Ripartizione trasversale

Nelle analisi si sono considerati il seguente meccanismi di ripartizione trasversale dei carichi.

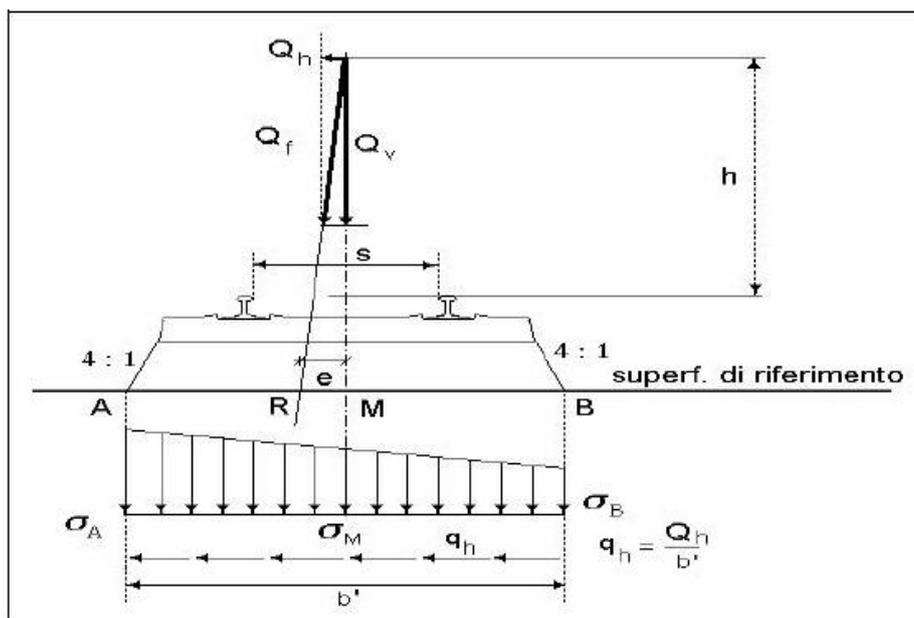


Figura 7 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in rettilo

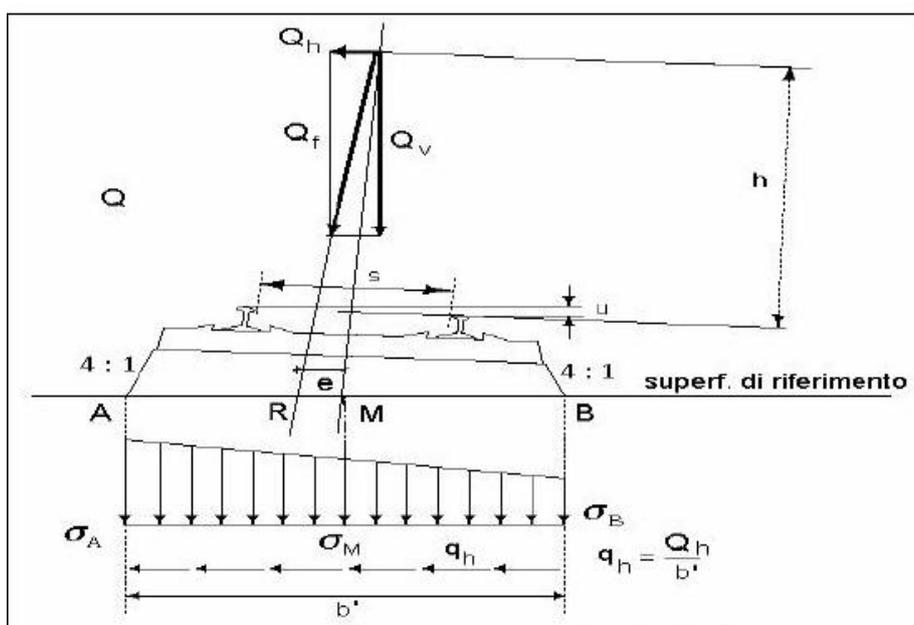


Figura 8 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in curva

La superficie di riferimento è la superficie di appoggio del ballast.

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	21 di 135

Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi. Si considera l'altezza di diffusione minima.

Larghezza traversine:  $B = 2.40 \text{ m}$

Altezza di diffusione in ballast:  $h = 0.45 \text{ m}$

Altezza fino a piano media soletta:  $h = 0.50 \text{ m}$

Larghezza di diffusione:  $b = 3.70 \text{ m}$

### 5.3.2 Carichi sui marciapiedi (Q2,1 – Q2,2)

I marciapiedi non aperti al pubblico sono utilizzati solo dal personale autorizzato. I carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di 10 kN/mq.

Questo carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra i marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli. Per questo tipo di carico distribuito non deve applicarsi l'incremento dinamico.

### 5.3.3 Forza centrifuga (Q3,1-Q3,2)

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del P.F.

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo le seguenti espressioni:

$$Q_{ak} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

$$q_{ak} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo quanto riportato nella seguente tabella.

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100_001	A	22 di 135

Valore di $\alpha$	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	$\alpha$	f		
SW/2	$\geq 100$	100	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	$\Phi \times 1 \times SW/2$
	$< 100$	V	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	
LM71 e SW/0	$> 120$	V	1	f	$1 \times f \times (LM71^{''}+''SW/0)$	$\Phi \times 1 \times 1 \times (LM71^{''}+''SW/0)$
		120	$\alpha$	1	$\alpha \times 1 \times (LM71^{''}+''SW/0)$	$\Phi \times \alpha \times 1 \times (LM71^{''}+''SW/0)$
	$\leq 120$	V	$\alpha$	1	$\alpha \times 1 \times (LM71^{''}+''SW/0)$	

**Tabella 3 – Parametri per determinazione della forza centrifuga**

I parametri di calcolo sono:

$V = 200$  km/h velocità di progetto (per LM71)

$R = 1000$  m raggio di curvatura

A vantaggio di sicurezza si assume un valore di azione centrifuga pari a 39 kN/m, avendo considerato il modello di carico LM71, forza centrifuga per  $V=160$  km/h e  $f= 1$ , in particolare:

#### 5.3.4 Serpeggio (Q4,1-Q4,2)

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

Il valore caratteristico di tale forza è stato assunto pari a  $Q_{sk}=100$  kN. Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$ , ma non per il coefficiente di incremento dinamico.

Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

## 5.4 Azioni dinamiche

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	23 di 135

Per i veicoli che transitano sopra il manufatto, la struttura risponde al caso 5.4 della tabella 1.4.2.5.3-1 dell'Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001, che rimanda al caso 5.2. con l'applicazione di un coeff. riduttivo pari a 0.9. Di seguito si riporta la valutazione del coeff. dinamico.

$n =$	3	
$L_1 =$	12,00 m	altezza piedritto
$L_2 =$	11.60 m	luce netta soletta
$k =$	1,3	
$L_m =$	11.60 m	
$L_\phi =$	15.08 m	
$\alpha_{rid} =$	0,9	
$\phi_2 =$	1,12 -	elevato standard manutentivo
$\phi_3 =$	1,23 -	normale standard manutentivo

Nelle analisi è stato considerato il coefficiente  $\phi_3$ .

## 5.5 Azioni dovute al deragliamento

In alternativa ai modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità che un locomotore o un carro pesante deragli. La normativa propone due diverse situazioni di progetto;

### Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60$  kN/m (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Trasversalmente i carichi distano fra loro di  $S$  (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12.

Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

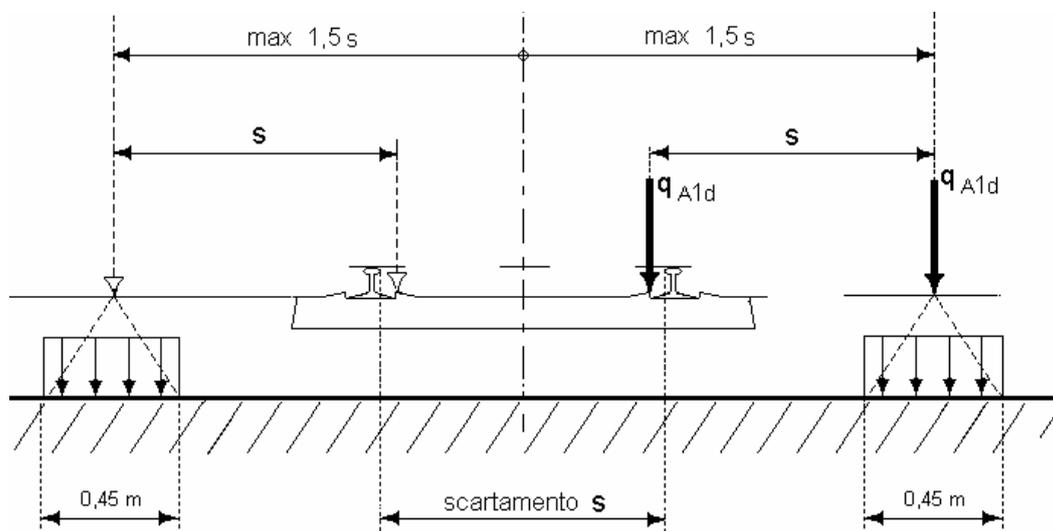


Figura 9 – posizione azioni da deragliamentò – caso 1

### Caso 2

Si considera un unico carico lineare  $q_{A2d}=80 \times 1,4\text{ kN/m}$  esteso per  $20\text{ m}$  e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di  $1,5\text{ s}$  rispetto all'asse del binario. Tale caso deve essere applicato solo per effetti globali.

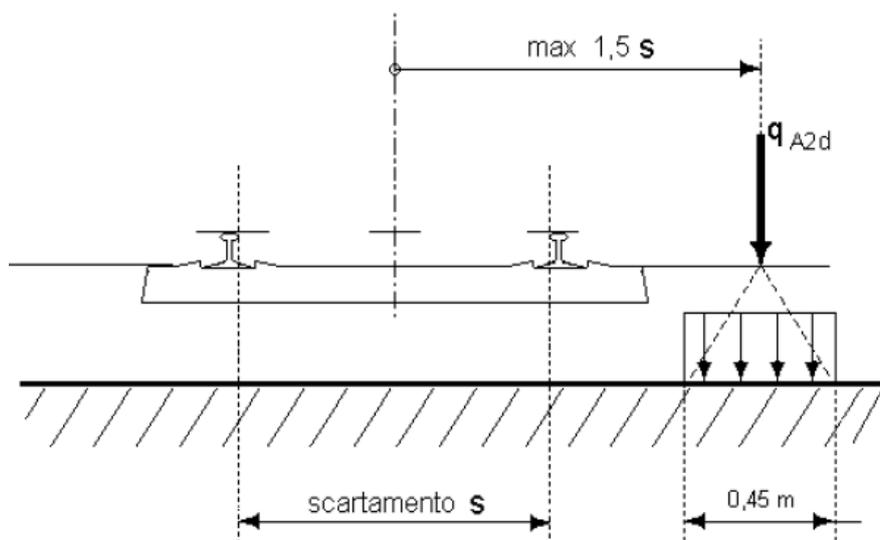


Figura 10 – posizione azioni da deragliamentò – caso 2

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A	FOGLIO 25 di 135

La posizione dei carichi non determina scenari che vedono coinvolti elementi sensibili a rotture localizzate (mensole, muretti, elementi puntuali, ecc.). Inoltre, sia la posizione che l'entità dei carichi (molto inferiori rispetto ai carichi da traffico considerati in progetto), unitamente al fatto che i relativi effetti devono essere considerati nell'ambito delle combinazioni eccezionali (con valori dei coefficienti parziali sensibilmente meno gravosi di quelli considerate nelle combinazioni caratteristiche) portano a concludere che le azioni da deragliamento non sono significative per le verifiche degli elementi strutturali del manufatto e non determinano scenari più gravosi di quelli effettivamente considerati nei confronti della stabilità globale del manufatto.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	26 di 135

## 5.6 Azioni climatiche

### 5.6.1 Variazione termica uniforme (Q5u)

È stata considerata una variazione termica uniforme pari a  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ .

### 5.6.2 Variazione termica differenziale (Q5d)

È stata considerata una differenza di temperatura tra estradosso e intradosso della soletta superiore pari a  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### 5.6.3 Vento (Q6,1-Q6,2-Q6,3)

Si assume convenzionalmente e cautelativamente una pressione uniforme agente lateralmente pari a  $1.5 \text{ kN/mq}$ , comprensiva dell'azione del vento e delle sovrappressioni dovute al transito dei veicoli. (vedi §1.5.4.3.1 del manuale **RFI DTC SICS AM MA IFS 001**), considerando che la velocità di progetto della linea è  $v < 200 \text{ km/h}$ .

In ogni caso, il valore della combinazione "vento + effetto aerodinamico" ( $p_{\text{tot}}$ ) sarà assunto pari a:

- $p_{\text{vento}} + p_{\text{aerod}} = p_{\text{tot}} \geq 1.5 \text{ kN/m}^2$  per linee percorse a velocità  $V \leq 200 \text{ Km/h}$ ;
- $p_{\text{vento}} + p_{\text{aerod}} = p_{\text{tot}} \geq 2.5 \text{ kN/m}^2$  per linee percorse a velocità  $V > 200 \text{ Km/h}$ .

La pressione del vento si considera agente sulla barriera antirumore. A vantaggio di sicurezza si assume un'altezza complessiva per la barriera pari a  $5.00 \text{ m}$ .

$$N_{\text{var1}} = 0 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{var1}} = 1.50 \times 5.00^2 / 2 = 18.75 \text{ kN/m}$$

$$V_{\text{var1}} = 1.50 \times 5.00 = 7.5 \text{ kN/m}$$

L'effetto del vento sulle barriere verrà considerato come azione concentrata agente in testa ai piedritti.

Al riguardo, in questa fase progettuale si è scelto di trascurare l'effetto del collegamento discreto delle B.A. con interasse dei montanti pari a  $3.0 \text{ m}$ , facendo affidamento sulla diffusione dei carichi nei setti, valida in riferimento alle sezioni oggetto di verifica. Si rimanda alle successive fasi progettuali per la verifica del muro in corrispondenza delle zone di collegamento delle barriere.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A	FOGLIO 27 di 135

L'azione è considerata agente sulle barriere, in verso concorde per entrambe. Il taglio orizzontale ed il momento flettente sono stati assegnati al modello mediante forze e momenti concentrati applicati in nodi corrispondenti alla base delle barriere (vedi paragrafo 6.2).

Si è considerato poi il vento agente sul prospetto laterale del manufatto stesso nel verso concorde al verso adottato per il vento sulle barriere.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A	FOGLIO 28 di 135

## 5.7 Azioni indirette

### 5.7.1 Ritiro e Viscosità (Q7)

Di seguito si riporta la valutazione del ritiro sulla struttura. La valutazione tiene conto della riduzione del ritiro per effetto della viscosità. Il ritiro si considera agente solo sulla soletta di copertura e sono stati applicati nel modello come delta di temperatura.

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	29 di 135

**Cls a t=0**

$f_{ck} = 32$  Mpa  
 $f_{cm} = 40$  MPa  
 $\alpha = 0.00001$   
 $E_{cm} = 33345764$  kN/m<sup>2</sup>  
 cls tipo = R  
 $k = 1$  coef. di correzione di  $E_{cm}$

$E_{cm} = 33345764$  kN/m<sup>2</sup>

**Tempo e ambiente**

$t_s = 2$  gg età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento  
 $t_o = 2$  gg età del calcestruzzo in giorni al momento del carico  
 $t = 25550$  gg età del calcestruzzo in giorni  
 $h_o = 2Ac/u = 1000$  mm dimensione fittizia dell'elemento di cls (spessore fittizio)  
 $Ac = 1000000$  mm<sup>2</sup> sezione dell'elemento (area per calcolo spessore fittizio, considerando larghezza e spessori reali della sezione)  
 $u = 2000$  mm perimetro a contatto con l'atmosfera (perimetro di calcolo)  
 $RH = 75$  % umidità relativa percentuale

Coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_o)$  e modulo elastico  $E_{ct}$  a tempo "t"

$\phi(t, t_o) = \phi_o \beta_c(t, t_o) = 2.074$

$\phi_o = \phi RH \beta_{\chi}(f_{cm}) \beta_{\chi}(t_o) = 2.107$  coefficiente nominale di viscosità

$\phi_{RH} = 1 + \left[ \frac{1 - RH/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \right] \alpha_1 \alpha_2 = 1.222$  coefficiente che tiene conto dell'umidità

$\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.911$  coeff. per la resistenza del cls

$\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.974$  coeff. per la resistenza del cls

$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.656313$  coefficiente che tiene conto della resistenza del cls

$\beta_c(t_o) = \frac{1}{(0.1 + t_o^{0.20})} = 0.649$  coefficiente per l'evoluzione della viscosità nel tempo

$t_o = t_o \left( \frac{9}{2 + t_o^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5 = 6.19$  tempo  $t_o$  corretto in funzione della tipologia di cemento

$\alpha = 1$  coefficiente per il tipo di cemento (-1 per Classe S, 0 per Classe N, 1 per Classe R)

S	-1
N	0
R	1

$\beta_c(t, t_o) = \left[ \frac{(t - t_o)}{(\beta_H + t - t_o)} \right]^{0.3} = 0.984$  coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo

$\beta_H = 1.5 \left[ 1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] h_o + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 1403.1$  coefficiente che tiene conto dell'umidità relativa

$\alpha_3 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.935$  coeff. per la resistenza del calcestruzzo

Il modulo elastico al tempo "t" è pari a:

$E_{cm}(t, t_o) = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_o)} = 10847907$  kN/m<sup>2</sup>

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	30 di 135

Deformazione di Ritiro

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{ca}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000343 \text{ deformazione di ritiro } \varepsilon(t, t_0)$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) K_b \varepsilon_{ca,0} = 0.000288 \text{ deformazione dovuta al ritiro per essiccamento}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \left[ \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] = 0.952825$$

Kh = 0.7 parametro che dipende da h<sub>0</sub> secondo il prospetto seguente

Valori di K<sub>h</sub>

h <sub>0</sub>	K <sub>h</sub>
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥500	0,70

Valori di Kh intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare.

$$\varepsilon_{ca,0} = 0.85 \left[ (220 + 110 \alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000432 \text{ deformazione di base}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 0.896094$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$$

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (3 per Classe S, 4 per Classe N, 6 per Classe R)}$$

$$\alpha_{ds2} = 0.11 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (0.13 per Classe S, 0.12 per Classe N, 0.11 per Classe R)}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{az}(t) \varepsilon_{ca00} = 0.000055 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{az}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{ca00} = 2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 0.000055$$

Variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{ritiro} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) \cdot E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) \cdot E_{cm} \cdot \alpha} = -11.16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	31 di 135

## 5.8 Azioni sismiche (Ex - Ez)

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica nel quale l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h * W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v * W$

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

$$k_h = 2 \times \beta_m \times a_{max}/g \quad \text{con } 2 \times \beta_m \leq 1.$$

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

con

$$a_{max} = S * a = S_s * S_t * a_g$$

Il manufatto appartiene alla classe d'uso IV, corrispondente ad un coefficiente d'uso  $c_u = 2.00$ , la vita nominale è pari a  $V_N = 100$  anni, la categoria di sottosuolo è "C" e la categoria topografica è "T1".

### 5.8.1 Individuazione della pericolosità del sito e strategia di progettazione

#### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Controllo sul reticolo

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

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



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, la "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 - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="120"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

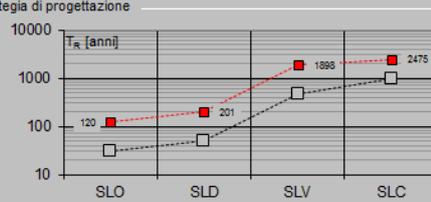
Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	33 di 135

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0.054	2.498	0.309
SLD	201	0.065	2.548	0.331
SLV	1898	0.124	2.676	0.413
SLC	2475	0.133	2.693	0.423

**Caratterizzazione dell'azioni sismica**

$V_N =$	100 anni	vita nominale
Cl.uso	IV -	classe d'uso
$C_U =$	2.0 -	coeff. d'uso
$V_R =$	200 anni	periodo di riferimento
$a_g =$	0.124 g	accelerazione in sito
Terreno	Tipo C	
$F_0 =$	2.676 -	
$S_s =$	1.5 -	Coeff. di amplificazione stratigrafica
$S_t =$	1 -	Coeff. di amplificazione topografica
$a_{max} =$	0.186 g	accelerazione massima ( $S_s \times S_t \times a_g$ )
$\alpha =$	1,0 -	$\alpha=2$ per opere di sostegno; $\alpha \times \beta_m < 1$ ; $\alpha=1$ per $\beta_m =1$
$\beta_m =$	1,0 -	coeff. di riduzione dell'azione sismica
$k_h =$	0.186 g	coeff. sismico orizzontale ( $\alpha \times \beta_m \times a_{max}$ )
$k_v =$	0.093 g +/-	coeff. sismico verticale ( $0.5 \times \alpha \times \beta_m \times a_{max}$ )

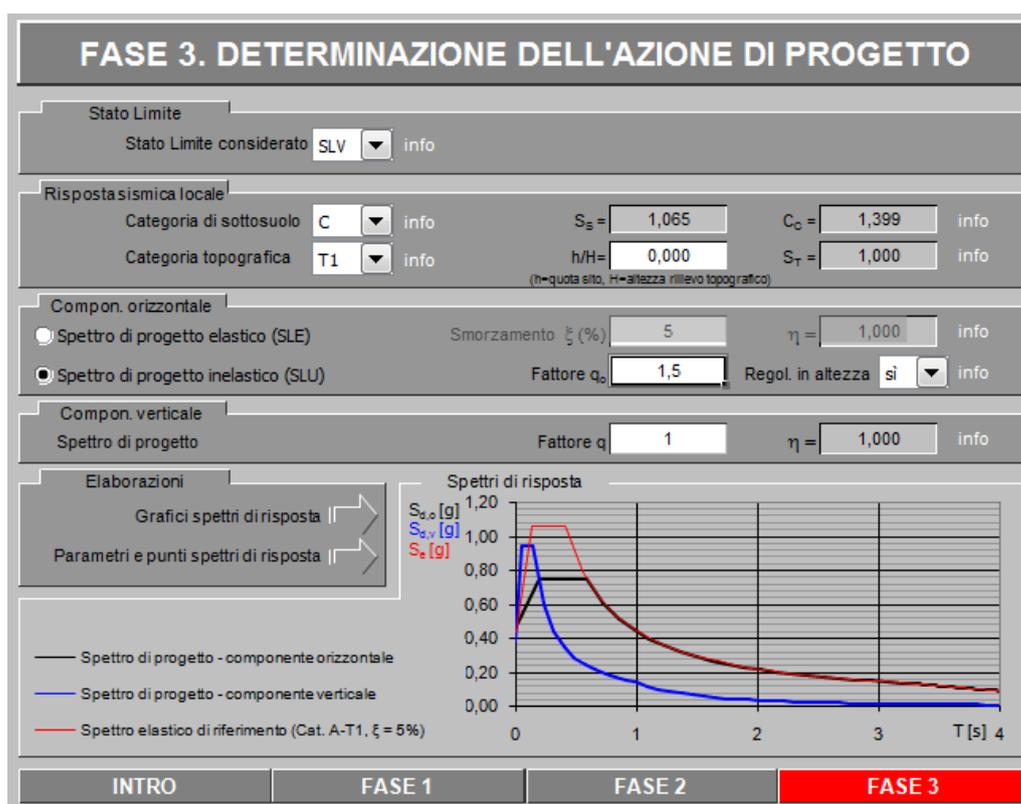
Le azioni sismiche sopra determinate sono applicate al modello mediante forze statiche distribuite sull'altezza dei piedritti e lungo la linea d'asse della soletta

## 5.9 Azioni sismiche da peso proprio e carichi permanenti e variabili

Le azioni sismiche da peso proprio e carichi permanenti e variabili vengono valutate mediante analisi pseudostatica, sia per quanto riguarda la componente orizzontale che per quella verticale.

Gli spettri di progetto utilizzati per la definizione delle azioni sono stati determinati considerando un fattore di comportamento pari a 1.5.

Di seguito si riportano i parametri considerati e gli spettri di risposta relativi allo SLV.



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

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.124 g
$F_o$	2.676
$T_C$	0.413 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.406
$S_T$	1.000
$q$	1.500

### Parametri dipendenti

$S$	1.500
$\eta$	0.667
$T_B$	0.193 s
$T_C$	0.580 s
$T_D$	2.097 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)

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

Lo spettro di progetto  $S_o(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  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	0.186
$T_B \leftarrow$	0.193	0.333
$T_C \leftarrow$	0.580	0.333
	0.652	0.296
	0.725	0.266
	0.797	0.242
	0.869	0.222
	0.941	0.205
	1.014	0.190
	1.086	0.178
	1.158	0.167
	1.230	0.157
	1.302	0.148
	1.375	0.140
	1.447	0.133
	1.519	0.127
	1.591	0.121
	1.664	0.116
	1.736	0.111
	1.808	0.107
	1.880	0.103
	1.953	0.099
	2.025	0.095
$T_D \leftarrow$	2.097	0.092
	2.188	0.085
	2.278	0.078
	2.369	0.072
	2.460	0.067
	2.550	0.062
	2.641	0.058
	2.731	0.054
	2.822	0.051
	2.913	0.048
	3.003	0.045
	3.094	0.042
	3.184	0.040
	3.275	0.038
	3.366	0.036
	3.456	0.034
	3.547	0.032
	3.638	0.031
	3.728	0.029
	3.819	0.028
	3.909	0.026
	4.000	0.025

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

## 6 MODELLAZIONE E ANALISI SEZIONE 2

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata mediante modelli FEM realizzati con l'ausilio del software SAP2000 della CSI, ver. 15.1. I modelli riproducono le caratteristiche meccaniche della struttura e sono rappresentativi di una striscia di larghezza pari ad 1 m . In questo modo si sono applicati direttamente i carichi di progetto (valutati per ml nel capitolo "analisi dei carichi").

### 6.1 Modello SLU/SLE

Questo modello è stato considerato per la valutazione delle sollecitazioni e le deformazioni degli elementi strutturali per le combinazioni SLU/SLE. L'interazione tra struttura e terreno di fondazione è stata disaccoppiata, pertanto è presente un vincolo di incastro nel baricentro della zattera di fondazione, successivamente verranno effettuate valutazioni sulla palificata. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.

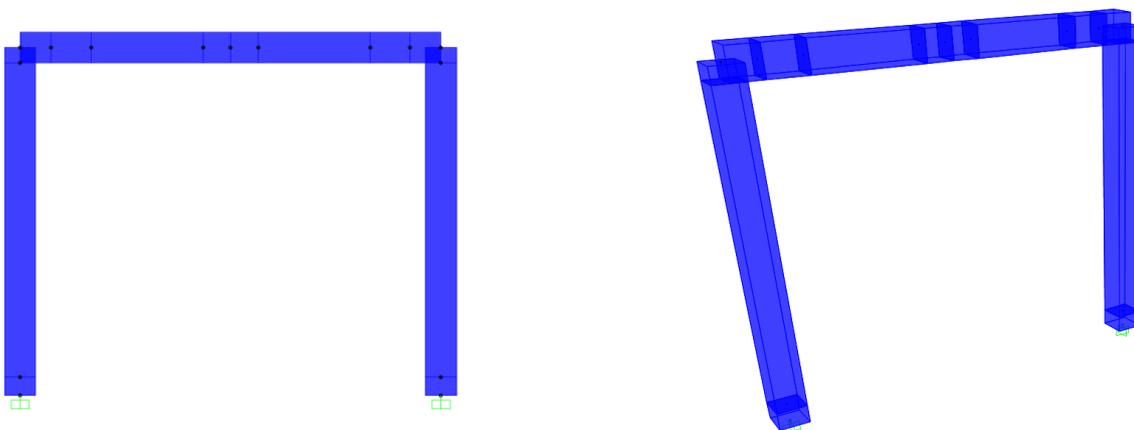


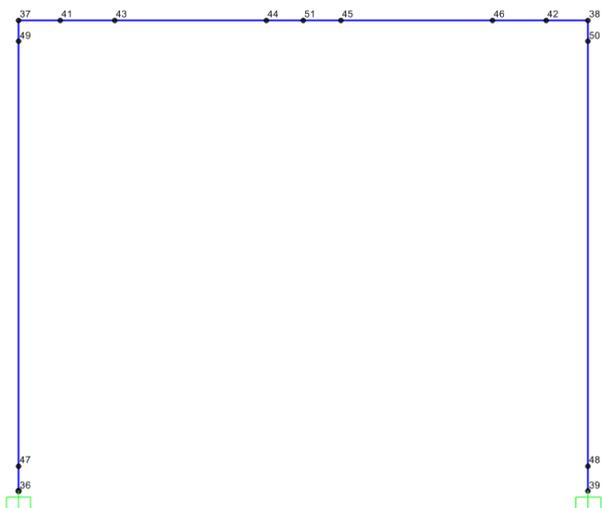
Figura 11 – Modello di calcolo SLU/SLE



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)  
PROGETTO DEFINITIVO

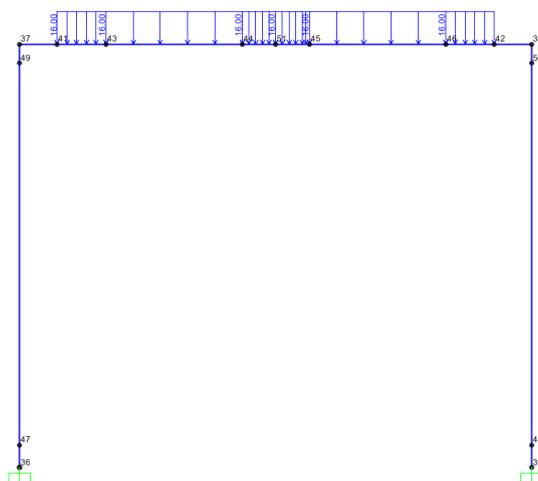
Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	37 di 135



## 6.2 Carichi

Di seguito si riportano i carichi definiti nei modelli di calcolo, valutati a partire dall'analisi precedentemente riportata. Il peso proprio degli elementi viene valutato automaticamente dal software.



**Figura 12 - G2,1 – Ballast**



**Figura 13 - G2,2 – B.A.**

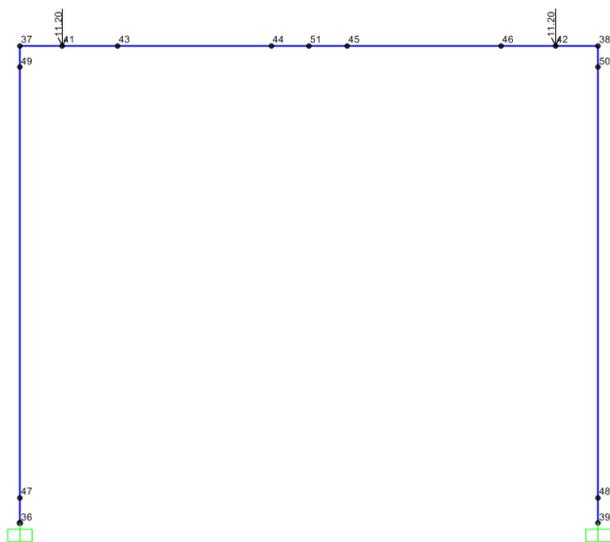


Figura 14 - G2,3 – Canalette

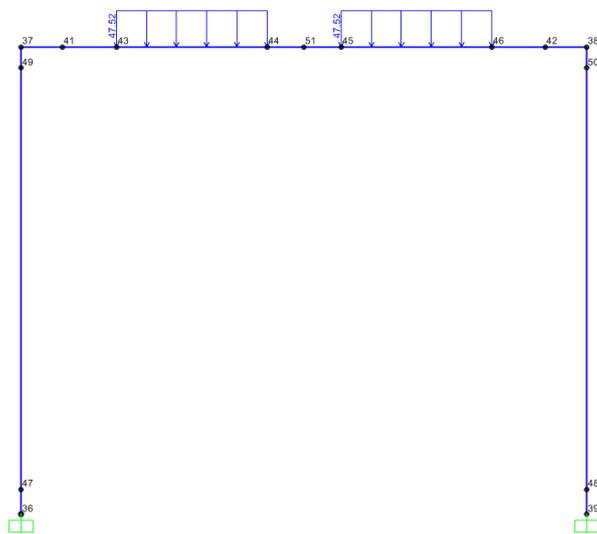


Figura 15 – Q1,1 – carichi LM71

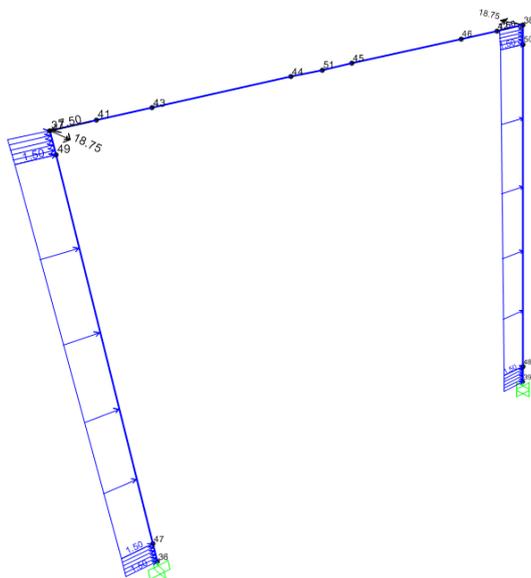


Figura 16 – Q6,1 – vento su colonna e su BA

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	41 di 135

### 6.3 Combinazioni di carico

Le azioni descritte nei paragrafi precedenti sono combinate tra loro, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto relative agli elementi strutturali di volta in volta considerati in base a quanto prescritto dal D.M.

17 gennaio 2018

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

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

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

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

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

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

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

Nella valutazione dell'azione sismica, oltre alla spinta sismica del rilevato sono state combinate le azioni sismiche dovute al peso proprio e ai carichi variabili, combinati come segue:

- $E1 = Ex \pm 0.3 Ez$
- $E2 = 0.3 Ex \pm Ez$

Con  $Ex$  e  $Ez$  rappresentative rispettivamente dell'azione sismica orizzontale e verticale.

Per la valutazione delle masse e della spinta dovuta ai sovraccarichi da traffico si è considerato un coefficiente  $\psi=0.2$ .

La simultaneità delle azioni associate al traffico ferroviario definite precedentemente può tenersi in conto considerando i gruppi di carico definiti nella tabella 5.2.IV del dm 17.01.2018, riportata per comodità:

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	42 di 135

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo.2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

■ Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc...)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Per gli SLU è stato considerato il gruppo di carico 1, indicato con  $gr_1$ , involupando gli effetti delle azioni orizzontali sfavorevoli. Tale gruppo di carico è stato considerato come una singola azione caratteristica da combinare con le azioni non da traffico.

Per quanto riguarda l'azione termica è stata considerata l'azione Q5 che involuppa tutte le variazioni termiche uniformi e differenziali.

Di seguito si riportano i coefficienti di combinazione per le varie azioni caratteristiche.

### 6.3.1 Combinazioni allo SLU

	G1	G2	gr1	Q5	Q6	Q7
SLU_01	1.35	1.50	1.45	0.90	0.90	1.20
SLU_02	1.35	1.50	1.45	0.90	0.90	0.00
SLU_03	1.35	1.50	1.45	0.90	0.00	1.20
SLU_04	1.35	1.50	1.45	0.90	0.00	0.00
SLU_05	1.35	1.50	1.45	0.00	0.90	1.20
SLU_06	1.35	1.50	1.45	0.00	0.90	0.00
SLU_07	1.35	1.50	1.45	0.00	0.00	1.20
SLU_08	1.35	1.50	1.45	0.00	0.00	0.00
SLU_09	1.35	1.50	1.16	1.50	0.90	1.20
SLU_10	1.35	1.50	1.16	1.50	0.90	0.00
SLU_11	1.35	1.50	1.16	1.50	0.00	1.20
SLU_12	1.35	1.50	1.16	1.50	0.00	0.00
SLU_13	1.35	1.50	0.00	1.50	0.90	1.20
SLU_14	1.35	1.50	0.00	1.50	0.90	0.00
SLU_15	1.35	1.50	0.00	1.50	0.00	1.20

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	43 di 135

	G1	G2	gr1	Q5	Q6	Q7
SLU_16	1.35	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00
SLU_17	1.35	1.50	0.00	0.90	1.50	1.20
SLU_18	1.35	1.50	0.00	0.90	1.50	0.00
SLU_19	1.35	1.50	0.00	0.00	1.50	1.20
SLU_20	1.35	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00
SLU_21	1.35	1.00	1.45	0.90	0.90	1.20
SLU_22	1.35	1.00	1.45	0.90	0.90	0.00
SLU_23	1.35	1.00	1.45	0.90	0.00	1.20
SLU_24	1.35	1.00	1.45	0.90	0.00	0.00
SLU_25	1.35	1.00	1.45	0.00	0.90	1.20
SLU_26	1.35	1.00	1.45	0.00	0.90	0.00
SLU_27	1.35	1.00	1.45	0.00	0.00	1.20
SLU_28	1.35	1.00	1.45	0.00	0.00	0.00
SLU_29	1.35	1.00	1.16	1.50	0.90	1.20
SLU_30	1.35	1.00	1.16	1.50	0.90	0.00
SLU_31	1.35	1.00	1.16	1.50	0.00	1.20
SLU_32	1.35	1.00	1.16	1.50	0.00	0.00
SLU_33	1.35	1.00	0.00	1.50	0.90	1.20
SLU_34	1.35	1.00	0.00	1.50	0.90	0.00
SLU_35	1.35	1.00	0.00	1.50	0.00	1.20
SLU_36	1.35	1.00	0.00	1.50	0.00	0.00
SLU_37	1.35	1.00	0.00	0.90	1.50	1.20
SLU_38	1.35	1.00	0.00	0.90	1.50	0.00
SLU_39	1.35	1.00	0.00	0.00	1.50	1.20
SLU_40	1.35	1.00	0.00	0.00	1.50	0.00
SLU_41	1.00	1.50	1.45	0.90	0.90	1.20
SLU_42	1.00	1.50	1.45	0.90	0.90	0.00
SLU_43	1.00	1.50	1.45	0.90	0.00	1.20
SLU_44	1.00	1.50	1.45	0.90	0.00	0.00
SLU_45	1.00	1.50	1.45	0.00	0.90	1.20
SLU_46	1.00	1.50	1.45	0.00	0.90	0.00
SLU_47	1.00	1.50	1.45	0.00	0.00	1.20
SLU_48	1.00	1.50	1.45	0.00	0.00	0.00
SLU_49	1.00	1.50	1.16	1.50	0.90	1.20
SLU_50	1.00	1.50	1.16	1.50	0.90	0.00
SLU_51	1.00	1.50	1.16	1.50	0.00	1.20
SLU_52	1.00	1.50	1.16	1.50	0.00	0.00
SLU_53	1.00	1.50	0.00	1.50	0.90	1.20
SLU_54	1.00	1.50	0.00	1.50	0.90	0.00

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	44 di 135

	G1	G2	gr1	Q5	Q6	Q7
SLU_55	1.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.20
SLU_56	1.00	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00
SLU_57	1.00	1.50	0.00	0.90	1.50	1.20
SLU_58	1.00	1.50	0.00	0.90	1.50	0.00
SLU_59	1.00	1.50	0.00	0.00	1.50	1.20
SLU_60	1.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00
SLU_61	1.00	1.00	1.45	0.90	0.90	1.20
SLU_62	1.00	1.00	1.45	0.90	0.90	0.00
SLU_63	1.00	1.00	1.45	0.90	0.00	1.20
SLU_64	1.00	1.00	1.45	0.90	0.00	0.00
SLU_65	1.00	1.00	1.45	0.00	0.90	1.20
SLU_66	1.00	1.00	1.45	0.00	0.90	0.00
SLU_67	1.00	1.00	1.45	0.00	0.00	1.20
SLU_68	1.00	1.00	1.45	0.00	0.00	0.00
SLU_69	1.00	1.00	1.16	1.50	0.90	1.20
SLU_70	1.00	1.00	1.16	1.50	0.90	0.00
SLU_71	1.00	1.00	1.16	1.50	0.00	1.20
SLU_72	1.00	1.00	1.16	1.50	0.00	0.00
SLU_73	1.00	1.00	0.00	1.50	0.90	1.20
SLU_74	1.00	1.00	0.00	1.50	0.90	0.00
SLU_75	1.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.20
SLU_76	1.00	1.00	0.00	1.50	0.00	0.00
SLU_77	1.00	1.00	0.00	0.90	1.50	1.20
SLU_78	1.00	1.00	0.00	0.90	1.50	0.00
SLU_79	1.00	1.00	0.00	0.00	1.50	1.20
SLU_80	1.00	1.00	0.00	0.00	1.50	0.00

È stata definita, poi, la combinazione SLU che involuppa tutte le precedenti combinazioni.

Nelle verifiche sono riportati i valori contemporanei delle sollecitazioni nella combinazione più sfavorevole.

### 6.3.2 Combinazioni allo SLV

	Ex	Ez	G1	G2	gr1	Q5	Q6	Q7
SLV_01	1.00	0.30	1.00	1.00	0.20	0.50	0.00	0.00
SLV_02	1.00	-0.30	1.00	1.00	0.20	0.50	0.00	0.00
SLV_03	0.30	1.00	1.00	1.00	0.20	0.50	0.00	0.00
SLV_04	0.30	-1.00	1.00	1.00	0.20	0.50	0.00	0.00

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA0100 001</b>	REV. <b>A</b>

### 6.3.3 Combinazioni agli SLE

Per gli SLE è stato considerato il gruppo di carico 4, indicato con  $gr_4$ , involupando gli effetti delle azioni orizzontali sfavorevoli. Tale gruppo di carico è stato considerato come una singola azione caratteristica da combinare con le azioni non da traffico:

	G1	G2	gr4	Q5	Q6	Q7
SLE-R_01	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	1.00
SLE-R_02	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	1.00
SLE-R_03	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.00
SLE-R_04	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	0.00
SLE-R_05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00
SLE-R_06	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
SLE-R_07	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.00
SLE-R_08	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
SLE-R_09	1.00	1.00	0.00	1.00	0.60	1.00
SLE-R_10	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
SLE-R_11	1.00	1.00	0.00	1.00	0.60	0.00
SLE-R_12	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00
SLE-R_13	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	1.00
SLE-R_14	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
SLE-R_15	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00
SLE-R_16	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
SLE-R_17	1.00	1.00	0.00	0.60	1.00	1.00
SLE-R_18	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
SLE-R_19	1.00	1.00	0.00	0.60	1.00	0.00
SLE-R_20	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	46 di 135

## 7 VERIFICHE STRUTTURALI - SLU

Si riportano di seguito le verifiche a presso-flessione e taglio della struttura nelle sezioni considerate. Le sollecitazioni considerate in verifica sono state ottenute a partire dall'involuppo delle sollecitazioni di progetto per le combinazioni SLU/SLV.



*Figura 17. Sezioni di verifica*

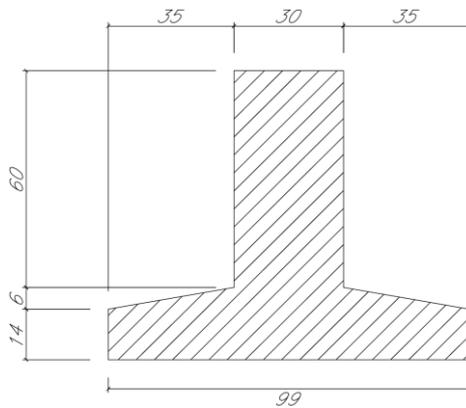
Per la trave prefabbricata va effettuata una verifica che tenga conto delle fasi di realizzazione del manufatto. In particolare durante la fase di getto della soletta di completamento la stessa trave è semplicemente appoggiata all'estremità sui piedritti e soggetta al carico dovuto al peso proprio ed al peso del getto di completamento.

### 7.1 Fase 1

In questa fase viene presa in considerazione la sola trave prefabbricata in c.a. sottoposta al solo peso proprio ed agli incrementi dinamici durante la fase di movimentazione.

Nella figura di seguito proposta, si possono desumere le dimensioni geometriche della trave.

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 26</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA0100 001</b>	REV. <b>A</b>



**Figura 18. Sezione corrente**

Per il calcolo delle sollecitazioni viene ovviamente preso in considerazione uno schema di calcolo relativo ad una trave appoggiata-appoggiata, con luce di 15.09 m.

Peso Proprio della trave:

- Totale 75.0 kN

Le sollecitazioni massime generate dal peso proprio sono state così ottenute applicando alla trave un carico uniformemente ripartito pari a:

$$q_p = 75 / 9.15 = 8.2 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max} = p L^2 / 8 = 8.2 \times 9.15^2 / 8 = 85.82 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = p L / 2 = 8.2 \times 9.15 / 2 = 37.52 \text{ kN}$$

Durante la fase di trasporto viene incrementato il peso del 30% per tener conto degli effetti dinamici:

$$q_p^* = 8.2 \times 1.3 = 10.66 \text{ kN/m}$$

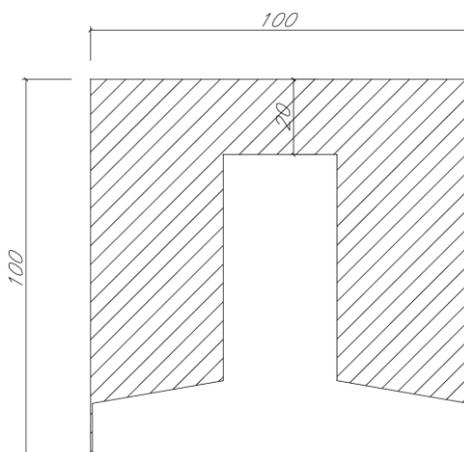
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

$$M^*_{\max} = p^* L^2 / 8 = 10.66 \times 9.15^2 / 8 = 111.56 \text{ kNm}$$

$$T^*_{\max} = p^* L / 2 = 10.66 \times 9.15 / 2 = 48.77 \text{ kN}$$

## 7.2 Fase 2

Nella figura di seguito proposta, si illustra il getto di soletta che grava sulla trave prefabbricata in seconda fase:



*Figura 19. Soletta gravante sulla trave di bordo*

Peso del getto:

Nota l'area della sezione di getto si ha che il carico distribuito è pari a:

$$q_{\text{soletta}} = (1.0 \times 25) - 8.2 = 16.8 \text{ KN/m}$$

$$M_{\max} = p L^2 / 8 = 16.8 \times 9.15^2 / 8 = 175.82 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = p L / 2 = 16.8 \times 9.15 / 2 = 76.86 \text{ kN}$$

Il totale delle sollecitazioni sarà:

$$M = 85.82 + 175.82 = 261.64 \text{ kNm} \quad \text{in mezzeria}$$

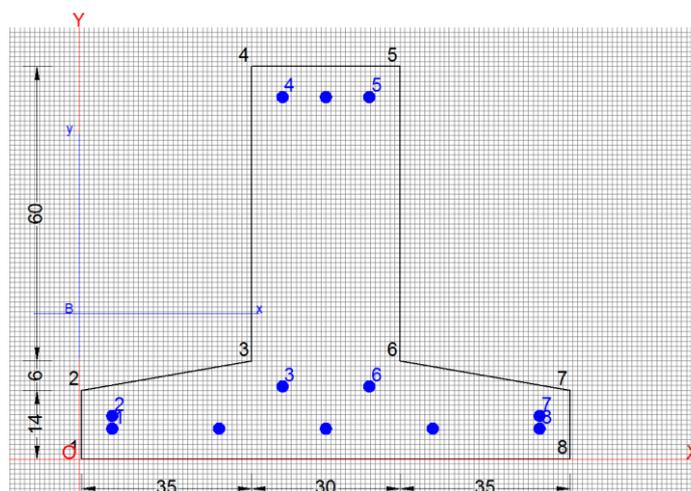
$$T = 37.52 + 76.86 = 114.38 \text{ kN} \quad \text{in appoggio}$$

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	49 di 135

### 7.2.1 Verifica a Presso Flessione in Mezzeria – Fase 2

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
NOME SEZIONE: 200112\_fase2 mezzeria



Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C37/45
	Resis. compr. di progetto fcd:	20.960 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	34545.1 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.330 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	222.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	50 di 135

Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C37/45

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.5	0.0
2	0.5	14.0
3	35.0	20.0
4	35.0	80.0
5	65.0	80.0
6	65.0	20.0
7	99.5	14.0
8	99.5	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	6.7	6.2	24
2	6.7	8.8	24
3	41.2	14.8	24
4	41.2	73.8	24
5	58.8	73.8	24
6	58.8	14.8	24
7	93.3	8.8	24
8	93.3	6.2	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	51 di 135

Vy

con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	354.00	0.00

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

N

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

Mx

Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	262.00	0.00

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

N

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

Mx

Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	262.00 (318.64)	0.00 (0.00)

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

N

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

Mx

Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	262.00 (318.64)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm

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

Ver

S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

N

Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

Mx

Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

N Res

Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

Mx Res

Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

Mis.Sic.

Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

As Totale

Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	354.00	0.00	915.55	2.59	54.3(10.7)

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	52 di 135

## METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00153	35.0	80.0	0.00124	41.2	73.8	-0.00196	6.7	6.2

## POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000047257	-0.002249491		

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.31	35.0	80.0	-111.4	28.4	6.2	1522	40.7

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.31	35.0	80.0	-111.4	28.4	6.2	1522	40.7

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	53 di 135

$\emptyset$  Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_c \text{ eff}$  [eq.(7.11)EC2]  
 $C_f$  Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 $e_{sm} - e_{cm}$  Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 $s_r \text{ max}$  Massima distanza tra le fessure [mm]  
 $w_k$  Apertura fessure in mm calcolata =  $s_r \text{ max} * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 $M_x \text{ fess.}$  Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 $M_y \text{ fess.}$  Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	$\emptyset$	$C_f$	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_r \text{ max}$	$w_k$	$M_x \text{ fess}$	$M_y \text{ fess}$
1	S	-0.00064	0	0.500	24.0	50	0.00033 (0.00033)	322	0.108 (0.20)	318.64	0.00

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

N°Comb	Ver	$S_c \text{ max}$	$X_c \text{ max}$	$Y_c \text{ max}$	$S_f \text{ min}$	$X_s \text{ min}$	$Y_s \text{ min}$	$A_c \text{ eff.}$	$A_s \text{ eff.}$
1	S	6.31	35.0	80.0	-111.4	28.4	6.2	1522	40.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	$\emptyset$	$C_f$	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_r \text{ max}$	$w_k$	$M_x \text{ fess}$	$M_y \text{ fess}$
1	S	-0.00064	0	0.500	24.0	50	0.00033 (0.00033)	322	0.108 (0.20)	318.64	0.00

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	54 di 135

### 7.3 FASE 3

In questa terza fase occorre prestare particolare cura agli effetti generati dalla variazione dello schema statico del ponte. Infatti inizialmente l'impalcato viene realizzato poggiando sui piedritti i tegoli prefabbricati. In tal caso l'impalcato risulta vincolato secondo uno schema di semplici appoggi. Il getto di completamento va a solidarizzare tali elementi ai piedritti, dando luogo ad un vero e proprio telaio.

Per tenere conto di tale variazione dello schema statico la generica sollecitazione è data da:

$$S_v = S_i(g_1) + [ S_f(g_1) - S_i(g_1) ] \times K_v$$

dove:

$S_i$  = sollecitazione secondo lo schema iniziale

$S_f$  = sollecitazione secondo lo schema finale

$$K_v = \varphi / ( 1 + \chi\varphi )$$

$$\chi = 0.8$$

$$A_c = 1.00 \times 1.00 = 1.00 \text{ mq}$$

$$u = 2.00 \text{ m}$$

$$\alpha = (2 \times A_c) / u = 100 \text{ cm}$$

Ipotizzando un tempo compreso tra  $8 < t_0 < 60$ gg ed avendo  $\alpha > 60$  cm si ha  $\varphi = 1.9$ , da cui:

$$K_v = \varphi / ( 1 + \chi\varphi ) = 1.9 / ( 1 + 0.8 \times 1.9 ) = 0.754$$

Questa valutazione riguarda ovviamente tutti quei carichi che vanno ad interessare la struttura prima del cambiamento di schema. Nel caso in esame si tratta quindi esclusivamente del peso proprio della struttura che comprende: peso delle travi prefabbricate e soletta in c.a.. L'espressione che tiene conto della variazione di schema statico si specializza per la sollecitazione di momento flettente:

$$M_v = M_i(g_1) + [ M_f(g_1) - M_i(g_1) ] \times K_v$$

Per i soli pesi propri strutturali quindi sono state combinate le sollecitazioni ottenute nel modello della Fase 2 con quelli ricavati dal modello in SAP relativo alla Fase 3 secondo l'espressione su riportata.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A	FOGLIO 55 di 135

Per tutte le altre azioni prese in esame, sono stati estratti i valori delle sollecitazioni direttamente dal modello Sap2000 del telaio.

Nei successivi paragrafi, vengono pertanto eseguite le verifiche tenendo conto del cambiamento di schema statico, riguardo la soletta di copertura.

## 7.4 Piedritto – Sezione S1

### 7.4.1 Verifiche a Pressoflessione

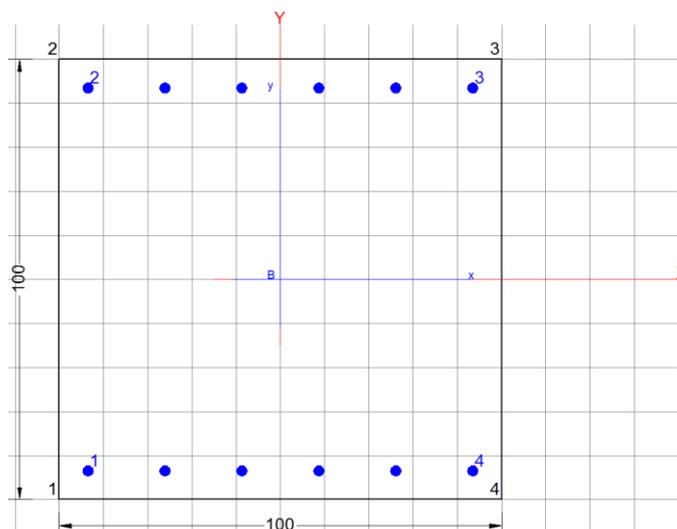
Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>M (kNm)</b>	1456	1194
<b>N (kN)</b>	1424	873

La sezione è così armata:

- lato esterno:  $\varnothing 26/15\text{cm}$ ;
- lato interno:  $\varnothing 26/15\text{cm}$ .

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: PI sez 2**



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Normativa di riferimento:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Tipo di sollecitazione:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Sezione generica di Pilastro

N.T.C.

A Sforzo Norm. costante

Molto aggressive

Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	57 di 135

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-107.5
2	-50.0	107.5
3	50.0	107.5
4	50.0	-107.5

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.5	-101.0	26
2	-43.5	101.0	26
3	43.5	101.0	26
4	43.5	-101.0	26

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	58 di 135

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

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.			
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate			
N°Comb.	N	Mx	Vy	
1	1423.70	1456.00	0.00	
2	873.30	1193.80	0.00	

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My	
1	854.00	844.70	0.00	
2	851.00	731.00	0.00	

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My	
1	854.00	844.70 (4350.24)	0.00 (0.00)	
2	851.00	731.00 (4820.47)	0.00 (0.00)	

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione			
N°Comb.	N	Mx	My	
1	835.10	824.50 (4355.36)	0.00 (0.00)	

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	59 di 135

Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.9 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1423.70	1456.00	1423.64	4113.60	2.83	74.3(64.5)
2	S	873.30	1193.80	873.20	3644.30	3.05	74.3(64.5)

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00061	-50.0	107.5	0.00053	-43.5	101.0	-0.00196	-43.5	-101.0
2	0.00054	-50.0	107.5	0.00046	-43.5	101.0	-0.00196	-43.5	-101.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000012324	-0.000711789	----	----
2	0.000000000	0.000011956	-0.000748900	----	----

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

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	60 di 135

1	S	1.74	-50.0	107.5	-28.6	29.0	-101.0	1600	37.2
2	S	1.47	-50.0	107.5	-18.3	29.0	-101.0	1650	37.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.74	-50.0	107.5	-28.6	29.0	-101.0	1600	37.2
2	S	1.47	-50.0	107.5	-18.3	29.0	-101.0	1650	37.2

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00015	0	0.500	26.0	52	0.00009 (0.00009)	367	0.031 (0.20)	4350.24	0.00
2	S	-0.00010	0	0.500	26.0	52	0.00005 (0.00005)	373	0.020 (0.20)	4820.47	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.70	-50.0	107.5	-27.8	29.0	-101.0	1600	37.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00015	0	0.500	26.0	52	0.00008 (0.00008)	367	0.031 (0.20)	4355.36	0.00

### 7.4.2 Verifica a taglio

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	<b>SLU</b>	<b>SLV</b>
--	------------	------------

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	61 di 135

<b>N</b> (kN)	1424	874
<b>V</b> (kN)	288	241

Con N positivo se di compressione.

Le sollecitazioni sopra riportate si riferiscono alla sezione di imposta del piedritto (estradosso suola di Fondazione).

Si riporta la verifica della sola combinazione allo SLV in quanto più significativa.

La sezione non necessita di armatura a taglio.

#### Caratteristiche materiali

Cls

$R_{ck}$	45	$N/mm^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck}$	37.35	$N/mm^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm}$	45.35	$N/mm^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd}$	24.90	$N/mm^2$	resistenza cilindrica di progetto a compressione
$f_{ctm}$	3.35	$N/mm^2$	resistenza a trazione media
$f_{ctm}$	4.02	$N/mm^2$	resistenza a trazione media per fessurazione
$E_{cm}$	34625	$N/mm^2$	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ )
$\nu$	0		coefficiente di Poisson

Acciaio barre longitudinali

$f_{yk}$	450	$N/mm^2$
$f_{yd}$	391.3	$N/mm^2$

Caratteristiche di aderenza delle barre

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	62 di 135

$\eta$  1.00

$f_{bk}$  5.28 N/mm<sup>2</sup> tensione di aderenza caratteristica

$f_{bd}$  3.52 N/mm<sup>2</sup> tensione di aderenza di progetto

#### Calcoli preliminari

$A_{sl}$  3185.6 mm<sup>2</sup> area dell'armatura longitudinale

$\rho_l$  0.0033 rapporto geometrico d'armatura longitudinale

$\rho_{l,eff}$  0.0033 rapporto considerato nei calcoli

$\sigma_{cp}$  0.000 N/mm<sup>2</sup> tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp,eff}$  0.000 N/mm<sup>2</sup> tensione media considerata nei calcoli

$A_{sw}$  226.2 mm<sup>2</sup> area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

#### Elemento non armato a taglio

$k$  1.46

$k_{eff}$  1.46 coefficiente considerato nei calcoli

$v_{min}$  0.376

$V_{Rd,1}$  388.3 KN taglio resistente - valore 1

$V_{Rd,2}$  360.9 KN taglio resistente - valore 2

$V_{Rd}$  **388.3** KN taglio resistente di calcolo

Si dispongono comunque spilli trasversali nelle seguenti modalità:

- 1 $\emptyset$ 12/40x40

## 7.5 Piedritto – Sezione S2

### 7.5.1 Verifiche a Pressoflessione

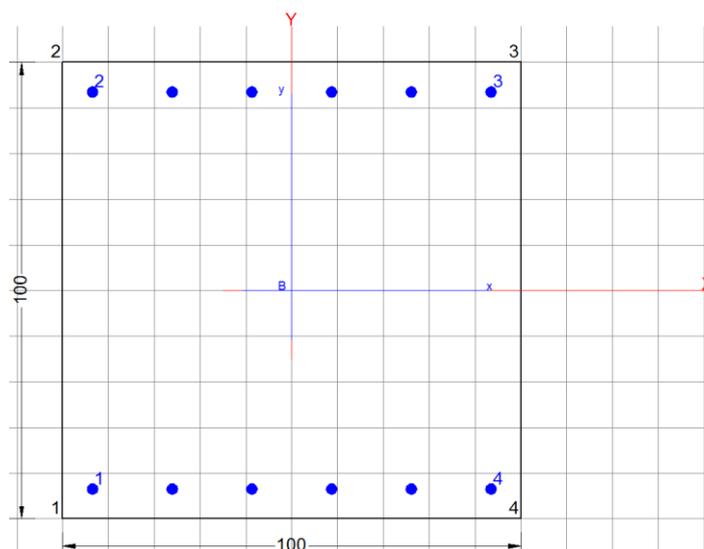
Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	63 di 135

	SLU	SLV
<b>M (kNm)</b>	582	375
<b>N (kN)</b>	743	523

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: PM**



Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicit : Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	64 di 135

Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-107.5
2	-50.0	107.5
3	50.0	107.5
4	50.0	-107.5

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.5	-101.0	26
2	-43.5	101.0	26
3	43.5	101.0	26
4	43.5	-101.0	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	65 di 135

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	742.70	-581.60	0.00
2	522.90	-374.80	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	537.30	-766.70	0.00
2	542.20	-701.40	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	537.30	-766.70 (-3632.48)	0.00 (0.00)
2	542.20	-701.40 (-3777.61)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	558.20	160.20 (4355.36)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.9 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	66 di 135

As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	742.70	-581.60	742.68	-3531.02	6.07	74.3(64.5)
2	S	522.90	-374.80	522.89	-3338.42	8.91	74.3(64.5)

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00052	-50.0	-107.5	0.00044	-43.5	-101.0	-0.00196	-43.5	101.0
2	0.00048	-50.0	-107.5	0.00041	-43.5	-101.0	-0.00196	-43.5	101.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000011866	-0.000758054	----	----
2	0.000000000	-0.000011709	-0.000773846	----	----

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.66	-50.0	-107.5	-45.0	29.0	101.0	1600	37.2
2	S	1.51	-50.0	-107.5	-36.5	29.0	101.0	1650	37.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.66	-50.0	-107.5	-45.0	29.0	101.0	1600	37.2
2	S	1.51	-50.0	-107.5	-36.5	29.0	101.0	1650	37.2

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	67 di 135

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00024	0	0.500	26.0	52	0.00013 (0.00013)	367	0.050 (0.20)	-3632.48	0.00
2	S	-0.00019	0	0.500	26.0	52	0.00011 (0.00011)	373	0.041 (0.20)	-3777.61	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.43	-50.0	107.5	1.1	29.0	-101.0	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00015	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	4355.36	0.00

#### 7.5.2 Verifica a taglio

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>N (kN)</b>	743	523
<b>V (kN)</b>	83	27

Con N positivo se di compressione.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A	FOGLIO 68 di 135

Le sollecitazioni sopra riportate si riferiscono alla sezione di imposta del piedritto (estradosso suola di Fondazione).

Si riporta la verifica della sola combinazione allo SLV in quanto più significativa.

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Si dispongono comunque spilli trasversali nelle seguenti modalità:

- 1Ø12/40x40

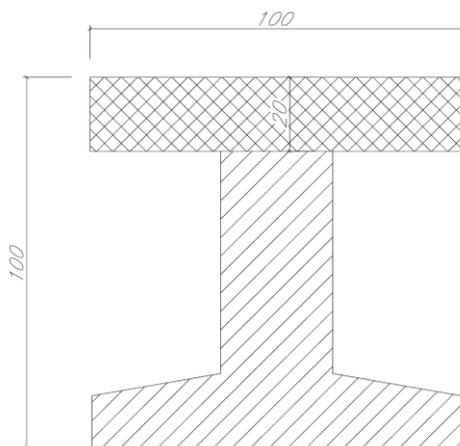
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

## 7.6 Solettone superiore – Sezione S3

### 7.6.1 Verifiche a Pressoflessione

#### 7.6.1.1 Condizione di breve termine

Nella condizione di breve termine, essendo appena iniziata la redistribuzione per fluage, va effettuata la verifica in cui si sommano le sollecitazioni dovute al peso proprio delle prime due fasi, ossia la trave a T con il peso del getto, con le sollecitazioni dovute ai restanti carichi nella fase finale, considerando come sezione di verifica quella della sola trave con la soletta superiore come di seguito illustrata:



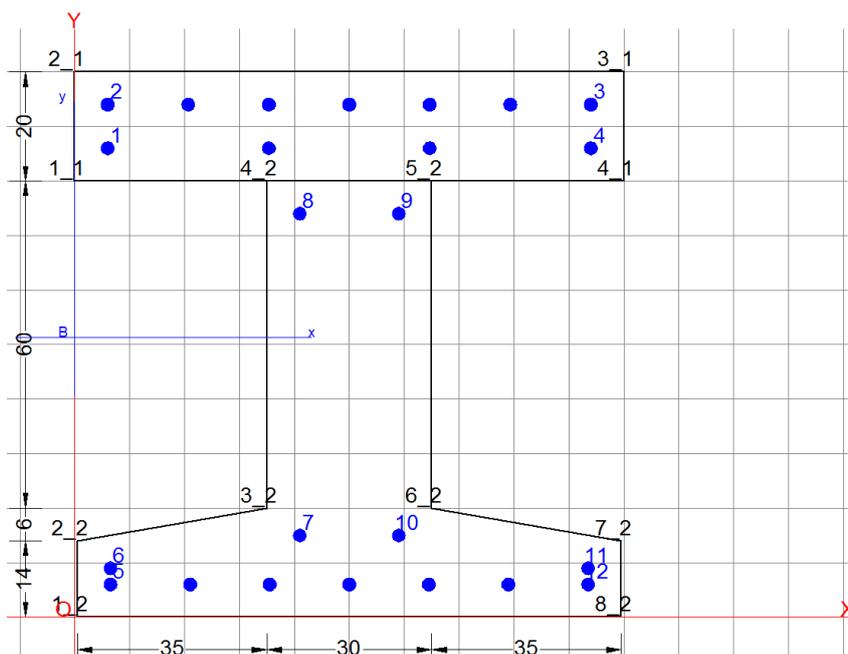
Il totale delle sollecitazioni delle prime due fasi è:

$M = 262 \text{ kNm}$  in mezzeria

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	<b>SLU</b>	<b>SLV</b>
<b>M (kNm)</b>	1065	438
<b>N (kN)</b>	0	0

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Sezione Mezzeria BT**



Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

CALCESTRUZZO -	Classe:	C37/45
----------------	---------	--------

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	71 di 135

Resis. compr. di progetto fcd:	20.960	MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	34545.1	MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.330	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	222.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

## CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

### DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	100.0
2	0.0	120.0
3	100.0	120.0
4	100.0	100.0

### DOMINIO N° 2

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C37/45

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.5	0.0
2	0.5	14.0
3	35.0	20.0
4	35.0	100.0
5	65.0	100.0
6	65.0	20.0
7	99.5	14.0
8	99.5	0.0

## DATI BARRE ISOLATE

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	72 di 135

1	5.2	105.2	24
2	5.2	114.8	24
3	94.8	114.8	24
4	94.8	105.2	24
5	5.7	5.2	24
6	5.7	9.6	24
7	40.2	15.6	24
8	40.2	94.8	24
9	59.8	94.8	24
10	59.8	15.6	24
11	94.3	9.6	24
12	94.3	5.2	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	5	12	5	24
2	2	3	5	24
3	6	7	2	20
4	10	11	2	20
5	8	9	1	24
6	8	7	3	20
7	10	9	3	20
8	1	4	2	24
9	5	12	4	20

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	2300.20	0.00
2	0.00	1211.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1641.40	0.00
2	64.40	1551.30	0.00

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100_001	A	73 di 135

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1641.40 (829.11)	0.00 (0.00)
2	64.40	1551.30 (839.61)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1172.40 (829.11)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	2300.20	0.00	3026.19	1.32	157.1(18.5)
2	S	0.00	1211.00	0.00	3026.19	2.50	157.1(18.5)

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	74 di 135

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00094	0.0	120.0	0.00081	5.2	114.8	-0.00196	5.7	5.2
2	0.00094	0.0	120.0	0.00081	5.2	114.8	-0.00196	5.7	5.2

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000025258	-0.002087843		
2	0.000000000	0.000025258	-0.002087843		

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.29	0.0	120.0	-212.3	23.4	5.2	1788	74.9
2	S	6.97	0.0	120.0	-197.1	23.4	5.2	1788	74.9

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.29	0.0	120.0	-212.3	23.4	5.2	1788	74.9
2	S	6.97	0.0	120.0	-197.1	23.4	5.2	1788	74.9

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

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

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	75 di 135

1	S	-0.00113	0	0.500	22.5	42	0.00079 (0.00064)	234	0.185 (0.20)	829.11	0.00
2	S	-0.00105	0	0.500	22.5	42	0.00071 (0.00059)	234	0.167 (0.20)	839.61	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.21	0.0	120.0	-151.7	41.1	5.2	1788	74.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00081	0	0.500	22.5	42	0.00058 (0.00046)	234	0.135 (0.20)	829.11	0.00

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

7.6.1.2 Condizione di lungo termine

Come detto nel §7 relativo alla FASE 3, l'espressione che tiene conto della variazione di schema statico si specializza per la sollecitazione di momento flettente e risulta essere:

$$M_v = M_i(g_1) + [ M_f(g_1) - M_i(g_1) ] \times K_v$$

In mezzeria il valore di verifica risulta pertanto:

$$M_i(g_1) = 262 \text{ kNm}$$

$$M_f(g_1) = 160 \text{ kNm}$$

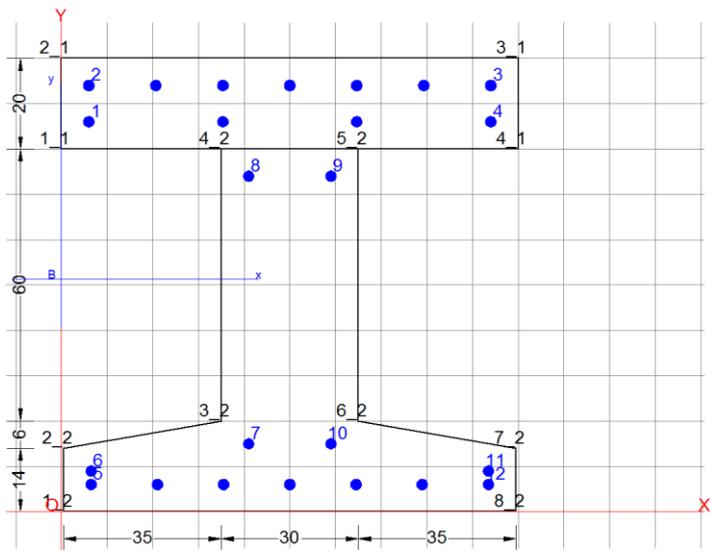
$$M_v(g_1) = 185 \text{ kNm}$$

Il valore di  $M_v(g_1)$  verrà pertanto combinato con le altre sollecitazioni derivanti dal modello Sap2000

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>M (kNm)</b>	962	363
<b>N (kN)</b>	0	0

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: Mezzeria It**



Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	77 di 135

Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	CALCESTRUZZO -	Classe:	C37/45
Resis. compr. di progetto fcd:		20.960	MPa
Def.unit. max resistenza ec2:		0.0020	
Def.unit. ultima ecu:		0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:		Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:		34545.1	MPa
Resis. media a trazione fctm:		3.330	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:		15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:		15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:		222.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:		0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:		0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:		0.200	mm
ACCIAIO -		Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

### CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

#### DOMINIO N° 1

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
-------------	--------	--------

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	78 di 135

1	0.0	80.0
2	0.0	100.0
3	100.0	100.0
4	100.0	80.0

#### DOMINIO N° 2

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C37/45

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.5	0.0
2	0.5	14.0
3	35.0	20.0
4	35.0	80.0
5	65.0	80.0
6	65.0	20.0
7	99.5	14.0
8	99.5	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	6.0	86.0	24
2	6.0	94.0	24
3	94.0	94.0	24
4	94.0	86.0	24
5	6.5	6.0	24
6	6.5	9.0	24
7	41.0	15.0	24
8	41.0	74.0	24
9	59.0	74.0	24
10	59.0	15.0	24
11	93.5	9.0	24
12	93.5	6.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	5	12	5	24
2	2	3	5	24
3	1	4	2	24

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	79 di 135

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	1065.00	0.00
2	0.00	438.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	751.50	0.00
2	39.40	697.30	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	751.50 (556.85)	0.00 (0.00)
2	39.40	697.30 (565.05)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	466.90 (556.85)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.8 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	80 di 135

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	1065.00	0.00	1580.09	1.48	108.6(16.7)
2	S	0.00	438.00	0.00	1580.09	3.61	108.6(16.7)

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00072	0.0	100.0	0.00055	6.0	94.0	-0.00196	6.5	6.0
2	0.00072	0.0	100.0	0.00055	6.0	94.0	-0.00196	6.5	6.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000028526	-0.002127657		
2	0.000000000	0.000028526	-0.002127657		

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.01	0.0	100.0	-186.5	21.0	6.0	1788	49.8
2	S	4.70	0.0	100.0	-169.4	21.0	6.0	1788	49.8

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.01	0.0	100.0	-186.5	21.0	6.0	1788	49.8
2	S	4.70	0.0	100.0	-169.4	21.0	6.0	1788	49.8

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	81 di 135

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00102	0	0.500	24.0	48	0.00056 (0.00056)	310	0.173 (0.20)	556.85	0.00
2	S	-0.00092	0	0.500	24.0	48	0.00051 (0.00051)	310	0.157 (0.20)	565.05	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.11	0.0	100.0	-115.9	35.5	6.0	1788	49.8

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00063	0	0.500	24.0	48	0.00035 (0.00035)	310	0.108 (0.20)	556.85	0.00

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	82 di 135

## 7.7 Solettone superiore – Sezione S4

### 7.7.1 Verifica a presso-flessione

L'espressione che tiene conto della variazione di schema statico si specializza per la sollecitazione di momento flettente e risulta essere:

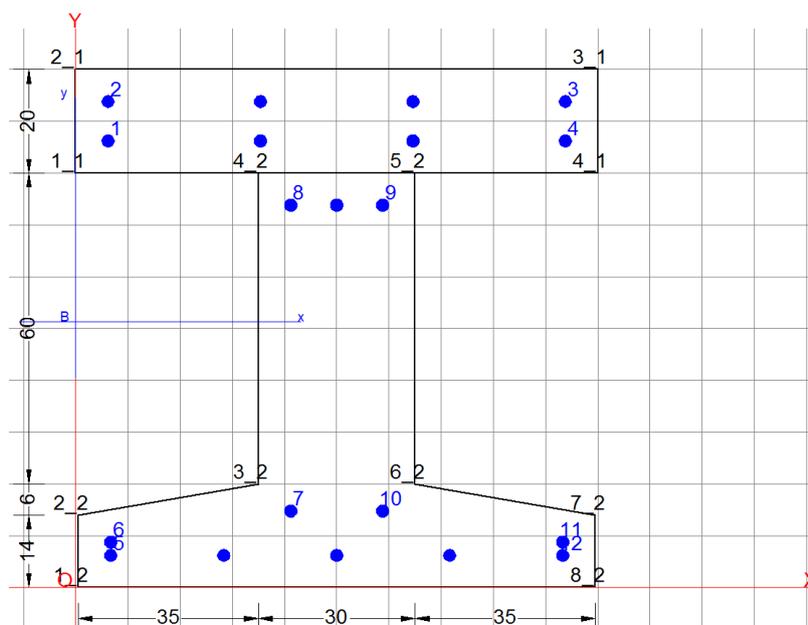
$$M_v = M_i(g_1) + [ M_f(g_1) - M_i(g_1) ] \times K_v$$

In appoggio, il valore di  $M_i(g_1)$ , risulta nullo, per cui, il momento finale agente in appoggio sarà dato da  $M_f(g_1) \times K_v$ , con  $K_v = 0.754$ .

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>M</b> (kNm)	-808	-360
<b>N</b> (kN)	0	0

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: 200115\_appoggio fase3\_bt**



**Descrizione Sezione:**

Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
CALCESTRUZZO -	Classe:	C37/45
	Resis. compr. di progetto fcd:	20.960 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	34545.1 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.330 MPa	

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	84 di 135

Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	222.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

<b>ACCIAIO -</b>	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

##### DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	80.0
2	0.0	100.0
3	100.0	100.0
4	100.0	80.0

##### DOMINIO N° 2

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C37/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.5	0.0
2	0.5	14.0
3	35.0	20.0
4	35.0	80.0
5	65.0	80.0
6	65.0	20.0
7	99.5	14.0
8	99.5	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	6.0	86.0	24
2	6.0	94.0	24
3	94.0	94.0	24
4	94.0	86.0	24
5	6.5	6.0	24
6	6.5	9.0	24

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	85 di 135

7	41.0	15.0	24
8	41.0	74.0	24
9	59.0	74.0	24
10	59.0	15.0	24
11	93.5	9.0	24
12	93.5	6.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	5	12	3	24
2	2	3	2	24
3	1	4	2	24

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	263.60	-808.90	0.00
2	98.90	-358.20	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	200.10	-611.60	0.00
2	192.00	-544.30	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	200.10	-611.60 (-596.42)	0.00 (0.00)
2	192.00	-544.30 (-600.89)	0.00 (0.00)

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	86 di 135

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	91.30	-254.00 (-602.07)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.8 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	263.60	-808.90	263.48	-1383.27	1.71	86.0(16.7)
2	S	98.90	-358.20	98.96	-1317.14	3.69	86.0(16.7)

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00070	0.5	0.0	0.00053	6.5	6.0	-0.00196	94.0	94.0
2	0.00066	0.5	0.0	0.00049	6.5	6.0	-0.00196	94.0	94.0

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	87 di 135

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000028301	0.000703826	---	---
2	0.000000000	-0.000027820	0.000658548	---	---

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.03	0.5	0.0	-164.3	64.7	94.0	2104	36.2
2	S	4.49	0.5	0.0	-144.5	64.7	94.0	2104	36.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.03	0.5	0.0	-164.3	64.7	94.0	2104	36.2
2	S	4.49	0.5	0.0	-144.5	64.7	94.0	2104	36.2

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00090	0	0.500	24.0	48	0.00049 (0.00049)	400	0.197 (0.20)	-596.42	0.00
2	S	-0.00079	0	0.500	24.0	48	0.00043 (0.00043)	400	0.174 (0.20)	-600.89	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.10	0.5	0.0	-67.2	64.7	94.0	2104	36.2

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	88 di 135

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00037	0	0.500	24.0	48	0.00020 (0.00020)	400	0.081 (0.20)	-602.07	0.00

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

### 7.7.2 Verifica a taglio

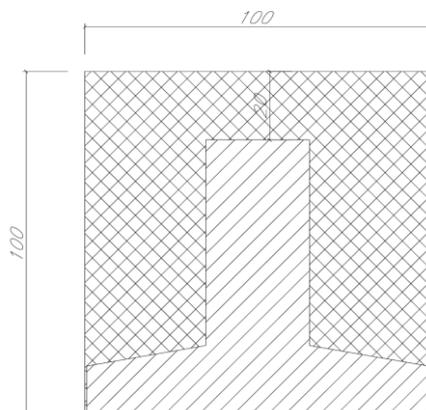
Tenendo conto della fase di trave appoggiata e del successivo cambio di schema statico abbiamo un taglio di progetto massimo pari a:

Taglio di Prima fase:  $T_{ed1} = 115 \text{ kN}$

Taglio di seconda fase:  $T_{ed2} = 687 \text{ kN}$

Il taglio di seconda fase è ripartito in base al più gravoso dei seguenti metodi:

- 1) Ripartizione in base alle aree a taglio.
- 2) Ripartizione al 50%.



$$A1 = 5/6 * 30 * 80 = 2000 \text{ cm}^2$$

$$A2 = 5/6 * 70 * 100 = 5835 \text{ cm}^2$$

Taglio su sezione trave a T (Area1 )

$$T = 115 (100\%) + 687 * 0.5 = 458.5 \text{ kN}$$

Taglio su sezione 2

$$T = 687 * 0.5 = 344 \text{ kN}$$

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	90 di 135

### Caratteristiche materiali

CIs

$R_{ck}$	45	$N/mm^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck}$	37.35	$N/mm^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm}$	45.35	$N/mm^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd}$	24.90	$N/mm^2$	resistenza cilindrica di progetto a compressione
$f_{ctm}$	3.35	$N/mm^2$	resistenza a trazione media
$f_{ctm}$	4.02	$N/mm^2$	resistenza a trazione media per fessurazione
$E_{cm}$	34625	$N/mm^2$	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ )
$\nu$	0		coefficiente di Poisson

### Acciaio barre longitudinali

$f_{yk}$	450	$N/mm^2$	
$f_{yd}$	391.3	$N/mm^2$	

### Acciaio staffe

$f_{yk}$	450	$N/mm^2$	
$f_{yd}$	391.3	$N/mm^2$	

### Caratteristiche di aderenza delle barre

$\eta$	1.00		
$f_{bk}$	5.28	$N/mm^2$	tensione di aderenza caratteristica
$f_{bd}$	3.52	$N/mm^2$	tensione di aderenza di progetto

### Calcoli preliminari

$A_{sI}$	2714.3	$mm^2$	area dell'armatura longitudinale
----------	--------	--------	----------------------------------

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	91 di 135

$\rho_l$	0.0119		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0119		rapporto considerato nei calcoli
$\sigma_{cp}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>	tensione media considerata nei calcoli
$A_{sw}$	157.1	mm <sup>2</sup>	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)
Elemento armato a taglio			
$\alpha$	1.571	rad	inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale
$\theta$	0.384	rad	inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave
$f'_{cd}$	12.450	N/mm <sup>2</sup>	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$\alpha_c$	1.000		coefficiente maggiorativo per compressione
$N_{Rd}$	5677	KN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.00		
$ctg\theta$	2.48		
$V_{Rsd}$	520.3	KN	taglio resistente relativo alle armature tese
$V_{Rcd}$	754.2	KN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
$V_{Rd}$	520.3	KN	taglio resistente di calcolo

La sezione risulta armata con staffa  $\phi 12/20$

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

### 7.8 Verifiche di deformabilità dell'impalcato

Il confort di marcia per i passeggeri è controllato limitando i valori della freccia verticale in funzione della luce del numero delle campate e della velocità V di percorrenza del convoglio.

La freccia massima che si ha per il solo carico accidentale, è 0.0014m.

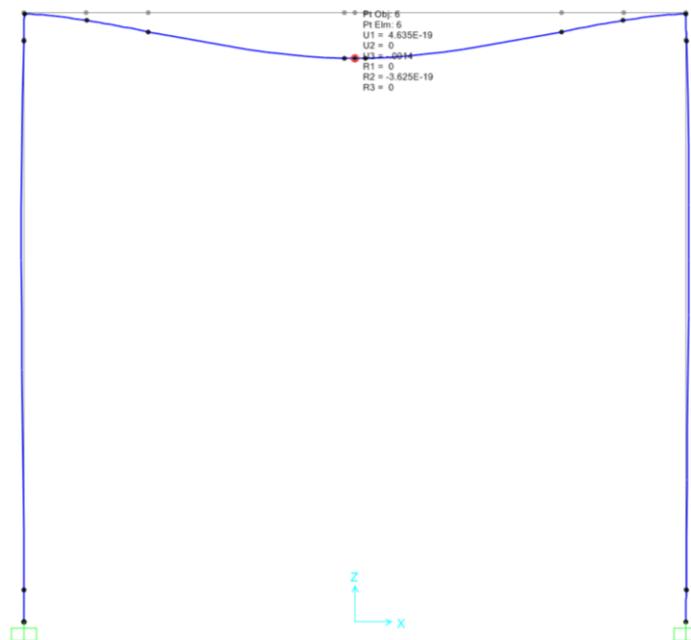


Figura 20 - deformazioni modello STR per carico Q1,1

Il valore massimo di deformazione per effetto di tale carico risulta pari a:

$$\delta = 0.0014\text{m} = 1.4 \text{ mm} \leq L/600$$

Tale valore consente di ritenere soddisfatte le verifiche di sghembo e di inflessione nel piano verticale.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) PROGETTO DEFINITIVO					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 001	REV. A

## 8 MODELLAZIONE E ANALISI SEZIONE 1

Segue la trattazione della Sezione 1 del manufatto in esame secondo modalità di analisi e verifica già adottate per la Sezione 1, pertanto verranno esposti i soli risultati.

### 8.1 VERIFICHE STRUTTURALI – SLU/SLE

Le verifiche riguardano gli elementi strutturali identificati come piedritti e la porzione di soletta gettata in opera. Di seguito le sezioni verificate



#### 8.1.1 Piedritto – Sezione S1

##### Verifiche a Pressoflessione

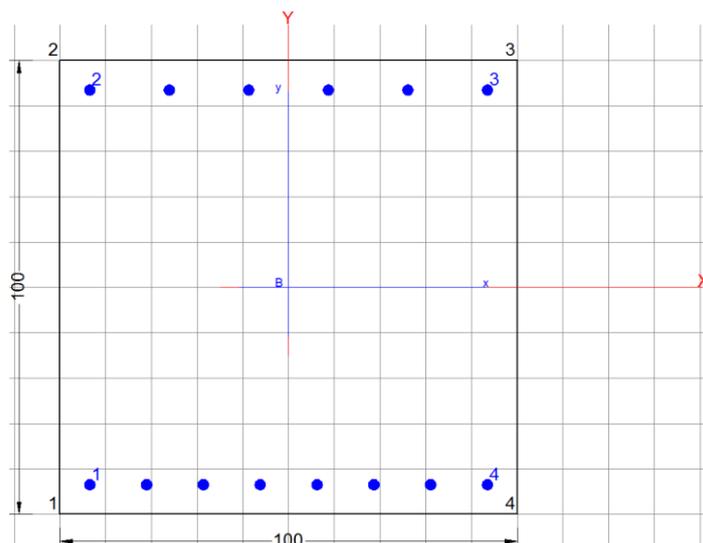
Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>M</b> (kNm)	1185	961
<b>N</b> (kN)	1066	657

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.  
 NOME SEZIONE: PI\_SEZ1

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	94 di 135



Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:	C32/40
Resis. compr. di progetto $f_{cd}$ :	18.130 MPa
Def.unit. max resistenza $ec2$ :	0.0020
Def.unit. ultima $ecu$ :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale $E_c$ :	33346.0 MPa
Resis. media a trazione $f_{ctm}$ :	3.020 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. $f_{yk}$ :	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura $f_{tk}$ :	450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto $f_{yd}$ :	391.30 MPa
Resist. ultima di progetto $f_{td}$ :	391.30 MPa
Deform. ultima di progetto $E_{pu}$ :	0.068
Modulo Elastico $E_f$ :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	95 di 135

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

360.00 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

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

### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-43.5	-43.5	24
2	-43.5	43.5	24
3	43.5	43.5	24
4	43.5	-43.5	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N° Comb.	N	Mx	Vy
1	1065.90	1184.10	0.00
2	656.40	960.90	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
----------	---	----	----

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	96 di 135

1	582.50	708.60	0.00
2	575.20	629.80	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	582.50	708.60 (726.91)	0.00 (0.00)
2	575.20	629.80 (741.35)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	536.80	265.00 (978.27)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1065.90	1184.10	1066.01	1614.59	1.36	63.3(30.0)
2	S	656.40	960.90	656.33	1465.81	1.52	63.3(30.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	97 di 135

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00091	-50.0	50.0	0.00072	-43.5	43.5	-0.00196	-43.5	-43.5
2	0.00081	-50.0	50.0	0.00062	-43.5	43.5	-0.00196	-43.5	-43.5

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000030710	-0.000620615	----	----
2	0.000000000	0.000029584	-0.000669599	----	----

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.82	-50.0	50.0	-158.6	31.1	-43.5	1650	36.2
2	S	5.19	-50.0	50.0	-134.5	31.1	-43.5	1650	36.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.82	-50.0	50.0	-158.6	31.1	-43.5	1650	36.2
2	S	5.19	-50.0	50.0	-134.5	31.1	-43.5	1650	36.2

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

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	98 di 135

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00088	0	0.500	24.0	53	0.00048 (0.00048)	366	0.174 (0.20)	726.91	0.00
2	S	-0.00075	0	0.500	24.0	53	0.00040 (0.00040)	366	0.148 (0.20)	741.35	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.22	-50.0	50.0	-28.4	31.1	-43.5	1650	36.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00016	0	0.500	24.0	53	0.00009 (0.00009)	366	0.031 (0.20)	978.27	0.00

#### Verifica a taglio

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>N (kN)</b>	1184	960
<b>V (kN)</b>	275	240

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Si dispongono comunque spilli trasversali nelle seguenti modalità:

- 1Ø12/40x40

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	99 di 135

### 8.1.2 Piedritto – Sezione S2

#### Verifiche a Pressoflessione

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>M (kNm)</b>	266	130
<b>N (kN)</b>	515	347

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A. NOME SEZIONE: PM\_SEZ1

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
 Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

**CALCESTRUZZO -**

Classe:	C32/40	
Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	100 di 135

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

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

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.5	-43.5	24
2	-43.5	43.5	24
3	43.5	43.5	24
4	43.5	-43.5	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	514.70	-266.80	0.00
2	347.30	-130.40	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	101 di 135

N°Comb.	N	Mx	My
1	366.10	-210.50	0.00
2	378.00	-197.50	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-210.50	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	-197.50	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	416.40	-100.70 (-2276.44)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	514.70	-266.80	514.55	-977.11	3.66	45.2(30.0)
2	S	347.30	-130.40	347.05	-911.38	6.99	45.2(30.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	102 di 135

Ys min      Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max      Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max      Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max      Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00064	-50.0	-50.0	0.00046	-43.5	-43.5	-0.00196	43.5	43.5
2	0.00059	-50.0	-50.0	0.00041	-43.5	-43.5	-0.00196	43.5	43.5

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000027762	-0.000748862	----	----
2	0.000000000	-0.000027238	-0.000771668	----	----

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.00	-50.0	-50.0	-40.0	21.8	43.5	1600	22.6
2	S	1.85	-50.0	-50.0	-32.7	21.8	43.5	1600	22.6

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.00	-50.0	50.0	-46.5	21.8	-43.5	4435	45.2
2	S	0.00	-50.0	50.0	-43.7	21.8	-43.5	4435	45.2

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100_001	A	103 di 135

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $s_r \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	s <sub>r</sub> max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00023	-0.00023	1.000	24.0	53	0.00014 (0.00014)	980	0.137 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00022	-0.00022	1.000	24.0	53	0.00013 (0.00013)	980	0.128 (0.20)	0.00	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.93	-50.0	-50.0	-1.6	21.8	43.5	700	22.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	s <sub>r</sub> max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	24.0	53	0.00000 (0.00000)	306	0.002 (0.20)	-2276.44	0.00

#### Verifica a taglio

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>N</b> (kN)	514	348
<b>V</b> (kN)	59	35

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Si dispongono comunque spilli trasversali nelle seguenti modalità:

- 1Ø12/40x40

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	104 di 135

### 8.1.3 Solettone superiore – Sezione S3

#### Verifiche a Pressoflessione

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>M (kNm)</b>	1340	587
<b>N (kN)</b>	0	0

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

NOME SEZIONE: mezzeria\_soletta

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>	

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	105 di 135

Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

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

### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-43.5	-43.5	26
2	-43.5	43.5	26
3	43.5	43.5	26
4	43.5	-43.5	26
5	43.5	-38.0	26
6	-43.5	-38.0	26

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N° Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	1340.60	0.00
2	0.00	586.60	0.00

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	106 di 135

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	939.40	0.00
2	61.90	865.60	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	939.40 (673.44)	0.00 (0.00)
2	61.90	865.60 (682.05)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	560.20 (673.44)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.9 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	1340.60	0.00	1987.85	1.48	90.3(30.0)
2	S	0.00	586.60	0.00	1987.85	3.39	90.3(30.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	107 di 135

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00090	-50.0	50.0	0.00070	-43.5	43.5	-0.00196	-43.5	-43.5
2	0.00090	-50.0	50.0	0.00070	-43.5	43.5	-0.00196	-43.5	-43.5

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000030568	-0.000626794		
2	0.000000000	0.000030568	-0.000626794		

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.13	-50.0	50.0	-185.1	-31.1	-43.5	2100	63.7
2	S	5.71	-50.0	50.0	-166.2	-31.1	-43.5	2100	63.7

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.13	-50.0	50.0	-185.1	-31.1	-43.5	2100	63.7
2	S	5.71	-50.0	50.0	-166.2	-31.1	-43.5	2100	63.7

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 e1 Esito della verifica  
 e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k3 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	108 di 135

$k_4$  = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 $\emptyset$  Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_c$  eff [eq.(7.11)EC2]  
 $C_f$  Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 $e_{sm} - e_{cm}$  Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 $s_r$  max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 $w_k$  Apertura fessure in mm calcolata =  $s_r \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 $M_x$  fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 $M_y$  fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	$e_1$	$e_2$	$k_2$	$\emptyset$	$C_f$	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_r$ max	$w_k$	$M_x$ fess	$M_y$ fess
1	S	-0.00102	0	0.500	26.0	52	0.00057 (0.00056)	322	0.185 (0.20)	673.44	0.00
2	S	-0.00092	0	0.500	26.0	52	0.00050 (0.00050)	322	0.161 (0.20)	682.05	0.00

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

N°Comb	Ver	$S_c$ max	$X_c$ max	$Y_c$ max	$S_f$ min	$X_s$ min	$Y_s$ min	$A_c$ eff.	$A_s$ eff.
1	S	3.66	-50.0	50.0	-110.4	-6.2	-43.5	2100	63.7

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

Comb.	Ver	$e_1$	$e_2$	$k_2$	$\emptyset$	$C_f$	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_r$ max	$w_k$	$M_x$ fess	$M_y$ fess
1	S	-0.00061	0	0.500	26.0	52	0.00033 (0.00033)	322	0.107 (0.20)	673.44	0.00

#### 8.1.4 Solettone superiore – Sezione S4

##### Verifiche a Pressoflessione

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>M (kNm)</b>	-983	-587
<b>N (kN)</b>	245	98

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

NOME SEZIONE: appoggio \_soletta

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	110 di 135

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

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

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.5	-43.5	26
2	-43.5	43.5	26
3	43.5	43.5	26
4	43.5	-43.5	26

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	244.80	-982.10	0.00
2	98.10	-586.40	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	111 di 135

N°Comb.	N	Mx	My
1	137.30	-719.80	0.00
2	128.90	-614.30	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	137.30	-719.80 (-655.57)	0.00 (0.00)
2	128.90	-614.30 (-657.91)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	65.30	-228.20 (-667.47)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.8 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	244.80	-982.10	244.96	-1510.79	1.54	69.0(30.0)
2	S	98.10	-586.40	97.82	-1455.39	2.48	69.0(30.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	112 di 135

Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00077	-50.0	-50.0	0.00058	-43.5	-43.5	-0.00196	43.5	43.5
2	0.00073	-50.0	-50.0	0.00054	-43.5	-43.5	-0.00196	43.5	43.5

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000029138	-0.000688980	----	----
2	0.000000000	-0.000028717	-0.000707292	----	----

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.35	-50.0	-50.0	-184.7	31.1	43.5	1650	42.5
2	S	4.58	-50.0	-50.0	-156.4	31.1	43.5	1650	42.5

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.35	-50.0	-50.0	-184.7	31.1	43.5	1650	42.5
2	S	4.58	-50.0	-50.0	-156.4	31.1	43.5	1650	42.5

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	113 di 135

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max(e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 \text{ e } (C4.1.7)NTC]$ . Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00102	0	0.500	26.0	52	0.00055 (0.00055)	349	0.193 (0.20)	-655.57	0.00
2	S	-0.00086	0	0.500	26.0	52	0.00047 (0.00047)	349	0.163 (0.20)	-657.91	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.71	-50.0	-50.0	-56.3	31.1	43.5	1650	42.5

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0	0.500	26.0	52	0.00017 (0.00017)	349	0.059 (0.20)	-667.47	0.00

#### Verifica a taglio

Le analisi svolte portano a considerare le seguenti sollecitazioni:

	SLU	SLV
<b>N (kN)</b>	245	98
<b>V (kN)</b>	647	332

#### Caratteristiche materiali

ClS

$R_{ck}$	45	$N/mm^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck}$	37.35	$N/mm^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm}$	45.35	$N/mm^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd}$	24.90	$N/mm^2$	resistenza cilindrica di progetto a compressione
$f_{ctm}$	3.35	$N/mm^2$	resistenza a trazione media
$f_{ctm}$	4.02	$N/mm^2$	resistenza a trazione media per fessurazione
$E_{cm}$	34625	$N/mm^2$	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ )
$\nu$	0		coefficiente di Poisson

#### Acciaio barre longitudinali

$$f_{yk} \quad 450 \quad \text{N/mm}^2$$

$$f_{yd} \quad 391.3 \quad \text{N/mm}^2$$

#### Acciaio staffe

$$f_{yk} \quad 450 \quad \text{N/mm}^2$$

$$f_{yd} \quad 391.3 \quad \text{N/mm}^2$$

#### Caratteristiche di aderenza delle barre

$$\eta \quad 1.00$$

$$f_{bk} \quad 5.28 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{tensione di aderenza caratteristica}$$

$$f_{bd} \quad 3.52 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{tensione di aderenza di progetto}$$

#### Calcoli preliminari

$$A_{sl} \quad 4247.4 \quad \text{mm}^2 \quad \text{area dell'armatura longitudinale}$$

$$\rho_l \quad 0.0044 \quad \text{rapporto geometrico d'armatura longitudinale}$$

$$\rho_{l,eff} \quad 0.0044 \quad \text{rapporto considerato nei calcoli}$$

$$\sigma_{cp} \quad 0.000 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{tensione media di compressione nella sezione}$$

$$\sigma_{cp,eff} \quad 0.000 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{tensione media considerata nei calcoli}$$

$$A_{sw} \quad 157.1 \quad \text{mm}^2 \quad \text{area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)}$$

#### Elemento armato a taglio

$$\alpha \quad 1.571 \quad \text{rad} \quad \text{inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale}$$

$$\theta \quad 0.384 \quad \text{rad} \quad \text{inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave}$$

$$f'_{cd} \quad 12.450 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{resistenza a compressione ridotta del cls d'anima}$$

$$\alpha_c \quad 1.000 \quad \text{coefficiente maggiorativo per compressione}$$

$$N_{Rd} \quad 23904 \quad \text{KN} \quad \text{sforzo normale di compressione ultimo}$$

$$\text{ctg}\alpha \quad 0.00$$

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	115 di 135

$ctg\theta$  2.48

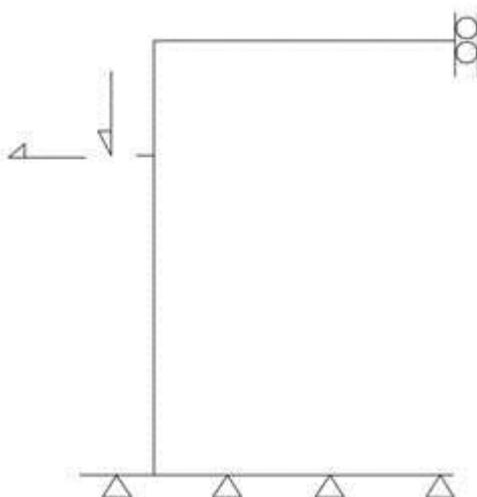
$V_{Rsd}$  657.2 KN taglio resistente relativo alle armature tese

$V_{Rcd}$  3175.7 KN taglio resistente relativo alle bielle compresse

$V_{Rd}$  657.2 KN taglio resistente di calcolo

## 9 VERIFICHE STRUTTURALI MURO FRONTALE

Al fine di verificare la sezione base del muro frontale su cui poggia l'impalcato è stato sviluppato un modello fem che schematizza il comportamento locale del manufatto.



Il muro frontale verificato è quello che prevede l'arrivo dell'VI-01

Le sollecitazioni analizzate sono le seguenti

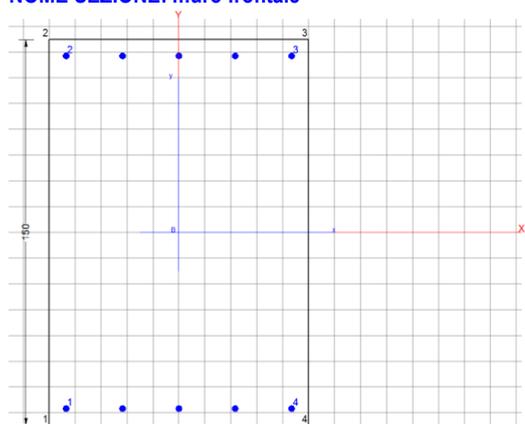
Load	Valore
G1-imp	252.84 kN/m
G2-imp	168.10 kN/m
LM71-SW2, vert	180.00 kN/m
LM71-SW2, fren	127.00 kN/m

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	117 di 135

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

NOME SEZIONE: muro frontale



Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

**CALCESTRUZZO -**

Classe:	C32/40
Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	118 di 135

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-75.0
2	-50.0	75.0
3	50.0	75.0
4	50.0	-75.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-43.5	-68.5	24
2	-43.5	68.5	24
3	43.5	68.5	24
4	43.5	-68.5	24

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	1555.88	-360.54	0.00
2	976.39	-169.32	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1120.39	-276.73	0.00

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	119 di 135

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1084.39	-407.25 (-4331.95)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1084.39	-407.25 (-4331.95)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1555.88	-360.54	1555.90	-2133.15	5.92	45.2(45.0)
2	S	976.39	-169.32	976.48	-1798.99	10.62	45.2(45.0)

### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	120 di 135

1	0.00071	-50.0	-75.0	0.00059	-43.5	-68.5	-0.00196	-43.5	68.5
2	0.00060	-50.0	-75.0	0.00048	-43.5	-68.5	-0.00196	-43.5	68.5

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000018590	-0.000683072	----	----
2	0.000000000	-0.000017807	-0.000736732	----	----

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.38	-50.0	-75.0	1.6	21.8	68.5	----	----

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.72	-50.0	-75.0	-4.9	21.8	68.5	1000	22.6

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00003	0	0.500	24.0	53	0.00001 (0.00001)	361	0.005 (0.20)	-4331.95	0.00

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	121 di 135

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.72	-50.0	-75.0	-4.9	21.8	68.5	1000	22.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00003	0	0.500	24.0	53	0.00001 (0.00001)	361	0.005 (0.20)	-4331.95	0.00

## 10 VERIFICHE STRUTTURALI PLINTO

Di seguito le verifiche strutturali del plinto di fondazione. La verifica è condotta con lo schema di mensola tozza considerando la sollecitazione massima agente sul palo.

#### VERIFICA ELEMENTI TOZZI

AZIONI	V <sub>sd</sub> (KN)	H <sub>sd</sub> (KN)
	1583	0

GEOMETRIA	h (cm)	c (cm)	d (cm)	a (cm)	b (cm)
	120	5	115	80	100

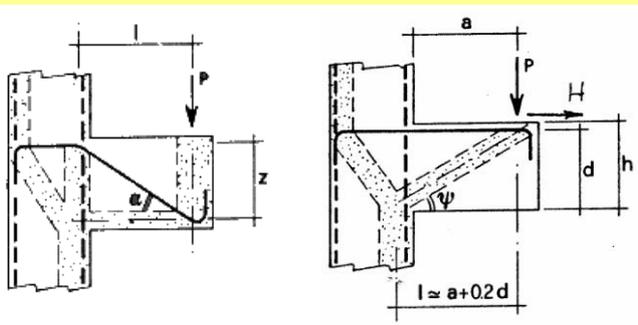
CLS	R <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>cd</sub> (MPa)
	C35/40	32	18.13

ARMATURA	f <sub>yk</sub> (MPa)	f <sub>yd</sub> (MPa)	A <sub>s</sub>	φ	n°	cm <sup>2</sup>
	450	391.3		24	10.00	45.24

#### NTC 2008

Elemento con staffe

γ	1.50
λ = L/0,9d	1.00
α (°)	0.00
ψ (°)	45.1
A' <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	0.00
φ (mm)	0
n°	0.00



P <sub>Rc</sub> (KN)	6286.30
P <sub>Rs</sub> (KN)	1778.81
ΔP <sub>Rc</sub> (KN)	0.00
ΔP <sub>Rs</sub> (KN)	0.00
P <sub>Rd</sub> (KN)	1778.81

## 11 VERIFICHE STRUTTURALI PALO

 <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>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	122 di 135

Le verifiche strutturali del palo vengono effettuate con le seguenti sollecitazioni allo stato limite ultimo, dedotte dal modello di calcolo.

	<b>SLU</b>	<b>SLV</b>
<b>N (kN)</b>	2170	1098
<b>M (kNm)</b>	618.7	192.5

I valori del momento sono dedotti dal prodotto del taglio per i coefficienti alfa (Matlock&Reese), deducibili dalla relazione Geotecnica.

### *Verifiche a Pressoflessione*

#### **DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** palo

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### **CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>	

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	123 di 135

Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 40.0 cm  
 X centro circ.: 0.0 cm  
 Y centro circ.: 0.0 cm

### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	31.5	18	30
2	0.0	0.0	25.5	9	30

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	3799.00	-831.29	0.00
2	1669.00	172.66	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2049.00	31.97	0.00

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

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	124 di 135

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	2049.00	31.97 (0.00)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1944.00	-285.50 (-709.12)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	3799.00	-831.29	3798.87	-1216.47	1.46	190.9(15.1)
2	S	1669.00	172.66	1669.29	1333.61	7.72	190.9(15.1)

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00200	0.0	-40.0	0.00164	0.0	-31.5	-0.00103	0.0	31.5
2	0.00200	0.0	40.0	0.00156	0.0	31.5	-0.00173	0.0	-31.5

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

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	125 di 135

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000042447	0.000302103	---	---
2	0.000000000	0.000052232	-0.000089273	---	---

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.99	0.0	0.0	34.3	0.0	-31.5	---	---

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.99	0.0	0.0	34.3	0.0	-31.5	---	---

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.03	0.0	0.0	-6.1	0.0	31.5	297	7.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00009	0	0.500	30.0	70	0.00002 (0.00002)	452	0.008 (0.20)	-709.12	0.00

*Verifiche a Taglio*

Il valore di taglio massimo agente è quello SLU pari a 454 kN

**Caratteristiche materiali**

ClS

$R_{ck}$	30	$N/mm^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck}$	24.90	$N/mm^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm}$	32.90	$N/mm^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd}$	16.60	$N/mm^2$	resistenza cilindrica di progetto a compressione
$f_{ctm}$	2.56	$N/mm^2$	resistenza a trazione media
$f_{ctm}$	3.07	$N/mm^2$	resistenza a trazione media per fessurazione
$E_{cm}$	31447	$N/mm^2$	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 $f_{cm}$ )
$\nu$	0		coefficiente di Poisson

Acciaio barre longitudinali

$f_{yk}$	450	$N/mm^2$
$f_{yd}$	391.3	$N/mm^2$

Acciaio staffe

$f_{yk}$	450	$N/mm^2$
$f_{yd}$	391.3	$N/mm^2$

Caratteristiche di aderenza delle barre

$\eta$	1.00		
$f_{bk}$	4.03	$N/mm^2$	tensione di aderenza caratteristica
$f_{bd}$	2.69	$N/mm^2$	tensione di aderenza di progetto

### Calcoli preliminari

$A_{sl}$	2654.6	$mm^2$	area dell'armatura longitudinale
$\rho_l$	0.0064		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0064		rapporto considerato nei calcoli
$\sigma_{cp}$	0.000	$N/mm^2$	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	0.000	$N/mm^2$	tensione media considerata nei calcoli
$A_{sw}$	226.2	$mm^2$	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

### Elemento armato a taglio

$\alpha$	1.571	rad	inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale
$\theta$	0.384	rad	inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave
$f'_{cd}$	8.300	$N/mm^2$	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$\alpha_c$	1.000		coefficiente maggiorativo per compressione
$N_{Rd}$	6927	KN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.00		
$ctg\theta$	2.48		
$V_{Rsd}$	611.2	KN	taglio resistente relativo alle armature tese
$V_{Rcd}$	920.2	KN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
$V_{Rd}$	611.2	KN	taglio resistente di calcolo

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	Relazione di Calcolo GA01	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	128 di 135

## 12 MODELLAZIONE E ANALISI SEZIONE 3

Segue la trattazione della Sezione 3 del manufatto in esame secondo modalità di analisi e verifica già adottate per la Sezione 1, pertanto verranno esposti i soli risultati.

### 12.1 VERIFICHE STRUTTURALI – SLU/SLE

A fronte dello stato sollecitativo di seguito mostrato, si evince che la sezione 3 non risulta dimensionante per nessuna delle sezioni analizzate, pertanto le verifiche sezionali vengono omesse. Stesso ragionamento segue per lo scarico in fondazione.

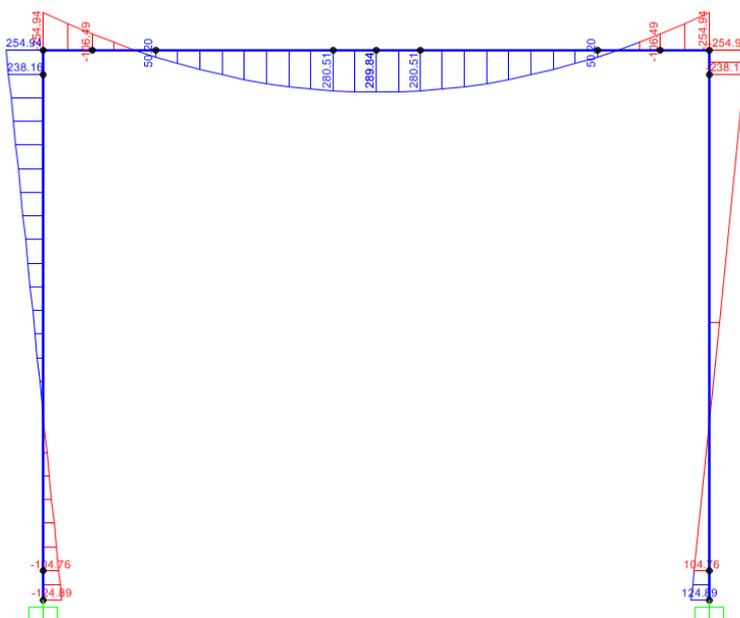


Figura 21: sez1\_Dead\_M+=290kNm\_M=-255kNm

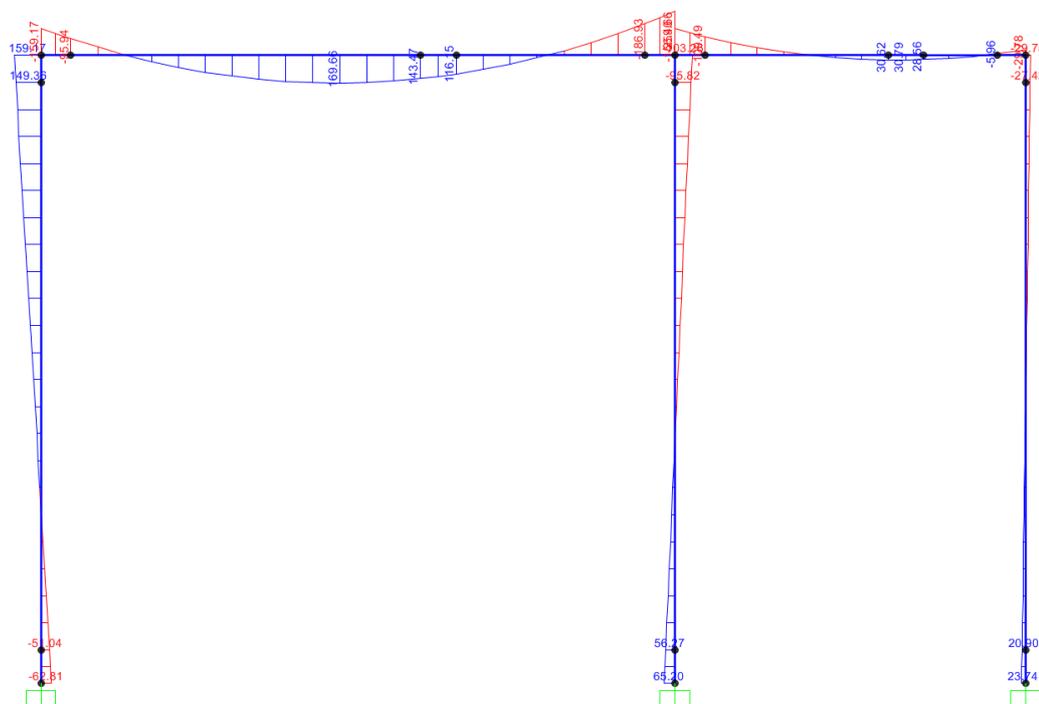


Figura 22: sez3\_Dead\_M+=170kNm\_M=-260kNm

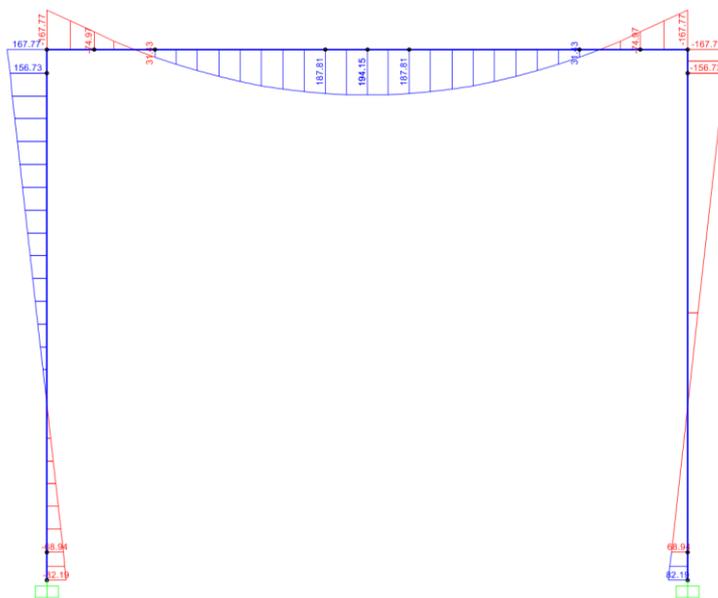


Figura 23: sez1\_G2,ballast\_M+=195kNm\_M=-168kNm

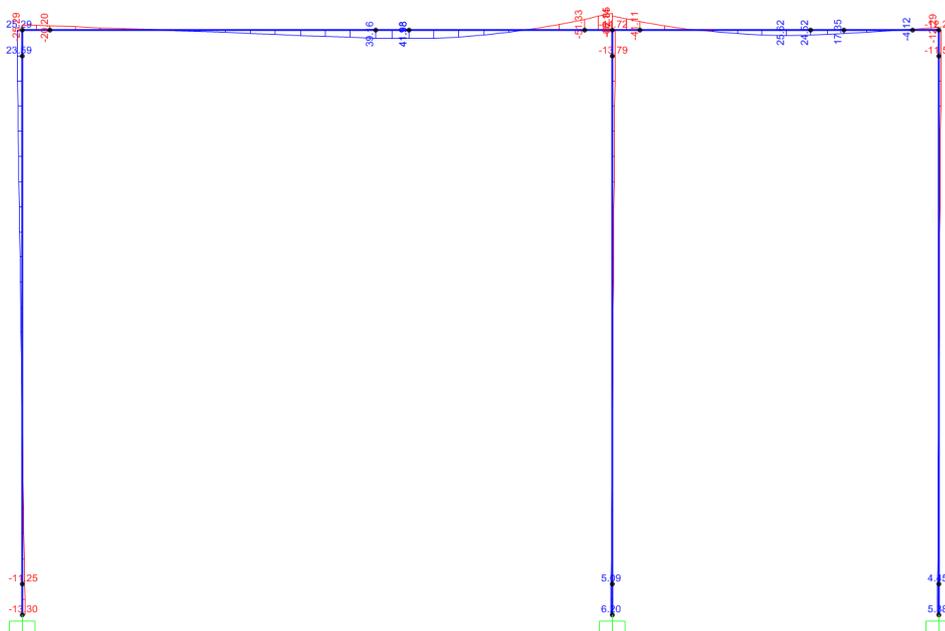


Figura 24: sez3\_G2,ballast\_M+=42kNm\_M=-78kNm

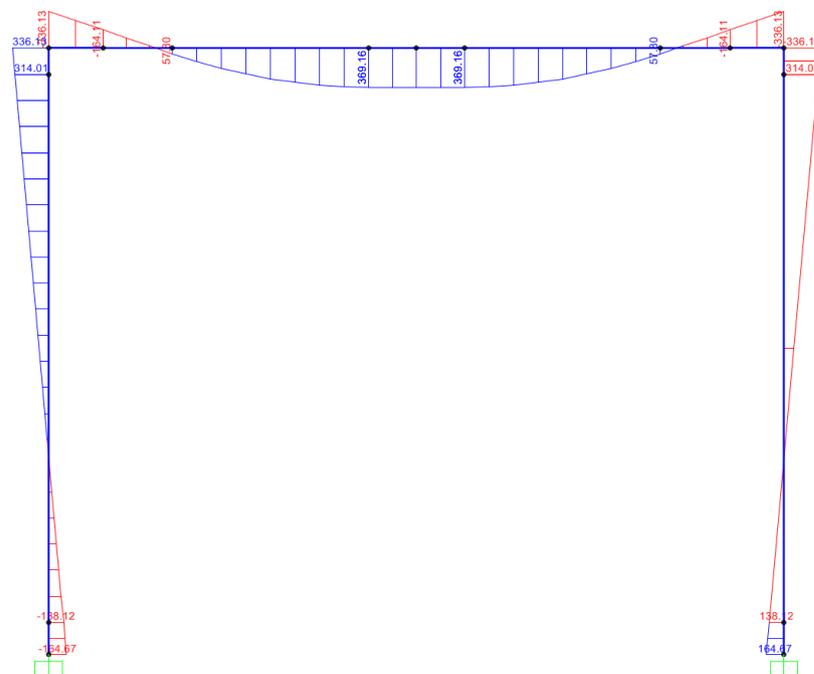


Figura 25: sez1\_Q,lm71\_M+=370kNm\_M=-337kNm

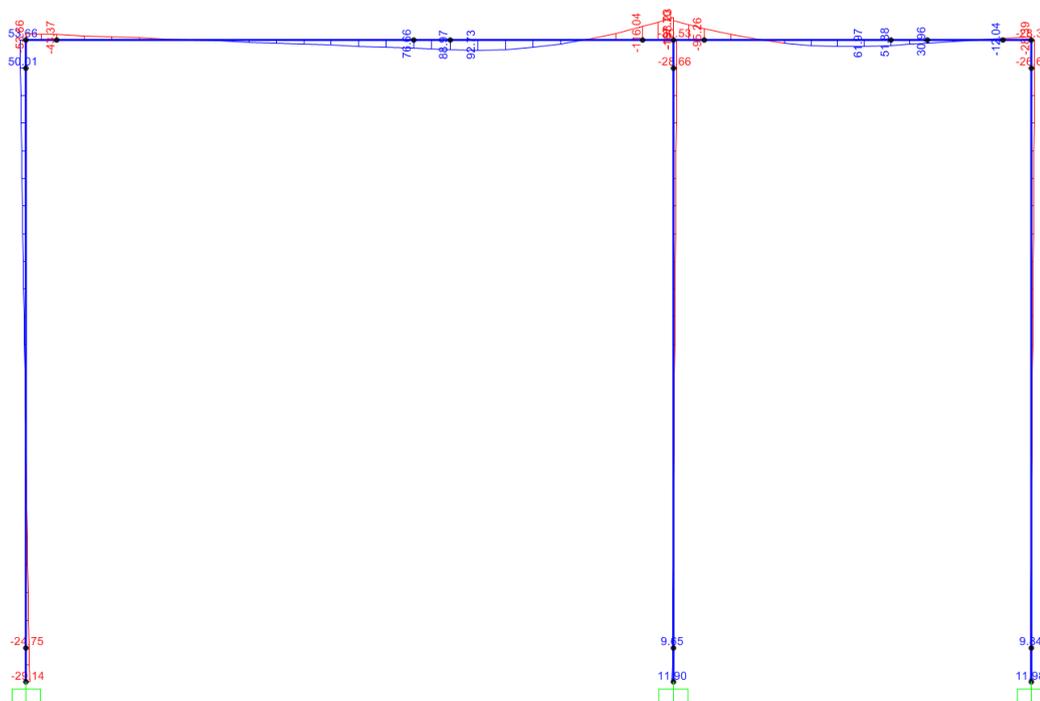


Figura 26: sez1\_Q,lm71\_M+=93kNm\_M=-190kNm

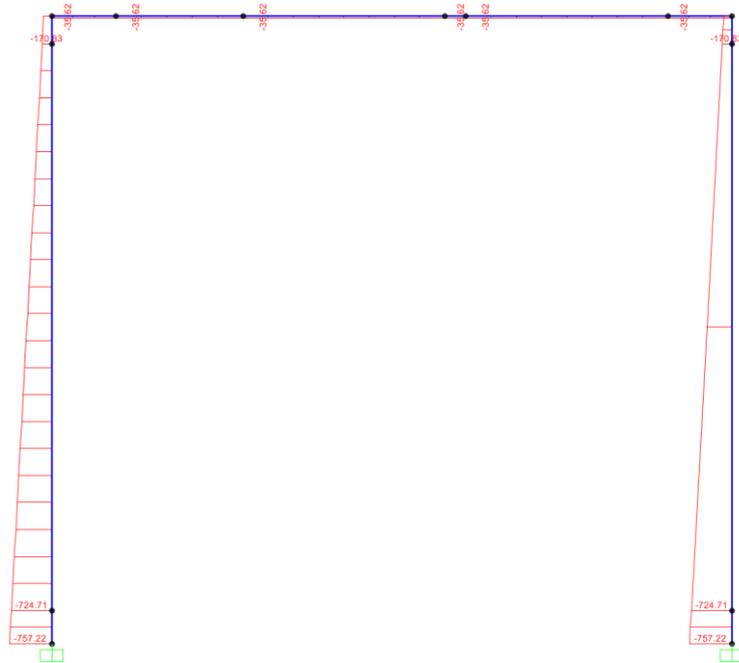


Figura 27: sez2\_Dead\_N=758 kN

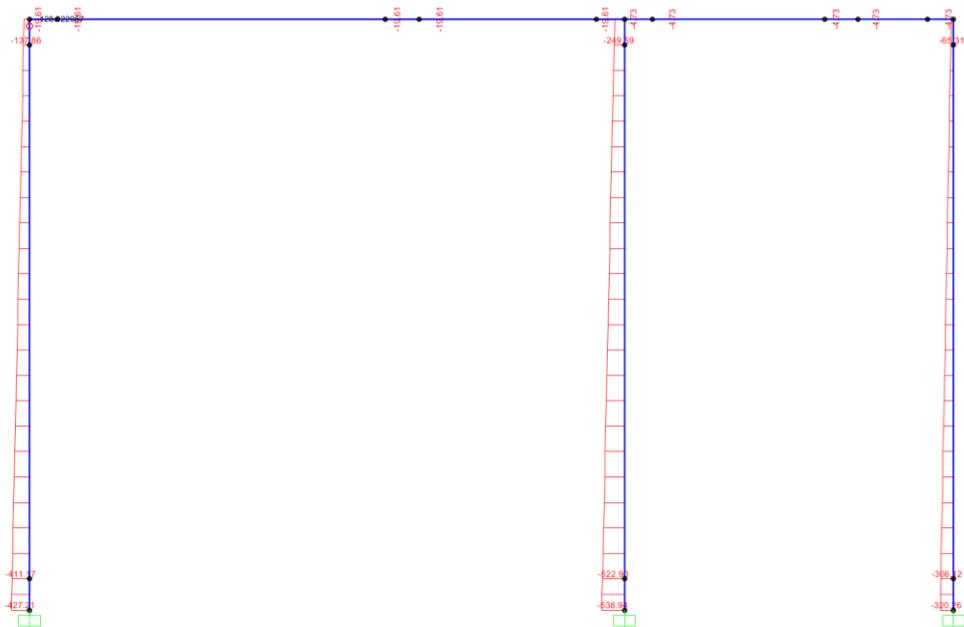


Figura 28: Sez 3\_Dead\_N=539 kN

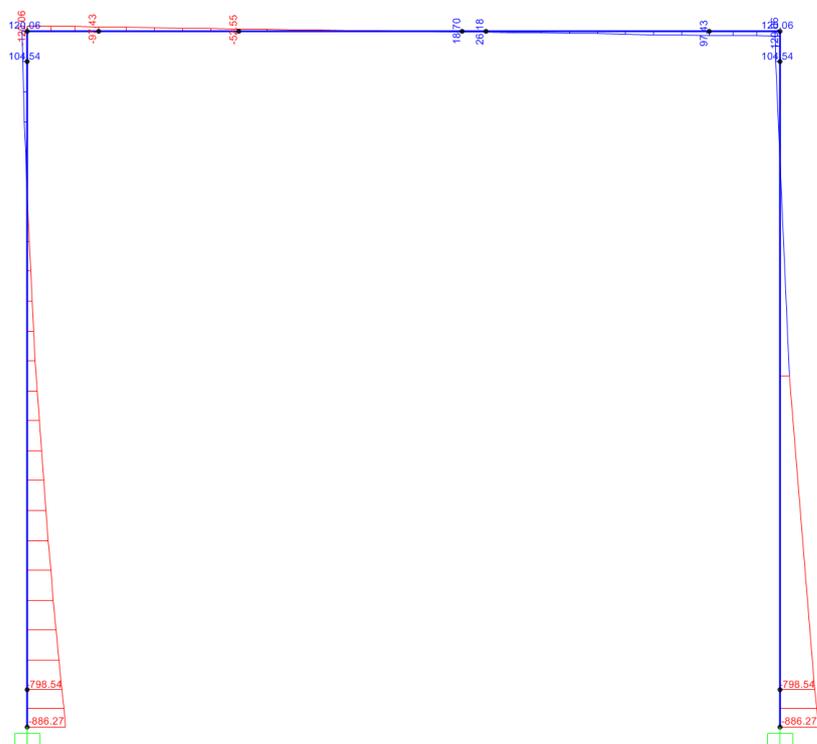


Figura 29: Sez2\_SismaX\_M=887 kN

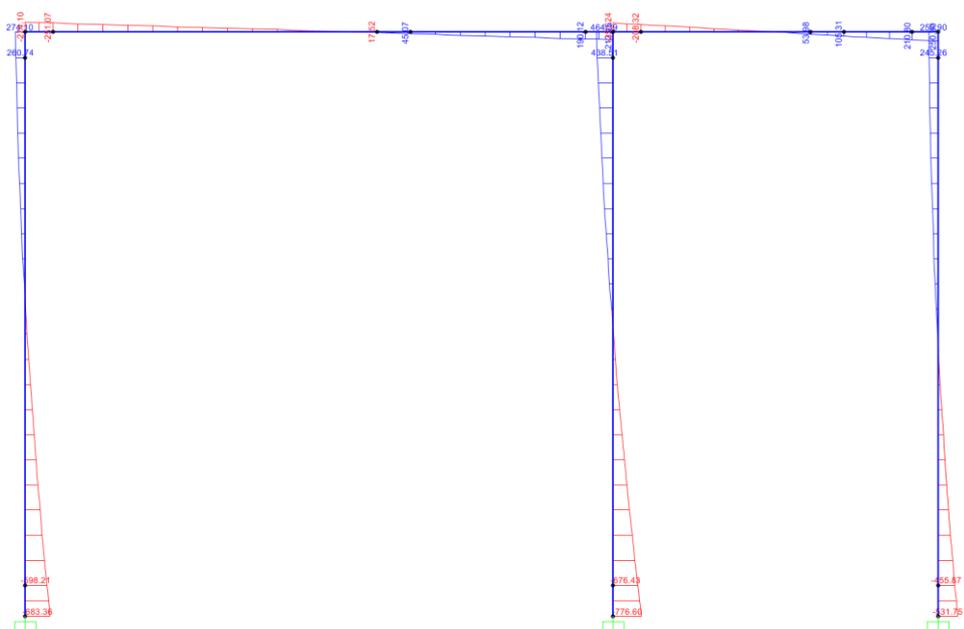


Figura 30: Sez3\_SismaX\_M=777 kN



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)  
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di Calcolo GA01

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	CL	GA0100 001	A	134 di 135

### 13 INCIDENZA ARMATURE

<i>Elemento</i>	<i>Incidenza [kg/m<sup>3</sup>]</i>
Piedritti	140
Solettone (travi pref.)	140
Solettone (get. in opera)	130
Trave Prefabbricata	170
Trave cordolo fondazione	120
Pali di fondazione	235