

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA**

**INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA**

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

Relazione di calcolo spalle e fondazioni

SCALA:

-

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

I R 0 B 0 1 D 1 0 C L I V 0 1 0 4 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Dinelli <i>[Signature]</i>	Luglio 2020	S.Paoloni <i>[Signature]</i>	Luglio 2020	T.Paolotti <i>[Signature]</i>	Luglio 2020	L.Berardi Luglio 2020 

File : IROB02D10CLIV0104001A.doc

n. Elab.:

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	2 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

## Indice

1	INTRODUZIONE .....	4
2	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA .....	5
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
3.1	NORMATIVA .....	7
3.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	8
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	9
5	UNITA' DI MISURA .....	11
6	MATERIALI.....	12
6.1	CALCESTRUZZO .....	12
6.2	ACCIAIO PER ARMATURE .....	13
7	SPALLA FISSA .....	14
7.1	ANALISI DEI CARICHI.....	15
7.1.1	<i>Peso proprio della spalla e dei pali (G1).....</i>	<i>15</i>
7.1.2	<i>Peso proprio del rilevato (G1).....</i>	<i>15</i>
7.1.3	<i>Peso permanenti portati dalla spalla (G2).....</i>	<i>16</i>
7.1.4	<i>Spinta del terreno sulle pareti della spalla (G1).....</i>	<i>16</i>
7.1.5	<i>Spinta del sovraccarico stradale.....</i>	<i>17</i>
7.1.6	<i>Azioni indotte dall' impalcato.....</i>	<i>18</i>
7.1.7	<i>Azioni sismiche.....</i>	<i>23</i>
7.2	COMBINAZIONI DI CARICO.....	25
7.3	SOLLECITAZIONI COMBinate .....	26
7.4	VERIFICHE DI RESISTENZA DEL MURO FRONTALE.....	28
7.4.1	<i>Verifica pressoflessione armatura verticale (M22).....</i>	<i>28</i>
7.4.2	<i>Verifica a Taglio V23.....</i>	<i>33</i>

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	3 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

7.4.3	Verifica pressoflessione armatura orizzontale (M11)	35
7.4.4	Verifica a Taglio V13	40
7.5	VERIFICHE DI RESISTENZA MURO PARAGHIAIA	42
7.5.1	Verifica pressoflessione armatura verticale (M22)	42
7.5.2	Verifica a Taglio V23	48
7.5.3	Verifica pressoflessione armatura orizzontale (M11)	49
7.5.4	Verifica a Taglio V13	55
7.6	VERIFICHE DI RESISTENZA MURI ANDATORI INFERIORI	56
7.6.1	Verifica pressoflessione armatura verticale (M22)	56
7.6.2	Verifica a Taglio V23	62
7.7	VERIFICA PRESSOFLESSIONE ARMATURA ORIZZONTALE (M11)	64
7.7.1	Verifica a Taglio V13	70
7.8	VERIFICHE DI RESISTENZA PLATEA DI FONDAZIONE	71
7.8.1	Verifica pressoflessione armatura verticale (M22)	71
7.8.2	Verifica a Taglio V23	77
7.8.3	Verifica pressoflessione armatura orizzontale (M11)	81
7.8.4	Verifica a Taglio V13	87
8	PALI DI FONDAZIONE	91
8.1	VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE	91
8.1.1	Verifica a Compressione	93
8.1.2	Verifica a Sfilamento	95
8.2	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE	97
8.3	CALCOLO DEI CEDIMENTI	102
8.4	VERIFICHE STRUTTURALI	103
9	INCIDENZE	109

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto Potenziamento della linea Foligno–Terontola, rientrano gli interventi di semplificazione e velocizzazione ed upgrade tecnologico presso la stazione di Ellera. Le attività prevedono la velocizzazione degli itinerari in deviato, l'adeguamento a STI dei marciapiedi di stazione e l'upgrading tecnologico dell'impianto esistente ACEI in un più moderno apparato ACC.

Il Programma di Esercizio fornito come input prevede interventi di semplificazione e velocizzazione dei deviatoi dell'impianto. In particolare si effettuano le seguenti lavorazioni:

- Sostituzione delle comunicazioni esistenti a 30 km/h con comunicazioni a 60 km/h lato Foligno. La sostituzione era prevista anche per i deviatoi lato Terontola ma è stato deciso successivamente da RFI di mantenere l'attuale velocità per le comunicazioni lato Terontola
- Realizzazione di tronchini di indipendenza per i binari di precedenza
- Ampliamento del marciapiede al servizio dei binari II e futuro III, accessibile attraverso un nuovo sottopasso, e adeguamento a STI del marciapiede esistente
- Dismissione dei binari di scalo lato F.V. e della relativa comunicazione di accesso posta sul I binario

Per la stazione di Ellera è inoltre previsto, come detto in precedenza, l'upgrade tecnologico dell'attuale apparato (con ACC telecomandabile) e conseguente riconfigurazione del Posto Centrale.

L'inizio dell'intervento è previsto alla progressiva Km 49+050 circa e termina alla progressiva Km 49+900 circa.

È prevista la modifica dell'attuale PRG di stazione allo schematico comunicato dal Cliente, la realizzazione di un nuovo sottopasso e dei collegamenti perdonali (rampe scale ed ascensori), innalzamento del marciapiede del binario I H=55cm e realizzazione di un nuovo marciapiede ad isola H=55cm. Inoltre verrà prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso pedonale.

Verranno previste due nuove pensiline ferroviarie su ciascun marciapiede a copertura del nuovo sottopasso.

Le suddette modifiche al PRG di stazione comportano la necessità di demolire e ricostruire il cavalcaferrovia di Via Corcianese.

Verrà previsto un nuovo Fabbricato Tecnologico per ospitare la cabina ACC, i locali tecnologici e la Cabina MT/BT, quest'ultima necessaria per una migliore gestione dei carichi elettrici presenti in stazione.

Saranno previsti infine, dal punto di vista impiantistico:

- illuminazione punte scambi;
- impianti RED;
- illuminazione scale, sottopasso, banchine
- impianti IaP e DS

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	5 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

## 2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La presente relazione riguarda il dimensionamento e la verifica del nuovo cavalcaferrovia al km 49+263.45 da realizzare in sostituzione di quello esistente.

L'asse del cavalcaferrovia forma un angolo di circa  $60^\circ$  con l'asse ferroviario, tutte le analisi sono state svolte considerando una sezione in asse con il cavalcaferrovia.

L'impalcato ad unica campata di circa 21.0 m è costituito da una sezione in cemento armato a travi incorporate (15 HEB900).

Di seguito si riportano le immagini della pianta e della sezione trasversale.

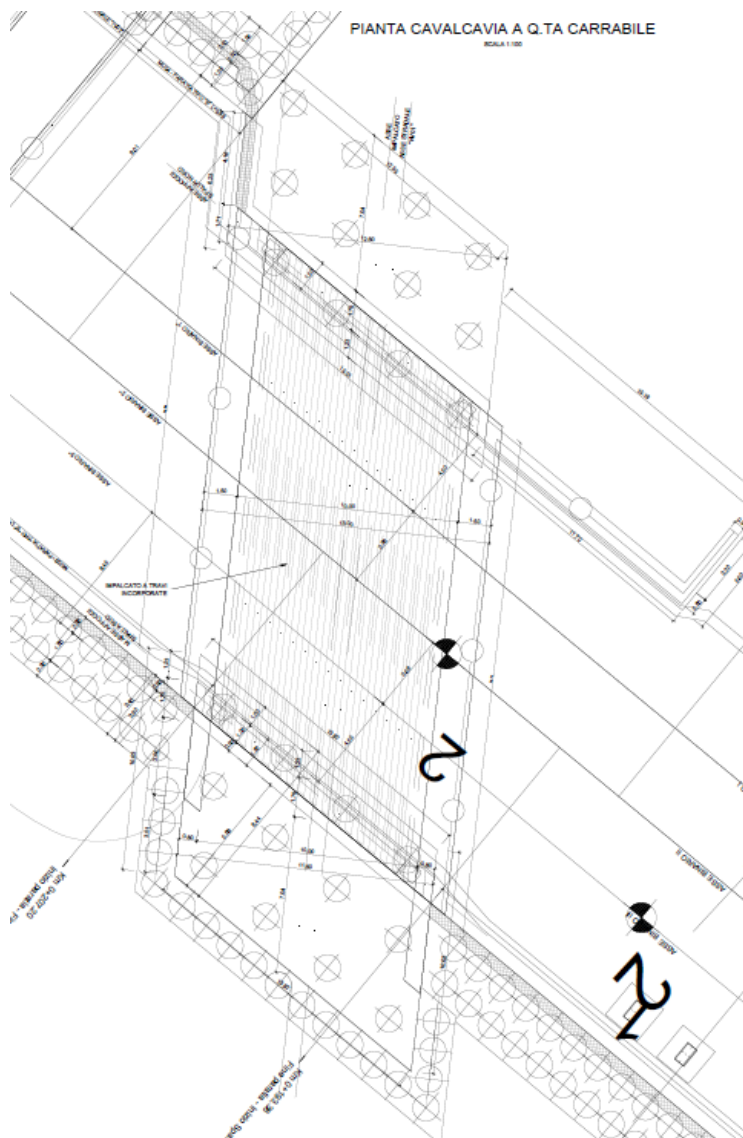
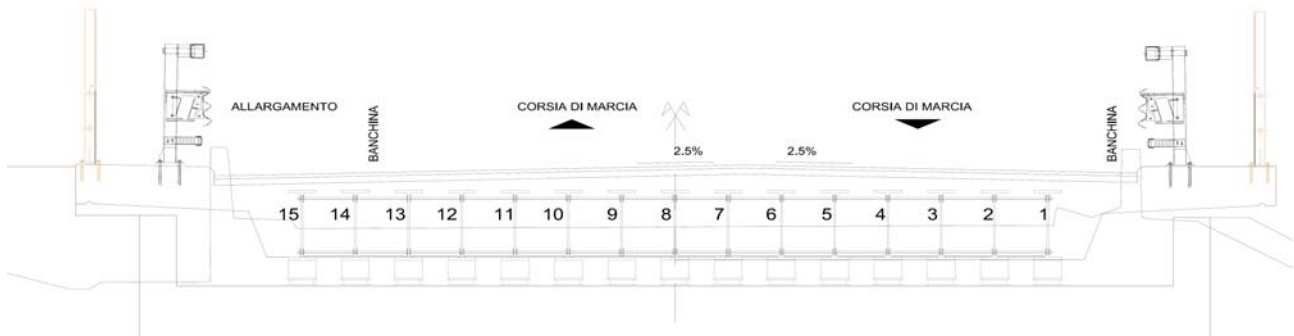
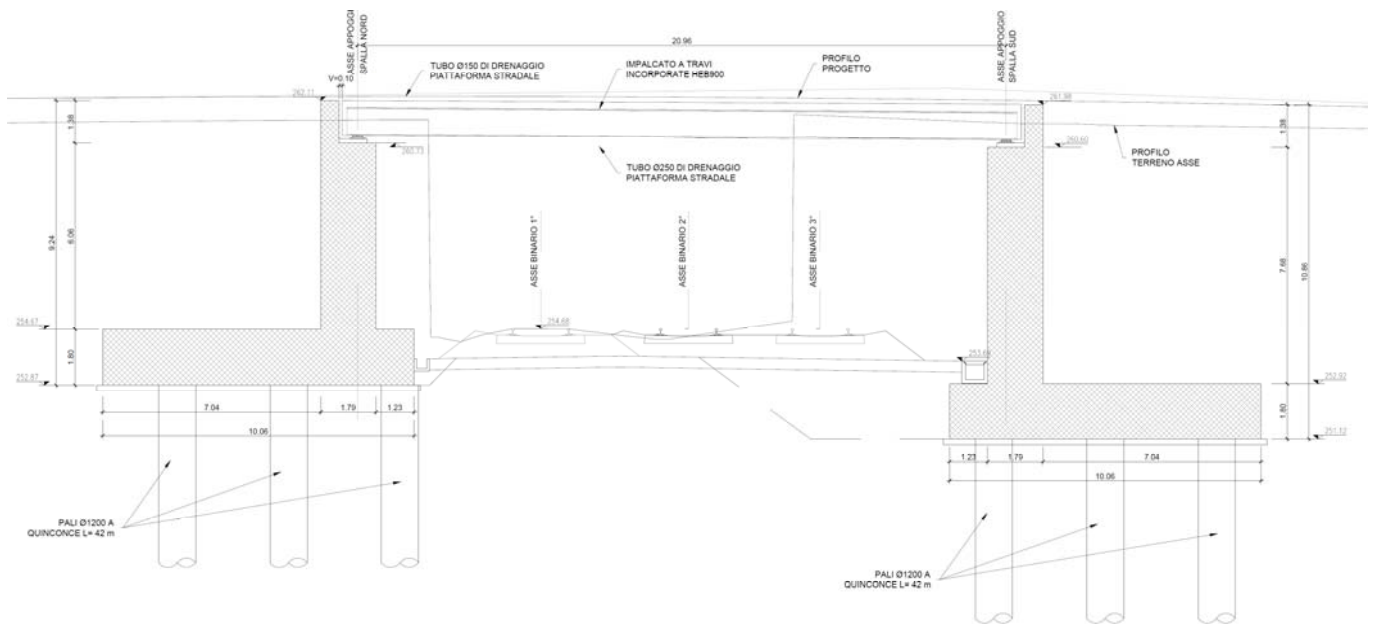


Figura 1: Pianta




*Figura 2: Sezione trasversale*



*Figura 3: Sezione longitudinale*

Le spalle sono realizzate in cemento armato, il paraghiaia ha spessore 1.38 m ed il paramento è pari a 6.06 m per la spalla nord e 7.68 m per la spalla sud. La zattera di fondazione ha forma prismatica e spessore di 1.80 m, la stessa è fondata su 12 pali  $\Phi 1200$  disposti a quinconce di lunghezza 42 m.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
<b>CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE</b>  <b>Relazione di calcolo spalle e fondazioni</b>	COMMESSA  IR0B	LOTTO  02	CODIFICA  D10	DOCUMENTO  CL IV0104 001	REV.  A	FOGLIO  7 di 109

### 3 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 Normativa

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le seguenti normative.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016 )
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- 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
- Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- *UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.*
- *UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi variabili.*
- *UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.*

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	8 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

- *UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.*
- *UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.*
- *UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.*
- *UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.*
- *UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.*
- *Calcestruzzo Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1 UNI 11104/2016;*
- *RFI DTC SI MA IFS 001 D – Dicembre 2019: Manuale di progettazione delle opere civili;*
- *RFI DTC SI SP IFS 001 D – Dicembre 2019: Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – RFI;*
- *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, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*

### 3.2 Elaborati di riferimento

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l’insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all’opera in esame e riportati in elenco elaborati.

CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE																					
Relazione tecnico descrittiva	-	I	R	0	B	0	2	D	1	0	R	O	I	V	0	1	0	0	0	0	1
Relazione di calcolo impalcato	-	I	R	0	B	0	2	D	1	0	C	L	I	V	0	1	0	9	0	0	1
Relazione di calcolo spalle e fondazioni	-	I	R	0	B	0	2	D	1	0	C	L	I	V	0	1	0	4	0	0	1
Pianta fondazioni e sezione longitudinale e trasversale	vari e	I	R	0	B	0	2	D	1	0	P	Z	I	V	0	1	0	0	0	0	1
Carpenteria spalla sud	1:50	I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	B	I	V	0	1	0	4	0	0	1
Carpenteria spalla nord	1:50	I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	B	I	V	0	1	0	4	0	0	2
Carpenteria impalcato		I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	Z	I	V	0	1	0	9	0	0	1
Apparecchi di appoggio e dispositivi di dilatazione		I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	Z	I	V	0	1	0	7	0	0	1
Carpenteria spalle		I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	Z	I	V	0	1	0	4	0	0	1
Dettagli costruttivi		I	R	0	B	0	2	D	1	0	B	Z	I	V	0	1	0	0	0	0	1



#### 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

L'interpretazione delle prove in sito e di laboratorio ha condotto alla definizione dei seguenti valori dei parametri meccanici per i terreni tipo individuati:

Unità	$\gamma$	$\phi'$	$c'$	$c_u$	$G_0$	$E_{op}$	$k$
	kN/m <sup>3</sup>	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(m/s)
<b>T1</b>	19.0	32÷35	0	-	95 ÷ 200	20 ÷ 50	1E-04 ÷ 1E-05
<b>T2</b>	19.0	34÷38	0	-	175 ÷ 310	40 ÷ 75	1E-04 ÷ 1E-05
<b>LA</b>	20.0	22÷24	5 ÷ 10	100 ÷ 250	350 ÷ 500	85 ÷ 120	1E-07 ÷ 1E-08

Si trascura lo spessore del riporto essendo questo esiguo e superficiale

La stratigrafia è stata dedotta in base ai risultati del sondaggio S4 situato proprio in corrispondenza del fosso.



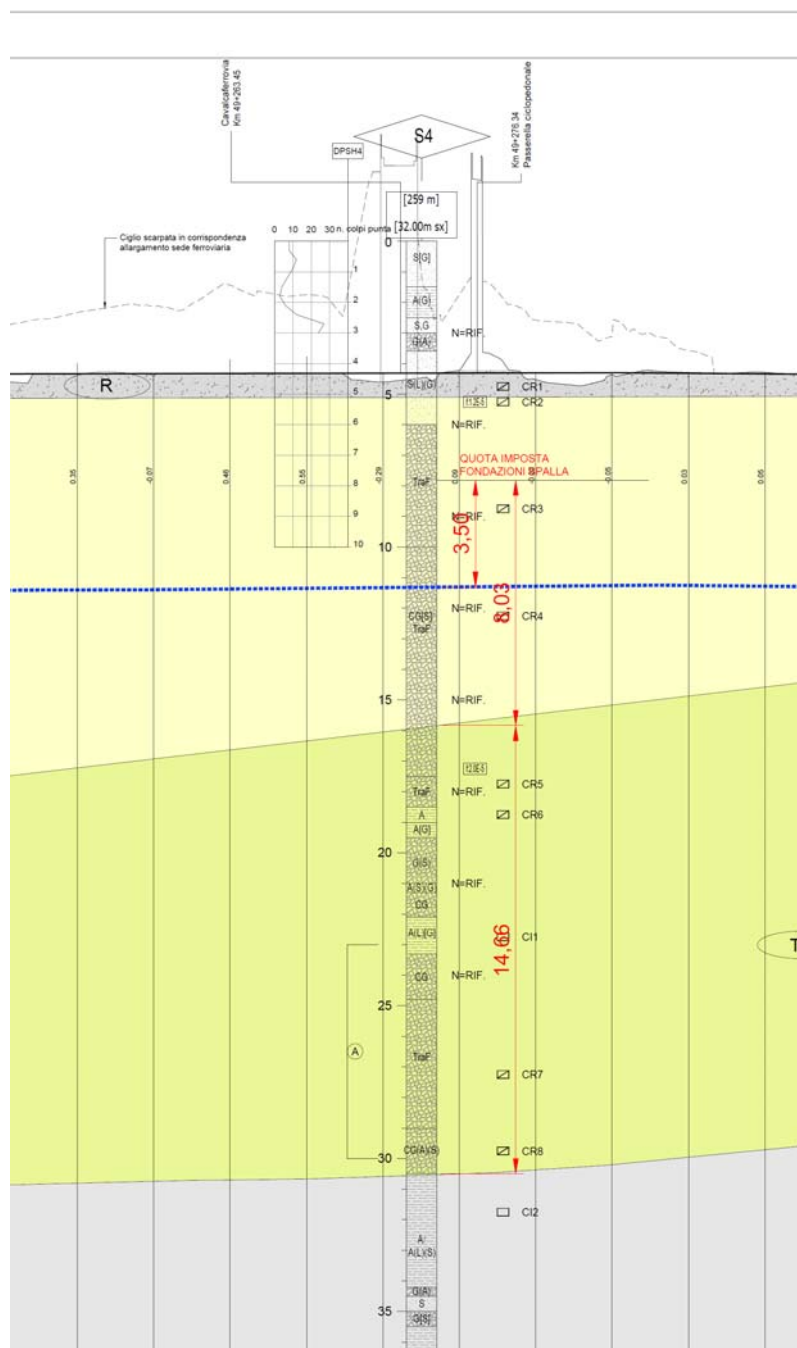
**Figura 2 - Ubicazione indagini di fase PD - Google Earth**

I dati della falda libera indicano un livello piezometrico che si attesta a circa 3.5 m dall'intradosso della fondazione della spalla SUD.

strato	profondità da	profondità a
	m da fond. spalla	m da fond. spalla
T1	0	8.0
T2	8.0	22.0
LA	22.0	-

**Tabella 1 - Stratigrafia di calcolo Materiali in sito.**

Dal punto di vista sismico il terreno è classificato di tipo B.



**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	11 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

## 5 UNITA' DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze [m]
- forze [kN]
- momenti [kNm]
- tensioni [MPa]

## 6 MATERIALI

### 6.1 CALCESTRUZZO

#### Calcestruzzo pali C25/30

Classe di resistenza = C25/30

$\gamma_c$  = peso specifico = 25.00 kN/m<sup>3</sup>

$R_{ck}$  = resistenza cubica = 30.00 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  = resistenza cilindrica caratteristica =  $0.83 \cdot R_{ck} = 24.9$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{cm}$  = resistenza cilindrica media =  $f_{ck} + 8 = 32.9$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctm}$  = resistenza a trazione media =  $0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.558$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctm}$  = resistenza a traz. per flessione media =  $1.20 \cdot f_{ctm} = 3.07$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctk}$  = resistenza a traz. per flessione caratt. =  $0.70 \cdot f_{ctm} = 1.79$  N/mm<sup>2</sup>

$E_{cm}$  = modulo elast. tra 0 e  $0.40 f_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447.16$  N/mm<sup>2</sup>

Classe minima di consistenza S4

Classe di esposizione XC2

Copriferro 60 mm

#### Calcestruzzo della platea di fondazione delle spalle C28/35

Classe di resistenza = C28/35

$\gamma_c$  = peso specifico = 25.00 kN/m<sup>3</sup>

$R_{ck}$  = resistenza cubica = 35.00 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  = resistenza cilindrica caratteristica =  $0.83 \cdot R_{ck} = 29.05$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{cm}$  = resistenza cilindrica media =  $f_{ck} + 8 = 37.05$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctm}$  = resistenza a trazione media =  $0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.83$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctm}$  = resistenza a traz. per flessione media =  $1.20 \cdot f_{ctm} = 3.40$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctk}$  = resistenza a traz. per flessione caratt. =  $0.70 \cdot f_{ctm} = 2.38$  N/mm<sup>2</sup>

$E_{cm}$  = modulo elast. tra 0 e  $0.40 f_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 32588.11$  N/mm<sup>2</sup>

Classe minima di consistenza S4

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	13 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Classe di esposizione XC4

Copriferro 40 mm

### Calcestruzzo per magrone C12/15

classe di resistenza: C12/15

classe di esposizione ambientale: X0

## **6.2 ACCIAIO PER ARMATURE**

Tipo = B 450 C

$\gamma_a$  = peso specifico = 78.50 kN/m<sup>3</sup>

$f_{y\ nom}$  = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{t\ nom}$  = tensione nominale di rottura = 540 N/mm<sup>2</sup>

$f_{yk\ min}$  = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{tk\ min}$  = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm<sup>2</sup>

$(f_t/f_y)_{k\ min}$  = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_{k\ max}$  = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

$(f_y/f_{y\ nom})_k$  = massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k$  = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm<sup>2</sup>

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:

$\varnothing < 12\ mm$  → 4  $\varnothing$ ;

$12 \leq \varnothing \leq 16\ mm$  → 5  $\varnothing$ ;

$16 < \varnothing \leq 25\ mm$  → 8  $\varnothing$ ;

$25 < \varnothing \leq 40\ mm$  → 10  $\varnothing$ .

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	14 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

## 7 SPALLA FISSA

Si esegue l'analisi e la verifica della spalla più sollecitata, quella in corrispondenza degli appoggi fissi che è caratterizzata anche da altezza dello spiccato maggiore.

Per il calcolo delle sollecitazioni sui vari elementi costituenti la spalla si considera un modello tridimensionale, realizzato mediante l'ausilio del programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 (CSI, versione v22.0.0).

Il modello agli elementi finiti è costituito da elementi di tipo *shell* che modellano il muro frontale, il muro paraghiaia, i muri andatori e la fondazione.

Il sistema di riferimento è definito secondo nel seguente modo:

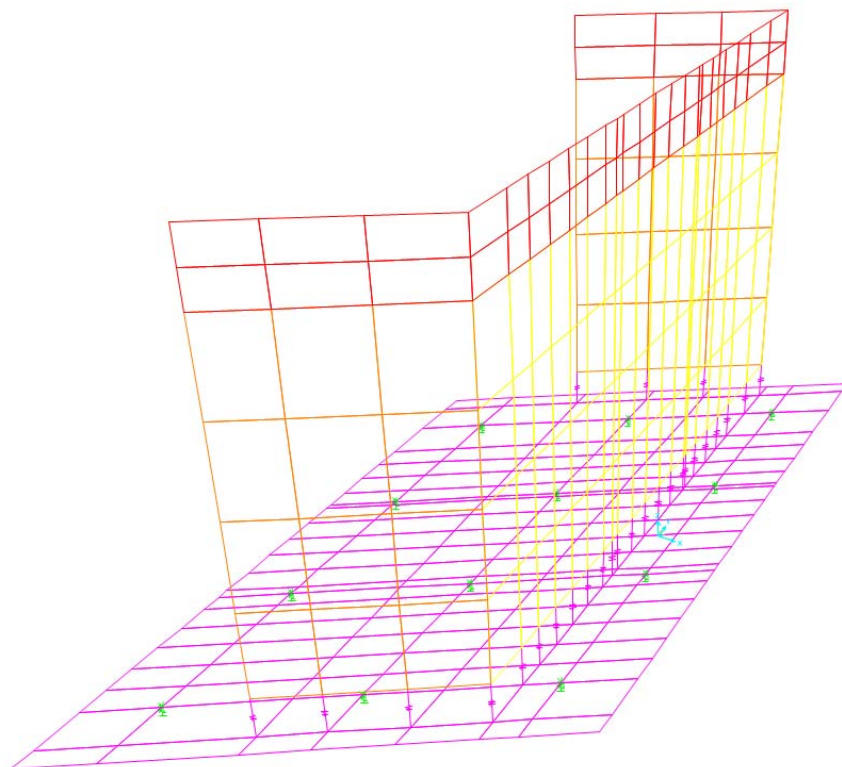
- asse X : asse longitudinale;
- asse Y : asse trasversale;
- asse Z : asse verticale.

Per collegare la fondazione ai muri verticali, senza avere sovrapposizioni, sono stati utilizzati *link* rigidi.

I pali sono stati modellati con delle molle di rigidezza pari alla rigidezza assiale del singolo palo, calcolata come riportato di seguito.

Qualità del calcestruzzo	$R_{ck}$	30.00 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	E	31220.19 N/mm <sup>2</sup>
Diametro del palo	D	1200 mm
Sezione del palo	A	1.13 m <sup>2</sup>
Lunghezza del palo	L	42.00 m
Rigidezza assiale equivalente del palo	k	840695.2 kN/m

Il modello di calcolo è mostrato in figura:



**Figura 3 – Modello agli elementi finiti**

## 7.1 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1.1 *Peso proprio della spalla e dei pali (G1)*

Il peso proprio delle strutture viene considerato automaticamente dal software di calcolo utilizzato. Il carico delle strutture in c.a. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.

### 7.1.2 *Peso proprio del rilevato (G1)*

Il peso del rilevato sulla platea di fondazione di monte vale:

**h** 8.85 m

**gamma** 20 kN/m

**Pmin** 177 kN/m<sup>2</sup>

Si trascura il peso del rinterro sulla suola di valle.

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	16 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

### 7.1.3 *Peso permanenti portati dalla spalla (G2)*

Si riporta di seguito la valutazione dei carichi permanenti portati

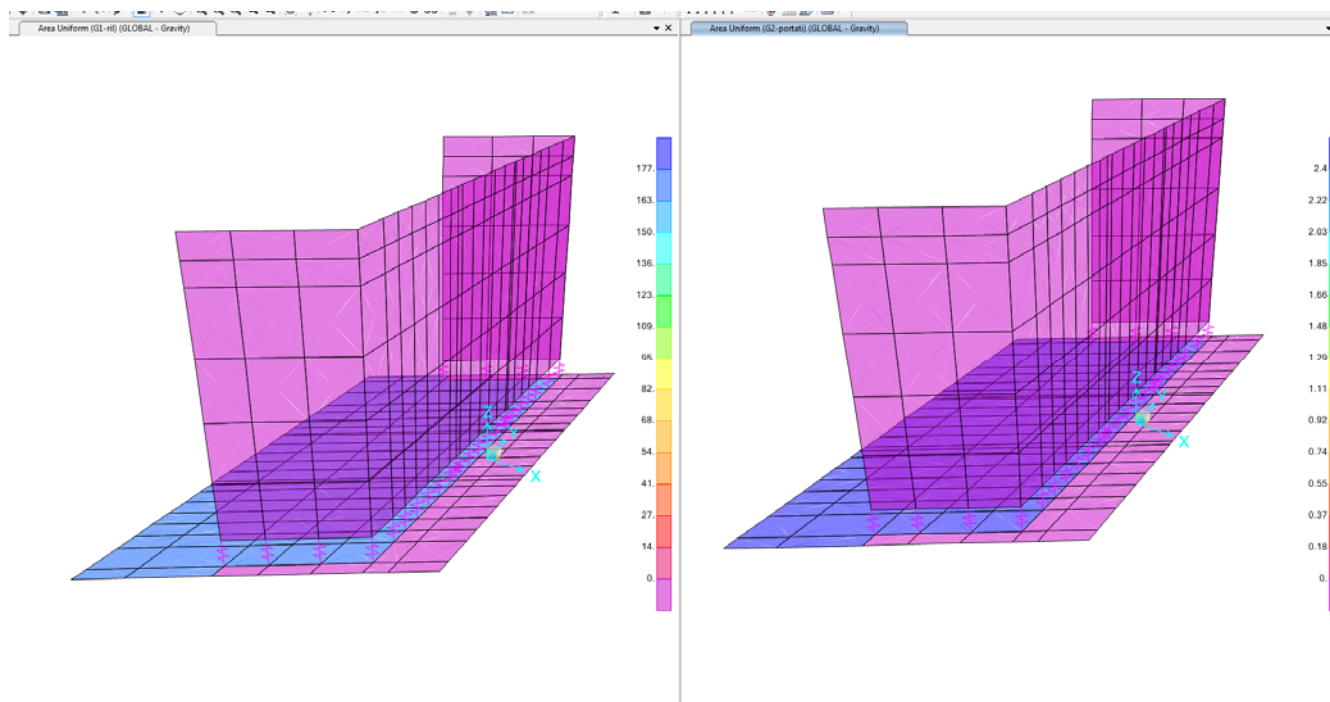
<u>Carico</u>	q [kN/m <sup>3</sup> ]	b [m]	h [m]	L [m]	Q [kN]
Pavimentazione	20	12	0.12	7	201.6

somma **201.6 kN**

pressione sul fondo **2.40 kN/m<sup>2</sup>**

B **12**

L **7**



**Figura 4 – Applicazione dei carichi “peso proprio del rilevato-G1” e “permanenti portati spalla-G2”**

### 7.1.4 *Spinta del terreno sulle pareti della spalla (G1)*

$\gamma$  20 kN/m<sup>3</sup>



**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	17 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

coesione 0  
e

attrito 38 °

K0 0.38  
4

z\_sup 0 m

z\_inf 9.85 m

**P\_sup** 0.00 kN/m  
2

**P\_inf** 75.7 kN/m  
1 2

### 7.1.5 Spinta del sovraccarico stradale

Sovraccarico ferroviario uniformemente distribuito  $q=20.0$  KN/m<sup>3</sup>

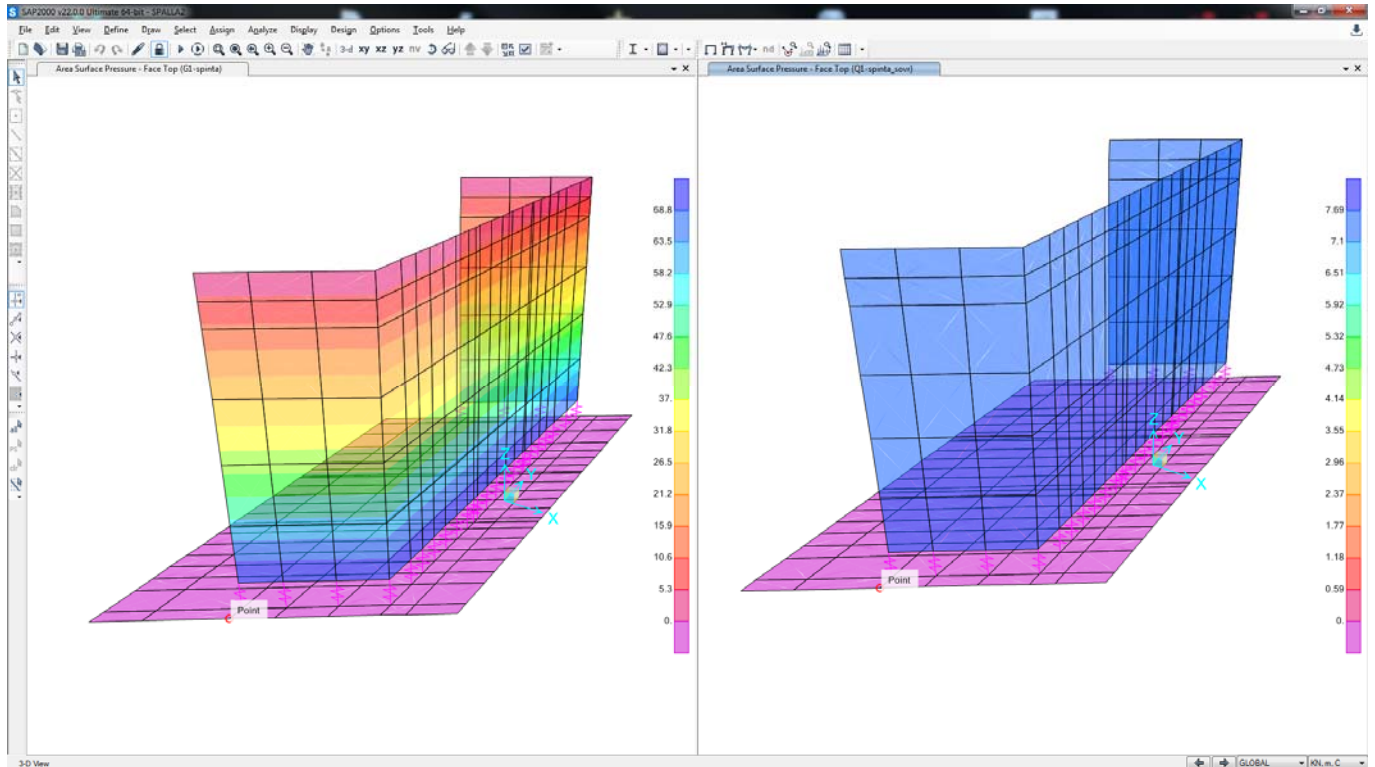
q 20 kN/m<sup>3</sup>

coesione 0

angolo attr 38 °

k0 0.384

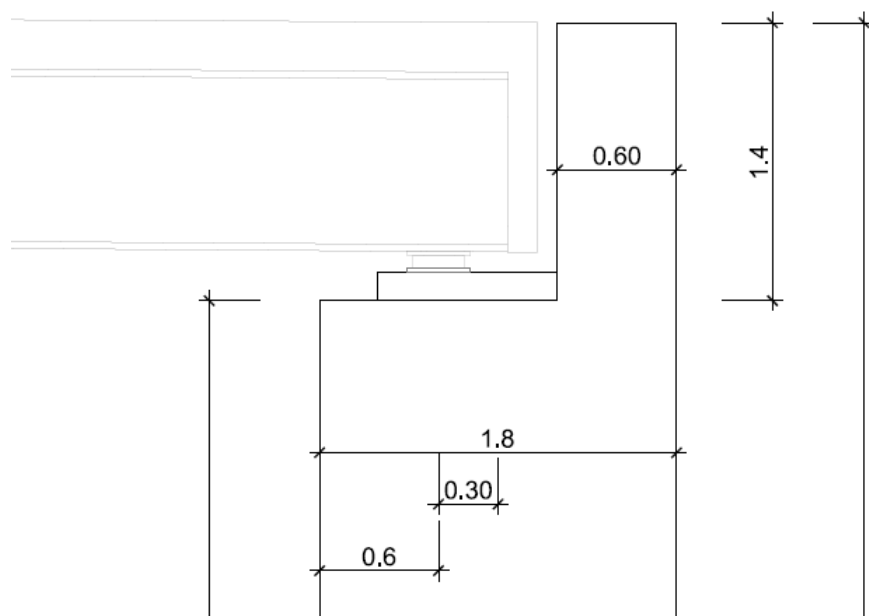
**p** 7.69 kN/m<sup>2</sup>



**Figura 5 – Applicazione dei carichi “spinta del terreno sulla spalla-G1” e “spinta del sovraccarico ferroviario-Q1”**

### **7.1.6 Azioni indotte dall' impalcato**

A tutti i carichi è stato aggiunto un momento dovuto all'eccentricità degli appoggi rispetto all'asse del paramento frontale.


**Figura 6 – Eccentricità degli appoggi**

Nella tabella seguente si riassumono gli scarichi trasmessi dagli appoggi.

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	env_SLE	Combination	Max	4.2	5.1	1275.4	0	382.6	0
1	env_SLE	Combination	Min	-30.5	-24.5	46.6	0	14.0	0
2	env_SLE	Combination	Max	9.3	3.9	481.9	0	144.6	0
2	env_SLE	Combination	Min	-41.1	-28.3	46.0	0	13.8	0
3	env_SLE	Combination	Max	6.6	22.5	365.2	0	109.6	0
3	env_SLE	Combination	Min	-28.1	-70.4	121.9	0	36.6	0
4	env_SLE	Combination	Max	5.2	0	317.5	0	95.3	0
4	env_SLE	Combination	Min	-19.3	0	156.7	0	47.0	0
5	env_SLE	Combination	Max	13.2	0	318.4	0	95.5	0
5	env_SLE	Combination	Min	-33.0	0	174.3	0	52.3	0
6	env_SLE	Combination	Max	17.5	0	314.9	0	94.5	0
6	env_SLE	Combination	Min	-37.0	0	175.4	0	52.6	0

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	20 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**
**TABLE: Joint Reactions**

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
7	env_SLE	Combination	Max	18.5	0	294.7	0	88.4	0
7	env_SLE	Combination	Min	-35.7	0	176.0	0	52.8	0
8	env_SLE	Combination	Max	44.3	0	584.2	0	175.3	0
8	env_SLE	Combination	Min	-71.2	0	28.9	0	8.7	0
9	env_SLE	Combination	Max	2.8	15.7	775.1	0	232.5	0
9	env_SLE	Combination	Min	-24.1	-35.2	-354.8	0	-106.4	0
10	env_SLE	Combination	Max	14.3	45.5	488.4	0	146.5	0
10	env_SLE	Combination	Min	-36.9	-75.0	-19.9	0	-6.0	0
11	env_SLE	Combination	Max	22.6	0	375.7	0	112.7	0
11	env_SLE	Combination	Min	-44.3	0	117.4	0	35.2	0
12	env_SLE	Combination	Max	16.9	0	335.1	0	100.5	0
12	env_SLE	Combination	Min	-30.1	0	169.0	0	50.7	0
13	env_SLE	Combination	Max	20.2	0	331.4	0	99.4	0
13	env_SLE	Combination	Min	-30.9	0	173.8	0	52.1	0
14	env_SLE	Combination	Max	26.6	0	322.9	0	96.9	0
14	env_SLE	Combination	Min	-36.4	0	173.4	0	52.0	0
15	env_SLE	Combination	Max	21.1	0	421.9	0	126.6	0
15	env_SLE	Combination	Min	-25.5	0	167.4	0	50.2	0
1	env_SLU-	Combination	Max	10.1	8.2	2201.1	0	660.3	0
1	env_SLU-	Combination	Min	-54.1	-47.2	-10.7	0	-3.2	0
2	env_SLU-	Combination	Max	21.4	4.1	773.4	0	232.0	0
2	env_SLU-	Combination	Min	-73.0	-55.3	-11.3	0	-3.4	0
3	env_SLU-	Combination	Max	17.0	45.6	564.0	0	169.2	0
3	env_SLU-	Combination	Min	-48.2	-131.6	159.1	0	47.7	0
4	env_SLU-	Combination	Max	14.8	0	479.0	0	143.7	0
4	env_SLU-	Combination	Min	-31.3	0	232.9	0	69.9	0
5	env_SLU-	Combination	Max	32.9	0	481.2	0	144.4	0
5	env_SLU-	Combination	Min	-60.0	0	226.8	0	68.1	0
6	env_SLU-	Combination	Max	43.3	0	476.1	0	142.8	0
6	env_SLU-	Combination	Min	-70.4	0	218.5	0	65.5	0
7	env_SLU-	Combination	Max	45.3	0	443.6	0	133.1	0
7	env_SLU-	Combination	Min	-70.3	0	206.6	0	62.0	0
8	env_SLU-	Combination	Max	114.2	0	937.8	0	281.3	0

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	21 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**
**TABLE: Joint Reactions**

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
8	env_SLU-	Combination	Min	-143.7	0	106.0	0	31.8	0
9	env_SLU-	Combination	Max	7.7	34.6	1299.8	0	389.9	0
9	env_SLU-	Combination	Min	-41.9	-70.4	-734.0	0	-220.2	0
10	env_SLU-	Combination	Max	34.8	105.5	783.3	0	235.0	0
10	env_SLU-	Combination	Min	-67.2	-161.7	-131.8	0	-39.5	0
11	env_SLU-	Combination	Max	55.4	0	580.3	0	174.1	0
11	env_SLU-	Combination	Min	-87.0	0	115.3	0	34.6	0
12	env_SLU-	Combination	Max	42.8	0	506.9	0	152.1	0
12	env_SLU-	Combination	Min	-59.4	0	207.9	0	62.4	0
13	env_SLU-	Combination	Max	51.2	0	500.4	0	150.1	0
13	env_SLU-	Combination	Min	-64.1	0	235.3	0	70.6	0
14	env_SLU-	Combination	Max	67.6	0	487.1	0	146.1	0
14	env_SLU-	Combination	Min	-78.5	0	233.2	0	69.9	0
15	env_SLU-	Combination	Max	49.6	0	640.5	0	192.2	0
15	env_SLU-	Combination	Min	-61.8	0	325.0	0	97.5	0
1	env_SLU-	Combination	Max	10.1	8.2	2201.1	0	660.3	0
1	env_SLU-	Combination	Min	-54.1	-47.2	-35.7	0	-10.7	0
2	env_SLU-	Combination	Max	21.4	4.1	773.4	0	232.0	0
2	env_SLU-	Combination	Min	-73.0	-55.3	-19.6	0	-5.9	0
3	env_SLU-	Combination	Max	17.0	45.6	564.0	0	169.2	0
3	env_SLU-	Combination	Min	-48.2	-131.6	116.5	0	34.9	0
4	env_SLU-	Combination	Max	14.8	0	479.0	0	143.7	0
4	env_SLU-	Combination	Min	-31.3	0	183.6	0	55.1	0
5	env_SLU-	Combination	Max	32.9	0	481.2	0	144.4	0
5	env_SLU-	Combination	Min	-60.0	0	212.2	0	63.7	0
6	env_SLU-	Combination	Max	43.3	0	476.1	0	142.8	0
6	env_SLU-	Combination	Min	-70.4	0	209.8	0	62.9	0
7	env_SLU-	Combination	Max	45.3	0	443.6	0	133.1	0
7	env_SLU-	Combination	Min	-70.3	0	195.9	0	58.8	0
8	env_SLU-	Combination	Max	114.2	0	937.8	0	281.3	0
8	env_SLU-	Combination	Min	-143.7	0	85.9	0	25.8	0
9	env_SLU-	Combination	Max	7.7	34.6	1299.8	0	389.9	0
9	env_SLU-	Combination	Min	-41.9	-70.4	-734.0	0	-220.2	0

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	22 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**
**TABLE: Joint Reactions**

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
10	env_SLU-	Combination	Max	34.8	105.5	783.3	0	235.0	0
10	env_SLU-	Combination	Min	-67.2	-161.7	-138.7	0	-41.6	0
11	env_SLU-	Combination	Max	55.4	0	580.3	0	174.1	0
11	env_SLU-	Combination	Min	-87.0	0	71.9	0	21.6	0
12	env_SLU-	Combination	Max	42.8	0	506.9	0	152.1	0
12	env_SLU-	Combination	Min	-59.4	0	151.0	0	45.3	0
13	env_SLU-	Combination	Max	51.2	0	500.4	0	150.1	0
13	env_SLU-	Combination	Min	-64.1	0	174.5	0	52.3	0
14	env_SLU-	Combination	Max	67.6	0	487.1	0	146.1	0
14	env_SLU-	Combination	Min	-78.5	0	172.7	0	51.8	0
15	env_SLU-	Combination	Max	49.6	0	640.5	0	192.2	0
15	env_SLU-	Combination	Min	-61.8	0	253.3	0	76.0	0
1	env_SLV	Combination	Max	118.7	150.5	518.1	155.4387	155.4	0
1	env_SLV	Combination	Min	-125.7	-155.7	158.1	0	47.4	0
2	env_SLV	Combination	Max	129.9	185.2	306.0	0	91.8	0
2	env_SLV	Combination	Min	-138.4	-191.8	157.5	0	47.3	0
3	env_SLV	Combination	Max	105.9	384.6	274.8	0	82.4	0
3	env_SLV	Combination	Min	-111.6	-397.4	182.6	0	54.8	0
4	env_SLV	Combination	Max	135.1	0	262.1	0	78.6	0
4	env_SLV	Combination	Min	-138.9	0	194.9	0	58.5	0
5	env_SLV	Combination	Max	104.0	0	261.7	0	78.5	0
5	env_SLV	Combination	Min	-109.2	0	199.5	0	59.8	0
6	env_SLV	Combination	Max	106.6	0	257.8	0	77.3	0
6	env_SLV	Combination	Min	-111.8	0	195.9	0	58.8	0
7	env_SLV	Combination	Max	90.1	0	242.8	0	72.8	0
7	env_SLV	Combination	Min	-94.7	0	183.1	0	54.9	0
8	env_SLV	Combination	Max	353.3	0	403.2	0	121.0	0
8	env_SLV	Combination	Min	-360.4	0	246.3	0	73.9	0
9	env_SLV	Combination	Max	132.1	173.0	385.6	0	115.7	0
9	env_SLV	Combination	Min	-137.7	-178.2	51.8	0	15.5	0
10	env_SLV	Combination	Max	167.8	343.4	310.4	0	93.1	0
10	env_SLV	Combination	Min	-173.9	-351.3	142.1	0	42.6	0
11	env_SLV	Combination	Max	192.3	0	281.8	0	84.6	0

**TABLE: Joint Reactions**

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
11	env_SLV	Combination	Min	-198.0	0	179.9	0	54.0	0
12	env_SLV	Combination	Max	166.0	0	272.2	0	81.7	0
12	env_SLV	Combination	Min	-169.5	0	194.6	0	58.4	0
13	env_SLV	Combination	Max	170.2	0	271.1	0	81.3	0
13	env_SLV	Combination	Min	-173.1	0	198.2	0	59.5	0
14	env_SLV	Combination	Max	201.9	0	264.7	0	79.4	0
14	env_SLV	Combination	Min	-204.5	0	193.3	0	58.0	0
15	env_SLV	Combination	Max	149.9	0	351.7	0	105.5	0
15	env_SLV	Combination	Min	-151.1	0	270.7	0	81.2	0

### 7.1.7 Azioni sismiche

Il ponte appartiene alla classe d'uso II, corrispondente ad un coefficiente d'uso  $c_u = 1.0$ , la vita nominale è pari a  $V_N = 50$  anni, la categoria di sottosuolo è "B" e la categoria topografica è "T1".

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

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

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

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

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ )

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	24 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

$$K_h = 0.206$$

$$K_v = 0.103$$

La spinta sismica del rilevato a tergo della spalla è valutata mediante la teoria di Wood.

#### Forze sismiche inerziali DOVUTE AL PESO PROPRIO DELLA SPALLA

Le forze sismiche inerziali allo stato limite SLV indotte dal peso della spalla sono state computate dal programma di calcolo in funzione del peso proprio della struttura e del valore di  $k_h$  e  $k_v$  definito in precedenza.

#### Forze sismiche inerziali DOVUTE AL PESO DEL RILEVATO

W rilev e pav	15069.6 kN
<b>F<sub>h</sub> rilev e pav</b>	<b>3106.7 kN</b>
<b>F<sub>v</sub> rilev e pav</b>	<b>1553.4 kN</b>
<b>p<sub>trasv</sub> rilev</b>	<b>50.15 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>p<sub>long</sub> rilev</b>	<b>29.25 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>p<sub>vert</sub> rilev</b>	<b>18.49 kN/m<sup>2</sup></b>

#### Incremento di spinta sismica orizzontale longitudinale del rilevato a tergo della spalla

La spinta del rilevato è valutata secondo la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione (Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001):

$$\Delta S_E = (a_{\max}/g) \times \gamma \times H^2.$$

Tale risultante è applicata ad un'altezza pari ad H/2 in cui H è l' altezza del muro + paraghiaia.

amax/g	0.20616
$\gamma$	20 kN/m <sup>3</sup>
h muro + paraghiaia	8.85 m
delta Se muro	322.94 kN/m





**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

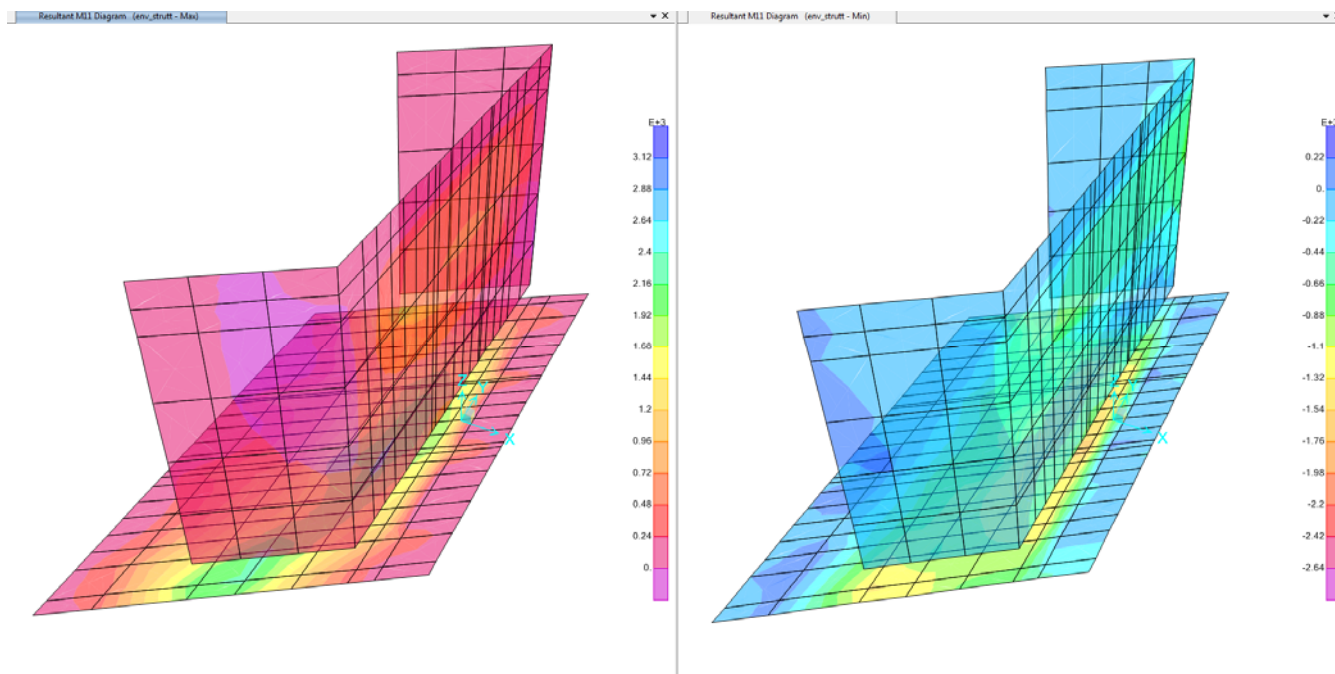
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	26 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

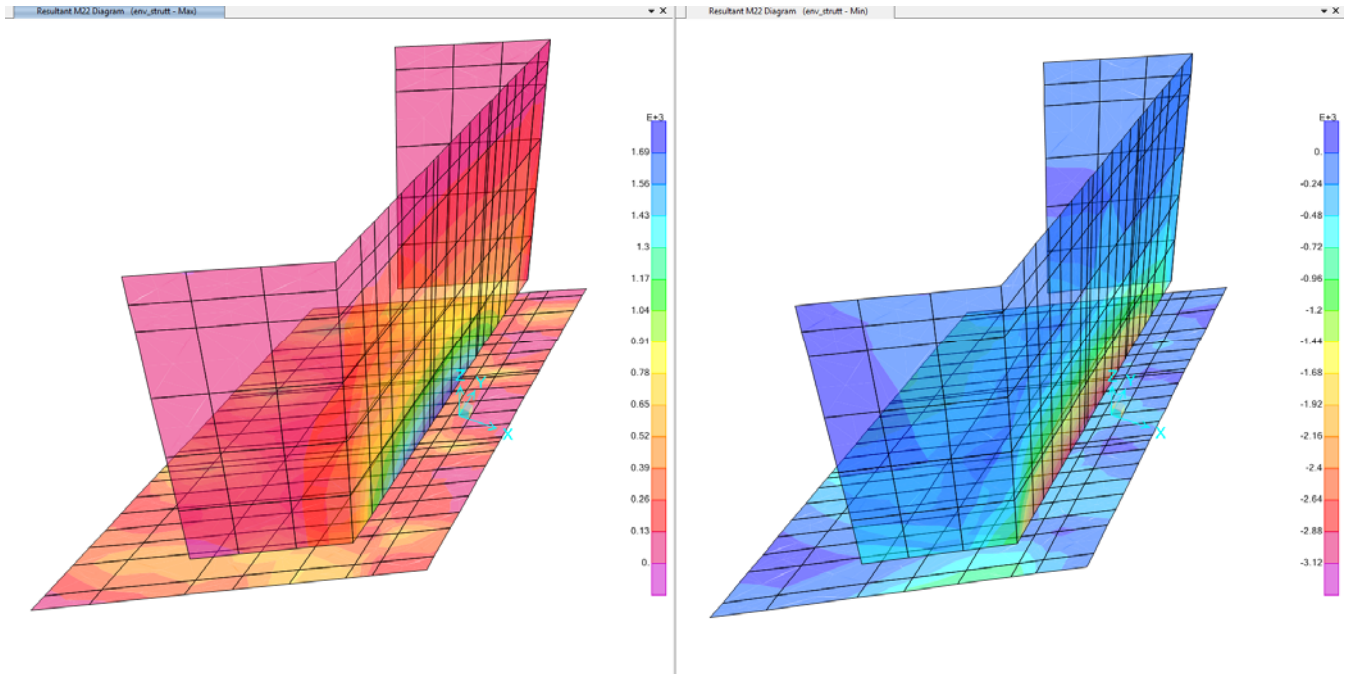
G1-spinta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q1-spinta_sovr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
imp_SLV-max	1		1		1		1		1		1	
imp_SLV-min		1		1		1		1		1		1
Sis-Rilevato_X	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sis-Rilevato_Y	-0.3	-0.3	-1	-1	-0.3	-0.3	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
Sis-Rilevato_Z	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-1	-1
Sis-spalla_X	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sis-spalla_Y	-0.3	-0.3	-1	-1	-0.3	-0.3	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
Sis-spalla_Z	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-1	-1
Sis-WOOD_X	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3

### 7.3 SOLLECITAZIONI COMBinate

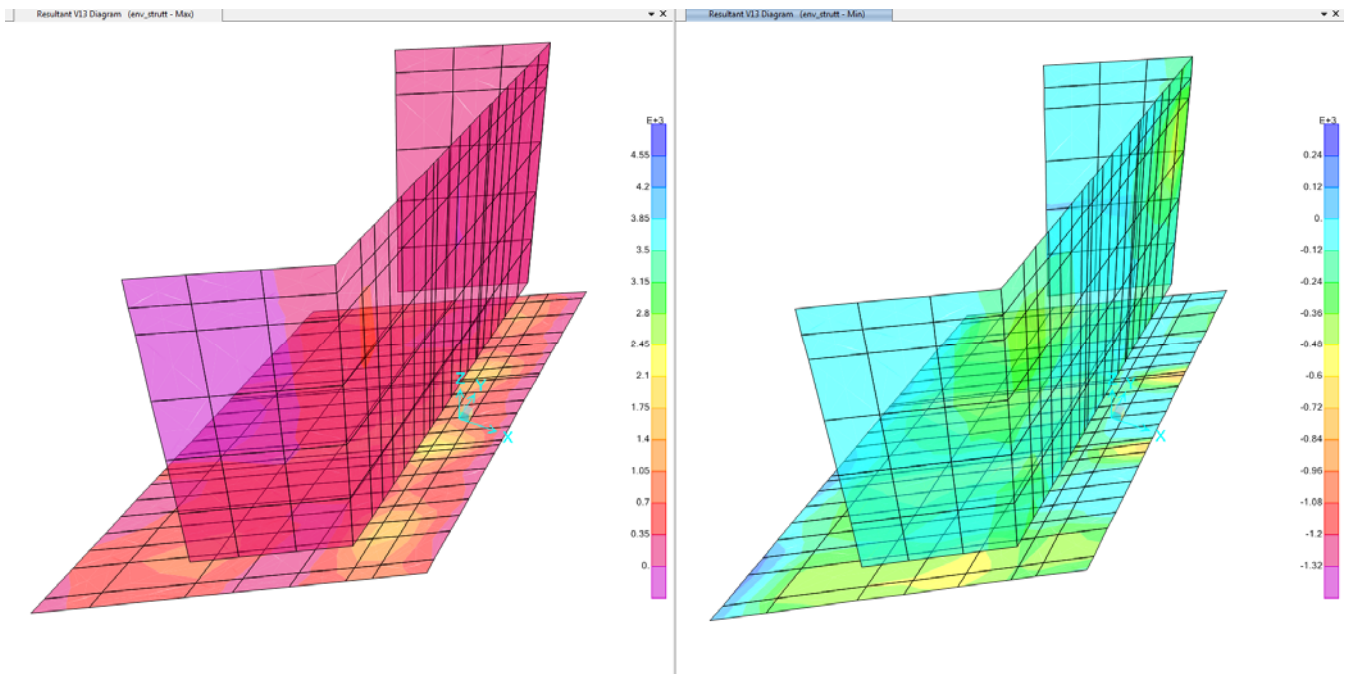
Le immagini riportate di seguito rappresentano l'involuppo delle sollecitazioni SLU e SLV della spalla. Nelle pareti la direzione 1 degli assi locali è orizzontale e la 2 è verticale, nella soletta di fondo invece la direzione 1 è ortogonale all'asse del binario e la direzione 2 è parallela.



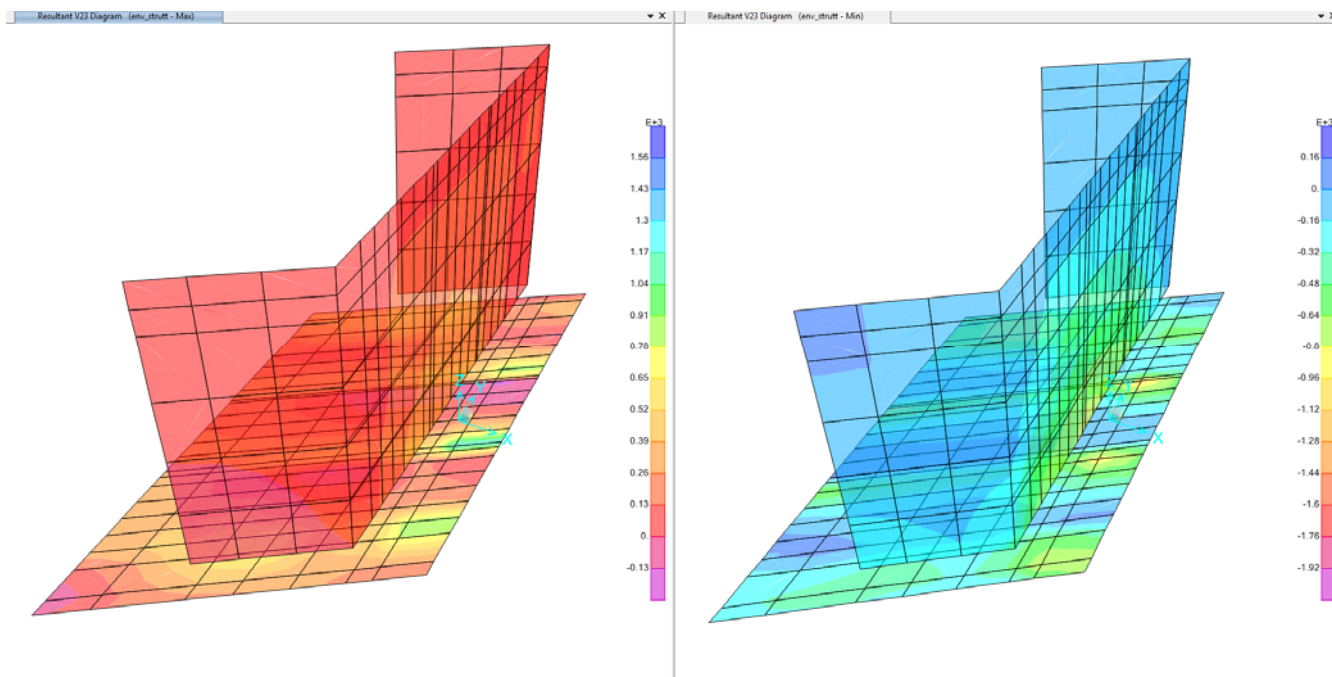
**Figura 7 – Muri:Involuppo M11 (kNm) max a sinistra e min a destra**



**Figura 8 – Muri: Inviluppo M22 (kNm) max a sinistra e min a destra**



**Figura 9 – Muri: Inviluppo V13 (kNm) max a sinistra e min a destra**



**Figura 10 – Muri: Involuppo V23 (kNm) max a sinistra e min a destra**

## **7.4 VERIFICHE DI RESISTENZA DEL MURO FRONTALE**

### **7.4.1 Verifica pressoflessione armatura verticale (M22)**

Si hanno le seguenti dimensioni delle sezioni e delle armature:

B=100 cm larghezza

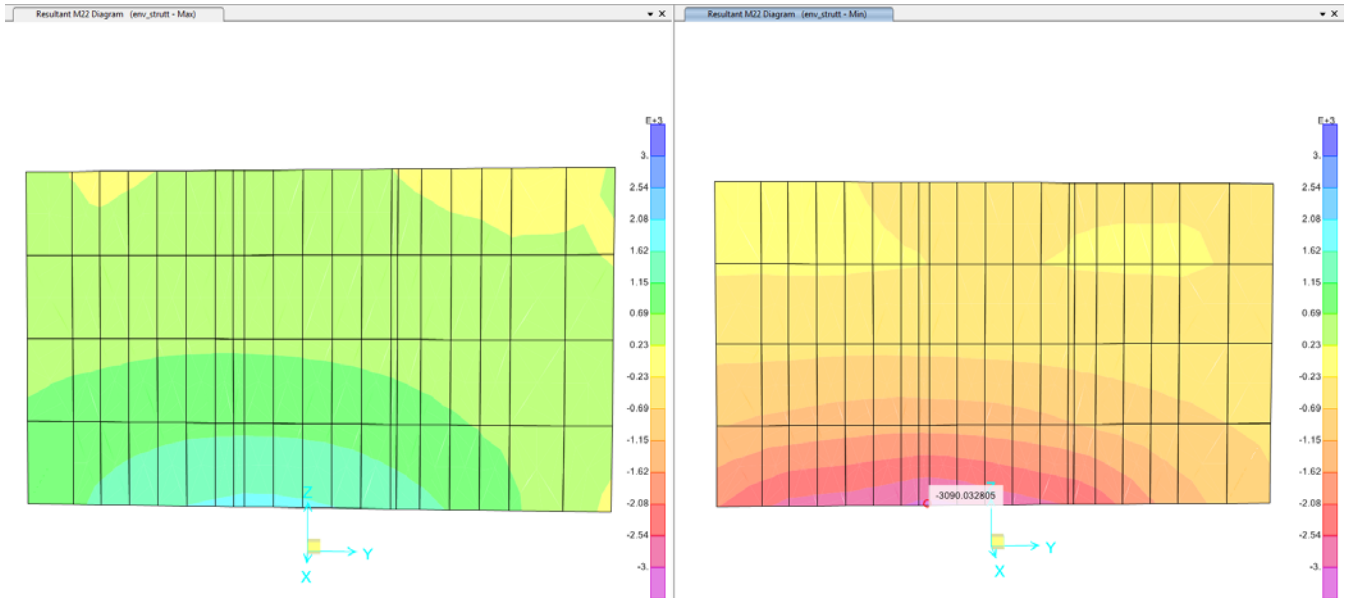
H=180 cm altezza

armatura in trazione  $\Phi 26/10$

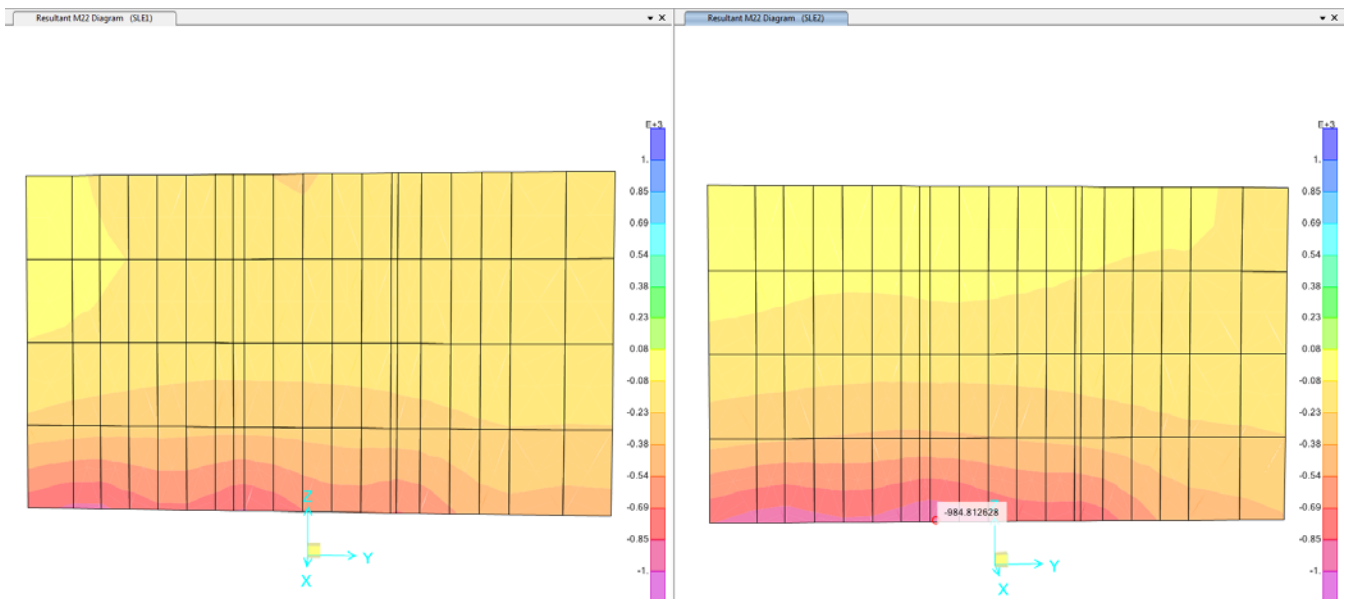
armatura in compressione  $\Phi 26/10$

M22 max (STR) = 3300 kNm

M22 max (RARA) = 950 kNm



**Figura 11 – Muro frontale: Involuppo M22 (kNm) combinazioni STR massimo a sin e minimo a des**



**Figura 12 – Muro frontale: M22 (kNm) combinazione RARA1 a sin e RARA2 a des**

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** muro\_front\_M22

**(Percorso File: \\oceano\C39\LAVORO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\muro\_front\_M22.sez)**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	30 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO	-	Classe: C32/40	
		Resis. compr. di calcolo fcd :	181.33 daN/cm <sup>2</sup>
		Resis. compr. ridotta fcd' :	90.67 daN/cm <sup>2</sup>
		Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
		Def.unit. ultima ecu :	0.0035
		Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
		Modulo Elastico Normale Ec :	333458 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. di Poisson :	0.20
		Resis. media a trazione fctm :	30.24 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
		Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
		Sc Limite :	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
		Apert.Fess.Limite :	Non prevista
		Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
		Sc Limite :	144.00 daN/cm <sup>2</sup>
		Apert.Fess.Limite :	0.200 mm
ACCIAIO	-	Tipo: B450C	
		Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. caratt. rottura ftk :	5400.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Resist. ultima di calcolo ftd :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
		Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
		Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
		Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
		Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
		Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
		Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	180.00
3	50.00	180.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-44.70	5.30	26
2	-44.70	174.70	26
3	44.70	174.70	26
4	44.70	5.30	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

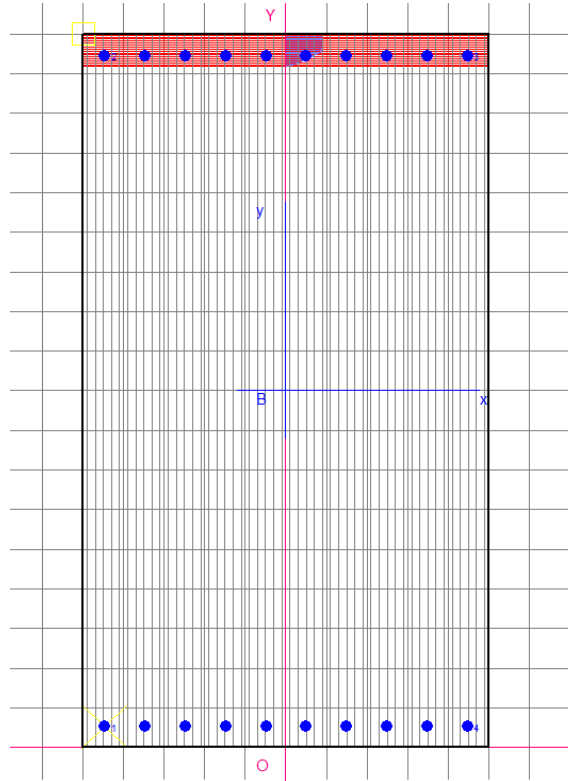
N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	31 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**



**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	330000	0	10	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	95000	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	95000	0





**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	33 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

1	S	21.6	-50.0	180.0	-1095	34.8	5.3	2330	199	0.217	0.074
---	---	------	-------	-------	-------	------	-----	------	-----	-------	-------

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

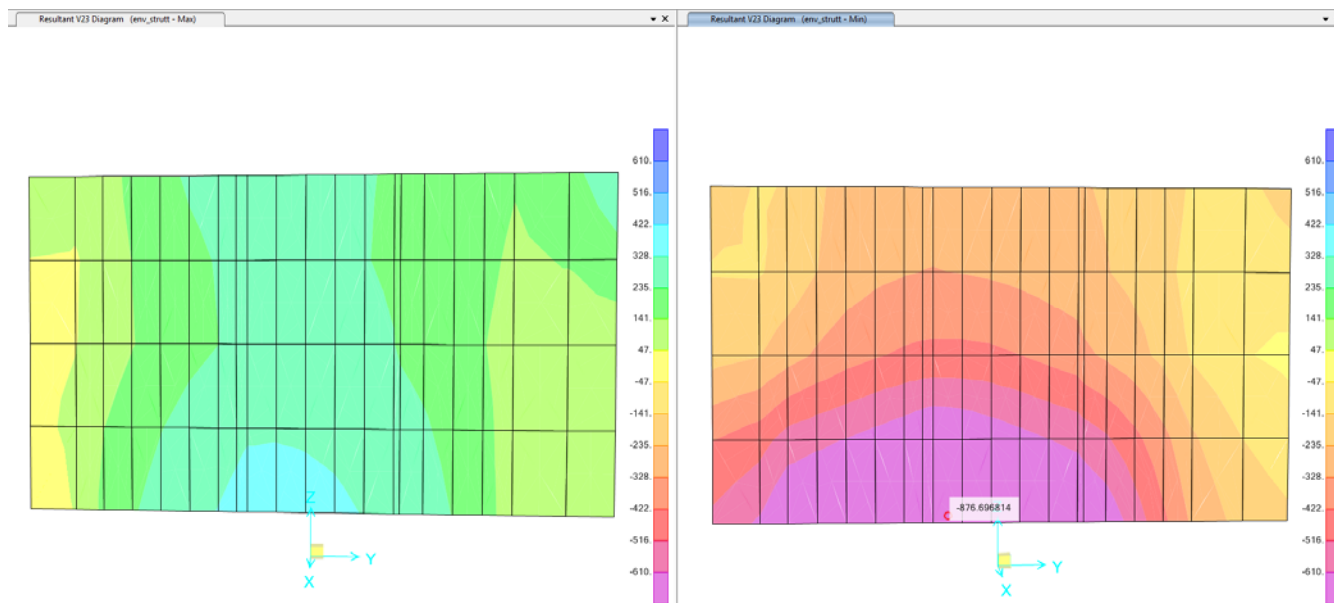
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	21.6	-50.0	180.0	-1095	34.8	5.3	2330	199	0.217	0.074

### 7.4.2 Verifica a Taglio V23

La sezione di spessore 180 cm è in grado di resistere ad una sollecitazione di taglio massima pari a 610 kN senza prevedere armatura a taglio.

Come si vede nella figura seguente ci sono delle aree dove il taglio V23 raggiunge un valore di 890 kN, pertanto in dette aree si predispone un'armatura a taglio costituita da barre  $\Phi 12/200$  a 3 braccia.

Di seguito il calcolo del taglio resistente.



**Figura 13 – Muro frontale: Inviluppo V23 (kNm) combinazioni STR a max sin e min a des**

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	34 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>890 kN</b>
$N_{Ed}$	<b>0 kN</b>

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	<b>40 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{ck}$	<b>33.2 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{cd}$	<b>18.81 N/mm<sup>2</sup></b>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	<b>1.5</b>
------------	------------

Altezza sezione

$h$	<b>1800 mm</b>
-----	----------------

Copriferro

$c$	<b>80 mm</b>
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>1000 mm</b>
-------	----------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	<b>1720 mm</b>
-----	----------------

Area Calcestruzzo

$A_c$	<b>1800000 mm<sup>2</sup></b>
-------	-------------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	<b>5306.6 mm<sup>2</sup></b>
----------	------------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	<b>0.0031 ≤ 0.02</b>	<b>ok</b>
----------	----------------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	<b>0.0000 ≤ 0.2 f<sub>cd</sub></b>	<b>ok</b>
---------------	------------------------------------	-----------

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	<b>1.34 ≤ 2</b>	<b>ok</b>
-----	-----------------	-----------

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	<b>0.25</b>
------------	-------------

$V_{Rd}$	<b>601.10 kN</b>
----------	------------------

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**NON VERIFICATA**

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	35 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**
**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**
**[4.1.2.1.3.2]**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{vnom}$	<b>450</b> N/mm <sup>2</sup>
		$f_{vd}$	<b>391.3</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b>
staffe		$f_i$	<b>12</b> mm
		braccia	<b>3</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	<b>339.12</b> mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		$s$	<b>200</b> mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 °
			1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.41 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	1027.09 kN
		$V_{Rcd}$	7280.76 kN
		$V_{Rd}$	1027.09 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

**7.4.3 Verifica pressoflessione armatura orizzontale (M11)**

Si hanno le seguenti dimensioni delle sezioni e delle armature:

B=100 cm larghezza

H=180 cm altezza

armatura in trazione  $\Phi 24/10$

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

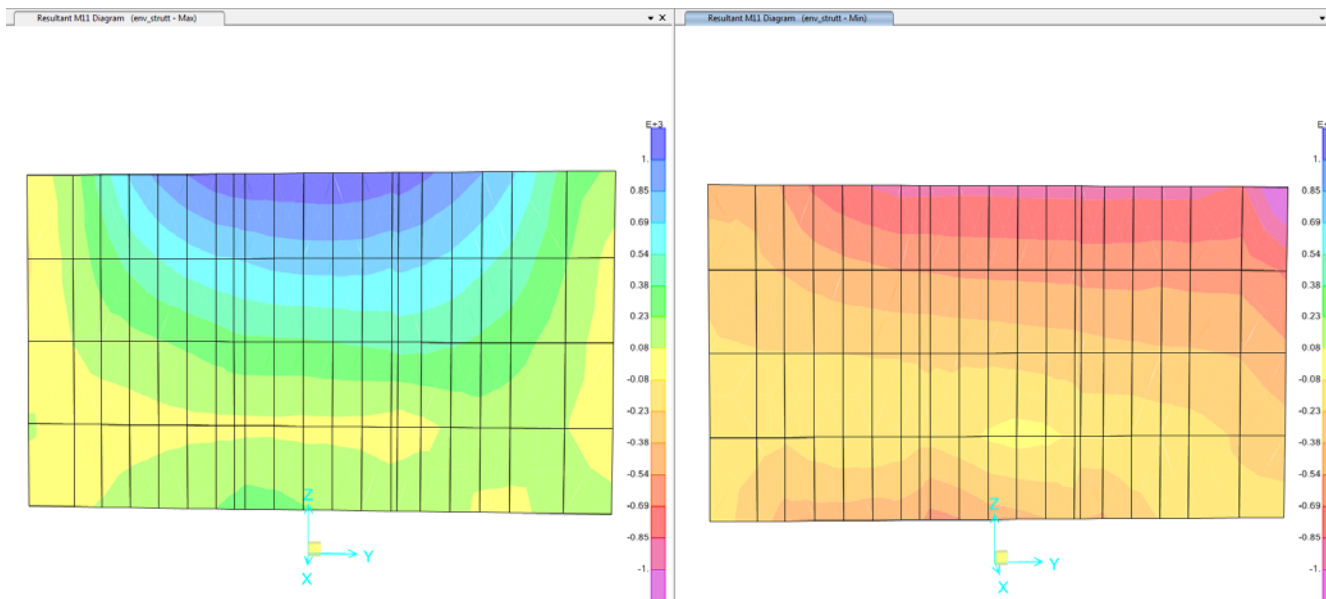
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	36 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

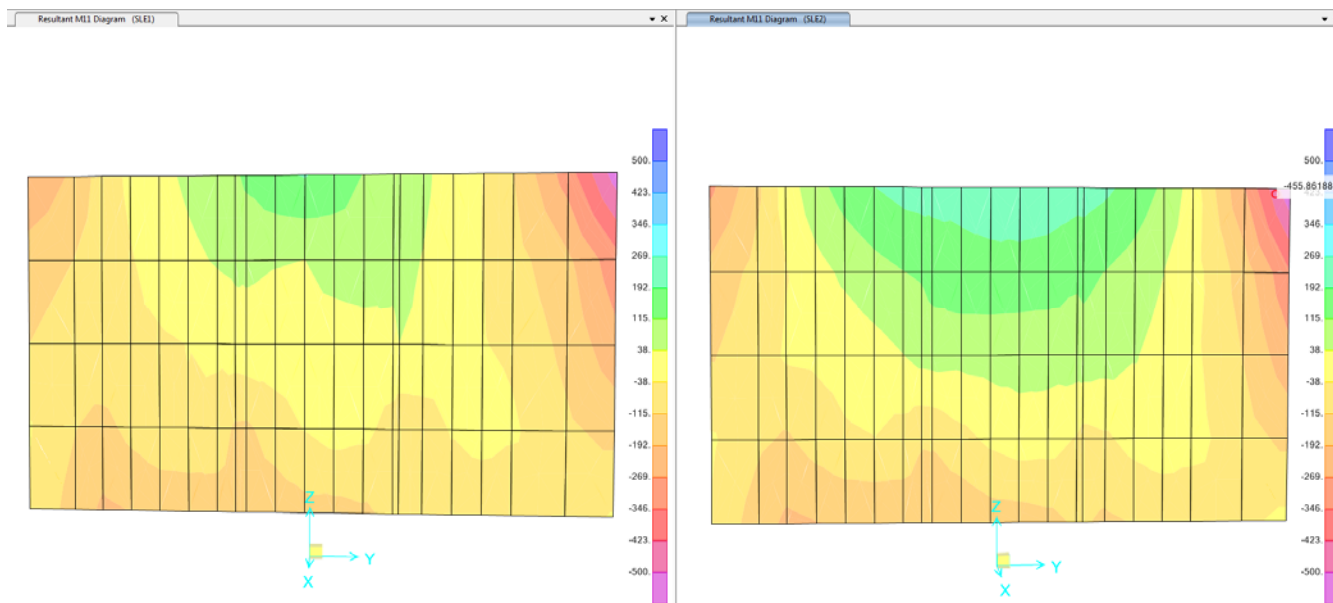
armatura in compressione  $\Phi 24/10$

M11 max (STR) = 1100 kNm

M11 max (RARA) = 500 kNm



**Figura 14 – Muro frontale: Involuppo M11(kNm) combinazioni STR massimo a sin e minimo a des**



**Figura 15 – Muro frontale: M11 (kNm) combinazione RARA1 a sin e RARA2 a des**

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: muro\_front\_M11

(Percorso File: \\ocean\C39\LAVORO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\muro\_front\_M11.sez)

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	37 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica  
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO - Classe: C32/40  
 Resis. compr. di calcolo fcd : 181.33 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd': 90.67 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm: 30.24 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 192.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 144.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	180.00
3	50.00	180.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-42.20	7.80	24
2	-42.20	172.20	24
3	42.20	172.20	24
4	42.20	7.80	24

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.

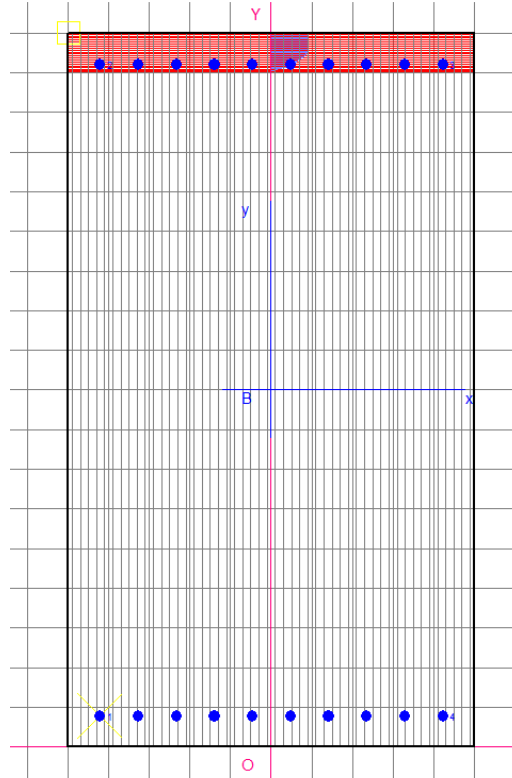
**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	38 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24



**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	110000	0	10	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	50000	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	39 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	50000	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.2 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	110000	0	0	334588	0	3.042

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.02463	-50.0	180.0	0.00066	-42.2	172.2	-0.05929	-42.2	7.8

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

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000364642	-0.062135494	0.056	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	40 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

K3                    Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni  
Ap.fess.            Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	12.8	-50.0	180.0	-688	14.1	7.8	2430	262	0.216	0.061

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

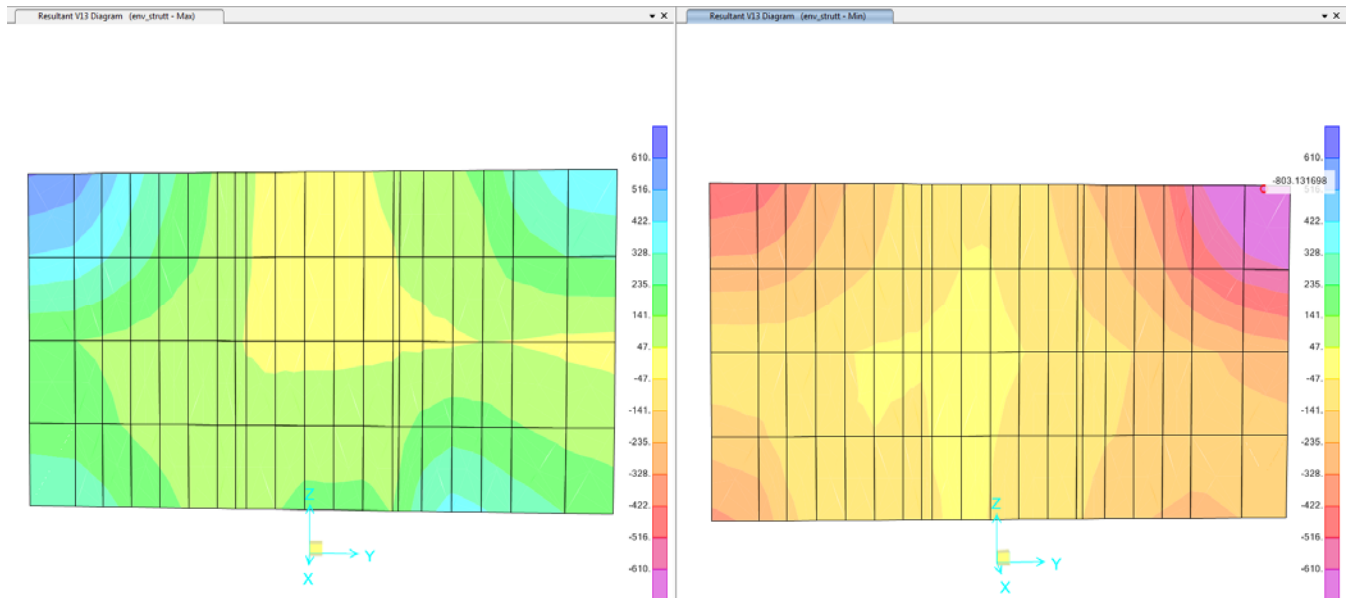
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	12.8	-50.0	180.0	-688	14.1	7.8	2430	262	0.216	0.061

#### 7.4.4 Verifica a Taglio V13

La sezione di spessore 180 cm è in grado di resistere ad una sollecitazione di taglio massima pari a 610 kN senza prevedere armatura a taglio.

Come si vede nella figura seguente ci sono delle aree dove il taglio V23 raggiunge un valore di 800 kN, pertanto in dette aree si predispone un'armatura a taglio costituita da barre  $\Phi 12/200$  a 3 braccia.

Di seguito il calcolo del taglio resistente.



**Figura 16 – Muro frontale: Inviluppo V13 (kNm) combinazioni STR max a sin e min a des**



**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	41 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>810 kN</b>
$N_{Ed}$	<b>0 kN</b>

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	<b>40 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{ck}$	<b>33.2 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{cd}$	<b>18.81 N/mm<sup>2</sup></b>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	<b>1.5</b>
------------	------------

Altezza sezione

$h$	<b>1800 mm</b>
-----	----------------

Copriferro

$c$	<b>80 mm</b>
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>1000 mm</b>
-------	----------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	<b>1720 mm</b>
-----	----------------

Area Calcestruzzo

$A_c$	<b>1800000 mm<sup>2</sup></b>
-------	-------------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	<b>4521.6 mm<sup>2</sup></b>
----------	------------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	<b>0.0026 ≤ 0.02</b>	<b>ok</b>
----------	----------------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	<b>0.0000 ≤ 0.2 f<sub>cd</sub></b>	<b>ok</b>
---------------	------------------------------------	-----------

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	<b>1.34 ≤ 2</b>	<b>ok</b>
-----	-----------------	-----------

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	<b>0.25</b>
------------	-------------

$V_{Rd}$	<b>569.86 kN</b>
----------	------------------

**Verifica:**

$V_{Rd} > V_{Ed}$

**NON VERIFICATA**

**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**
**[4.1.2.1.3.2]**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{vnom}$	<b>450</b> N/mm <sup>2</sup>
		$f_{vd}$	<b>391.3</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b>
staffe		$f_i$	<b>12</b> mm
		braccia	<b>3</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	<b>339.12</b> mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		$s$	<b>200</b> mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 °
			1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.41 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	1027.09 kN
		$V_{Rcd}$	7280.76 kN
		$V_{Rd}$	1027.09 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

**7.5 VERIFICHE DI RESISTENZA MURO PARAGHIAIA**
**7.5.1 Verifica pressoflessione armatura verticale (M22)**

Si hanno le seguenti dimensioni delle sezioni e delle armature:

B=100 cm larghezza

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	43 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

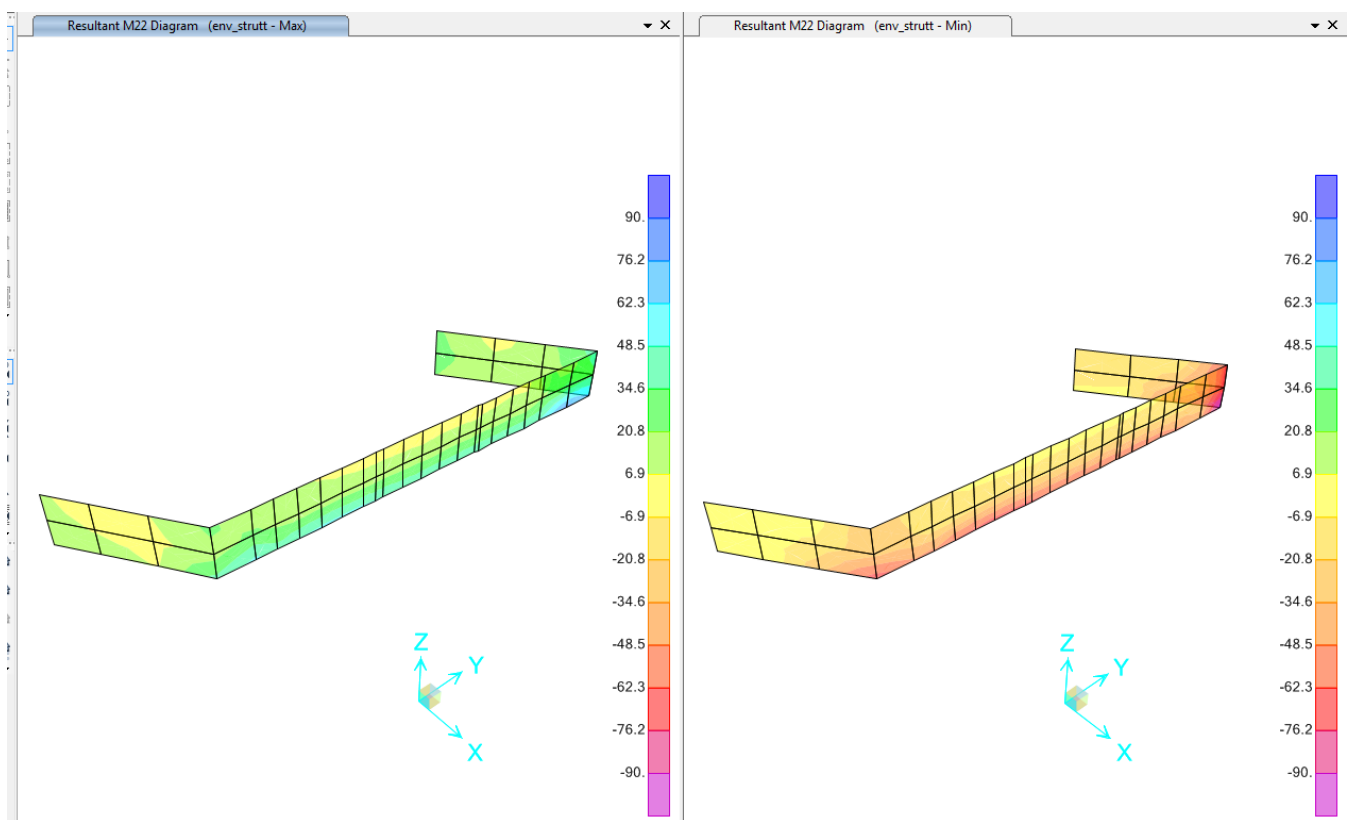
H=60 cm      altezza

armatura in trazione  $\Phi 20/10$

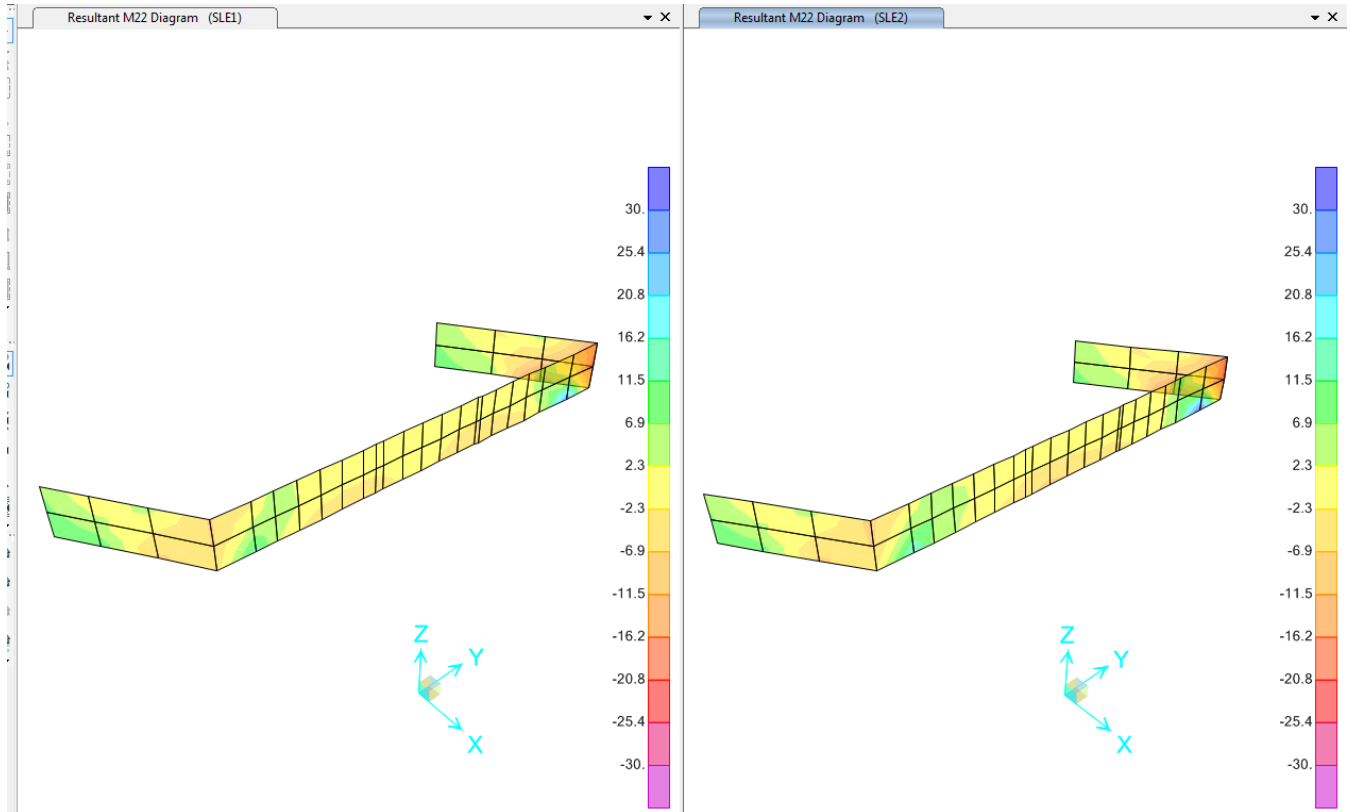
armatura in compressione  $\Phi 20/10$

M22 max (STR) = 90 kNm

M22 max (RARA) = 30 kNm



**Figura 17 – Paraghiaia: Inviluppo M22 (kNm) combinazioni STR massimo a sin e minimo a des**



**Figura 18 – Paragliaia: M22 (kNm) combinazione RARA1 a sin e RARA2 a des**

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE: muro\_paragliaia\_M22**

(Percorso File: \\oceano\C39\LAVORO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\muro\_paragliaia\_M22.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO -	Classe: C32/40
	Resis. compr. di calcolo $f_{cd}$ : 181.33 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta $f_{cd}'$ : 90.67 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza $ec2$ : 0.0020
	Def.unit. ultima $ecu$ : 0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale $E_c$ : 333458 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson : 0.20
	Resis. media a trazione $f_{ctm}$ : 30.24 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
	Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
	Sc Limite : 192.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Apert.Fess.Limite : Non prevista

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	45 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 144.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. β1*β2 :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. β1*β2 :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

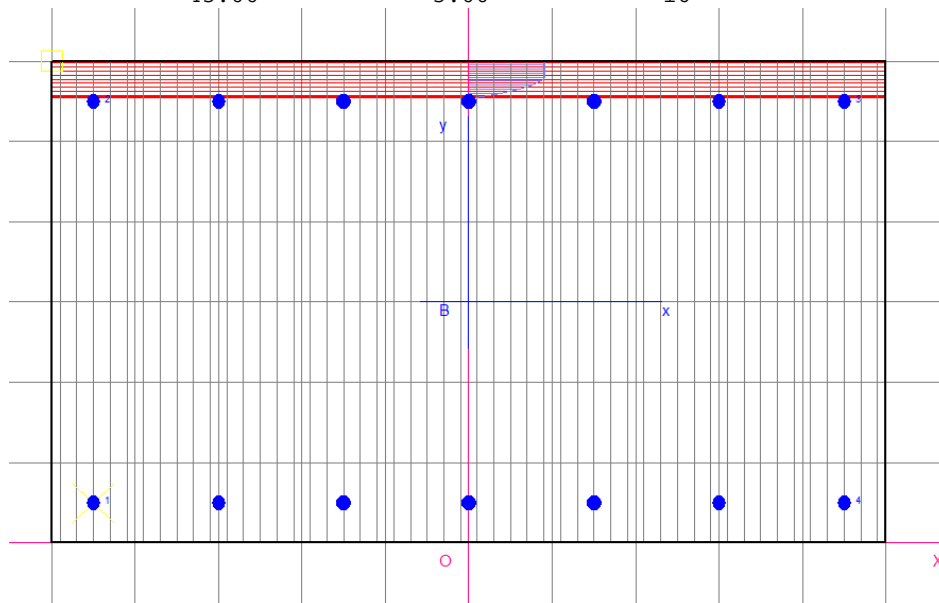
Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	60.00
3	50.00	60.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-45.00	5.00	16
2	-45.00	55.00	16
3	45.00	55.00	16
4	45.00	5.00	16



**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	46 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	5	16
2	2	3	5	16

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	9000	0	10	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	3000	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	3000	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 13.4 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 2.8 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	47 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	9000	0	0	31912	0	3.546

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01599	-50.0	60.0	-0.00029	-45.0	55.0	-0.03819	-45.0	5.0

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

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000757977	-0.041978593	0.084	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

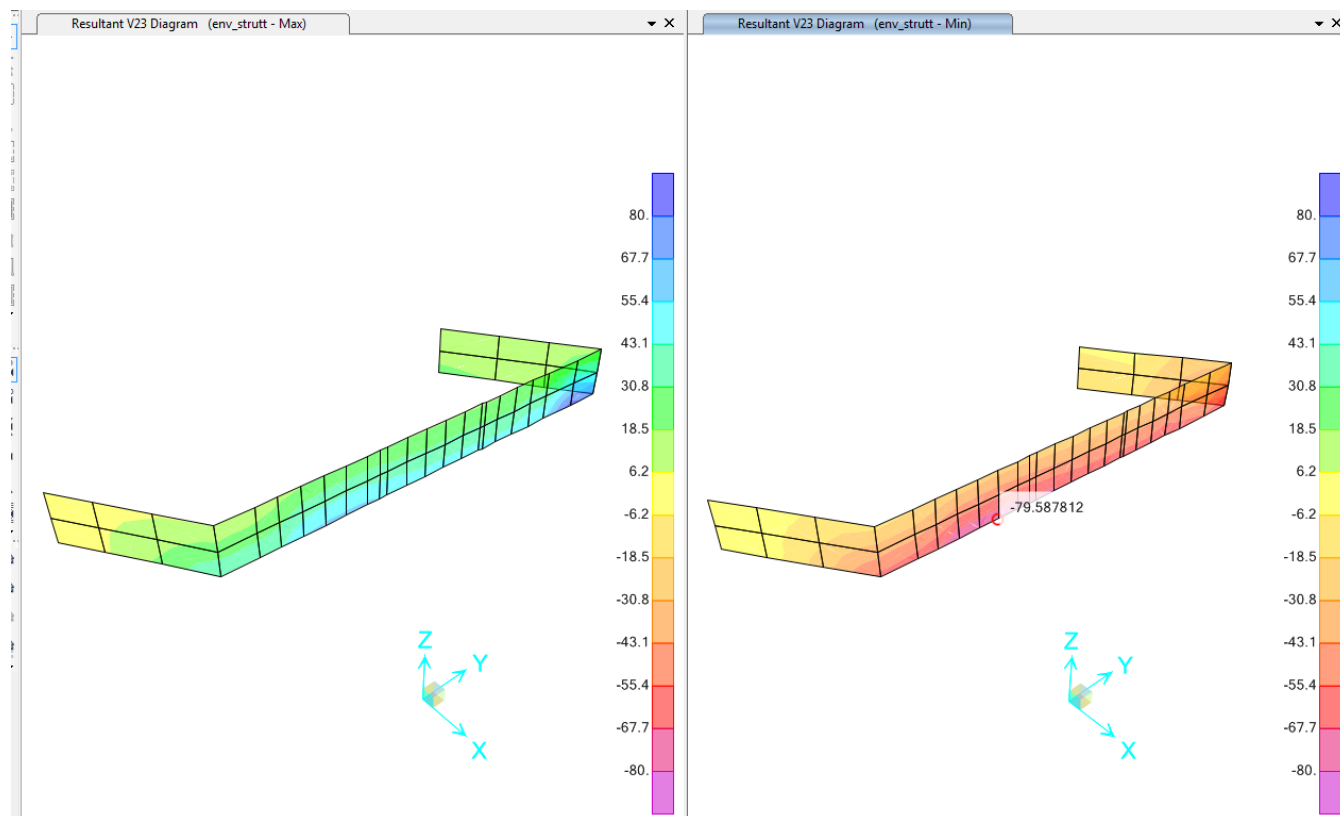
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.0	-50.0	60.0	-420	-30.0	5.0	1532	241	0.183	0.034

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.0	-50.0	60.0	-420	-30.0	5.0	1532	241	0.183	0.034

### 7.5.2 Verifica a Taglio V23

La sezione di spessore 60 cm è in grado di resistere ad una sollecitazione di taglio massima pari a 190 kN senza prevedere armatura a taglio. Essendo la sollecitazione di taglio massima sempre inferiore a 85 kN non si dispongono staffe.



**Figura 19 – Paraghiaia: Inviluppo V23 (kNm) combinazioni STR a max sin e min a des**



**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	100 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	600 mm
-----	--------

Copriferro

$c$	70 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	530 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	600000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	1004.8 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0019 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.61 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.28
------------	------

$V_{Rd}$	189.56 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

**7.5.3 Verifica pressoflessione armatura orizzontale (M11)**

Si hanno le seguenti dimensioni delle sezioni e delle armature:

B=100 cm larghezza

H=60 cm altezza

armatura in trazione  $\Phi 16/10$

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

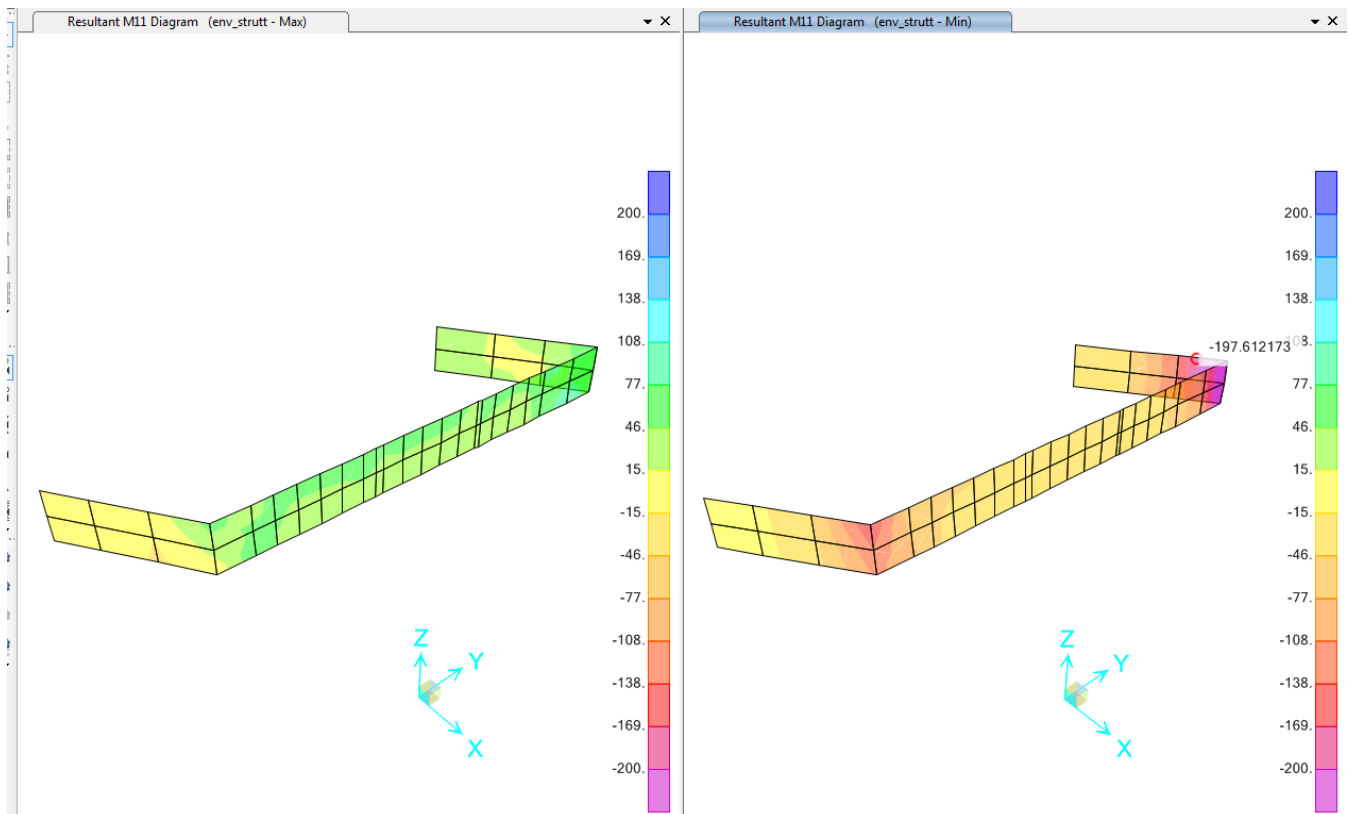
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	50 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

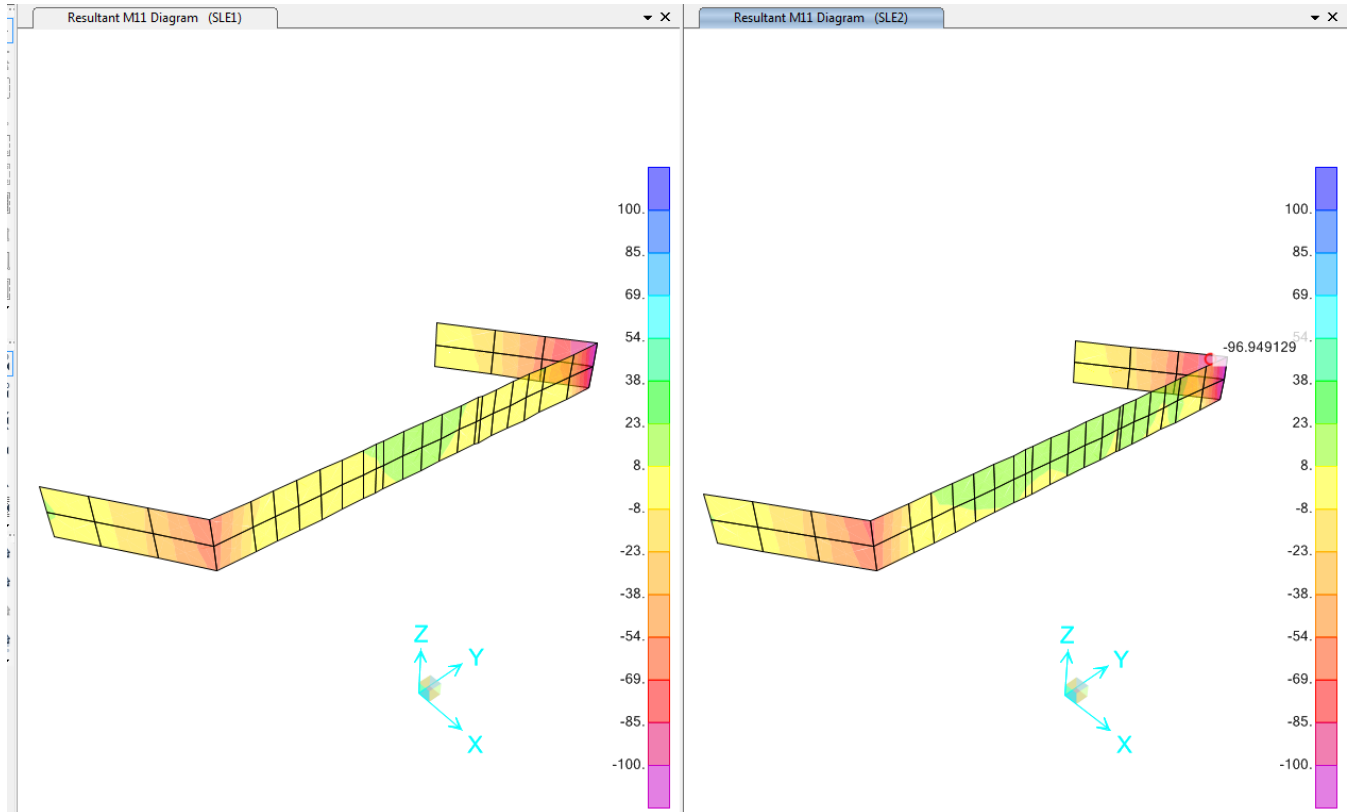
armatura in compressione  $\Phi 16/10$

M11 max (STR) = 200 kNm

M11 max (RARA) = 100 kNm



**Figura 20 – Paraghiaia: Involuppo M11(kNm) combinazioni STR massimo a sin e minimo a des**



**Figura 21 – Paraghaia: M11 (kNm) combinazione RARA1 a sin e RARA2 a des**

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE: muro\_paraghaia\_M11**

(Percorso File: \\oceano\C39\LAVORO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\muro\_paraghaia\_M11.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO -	Classe: C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd : 181.33 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd' : 90.67 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
	Def.unit. ultima ecu : 0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson : 0.20
	Resis. media a trazione fctm : 30.24 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
	Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	52 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Sc Limite : 192.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 144.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	60.00
3	50.00	60.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-43.00	7.00	16
2	-43.00	53.00	16
3	43.00	53.00	16
4	43.00	7.00	16

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

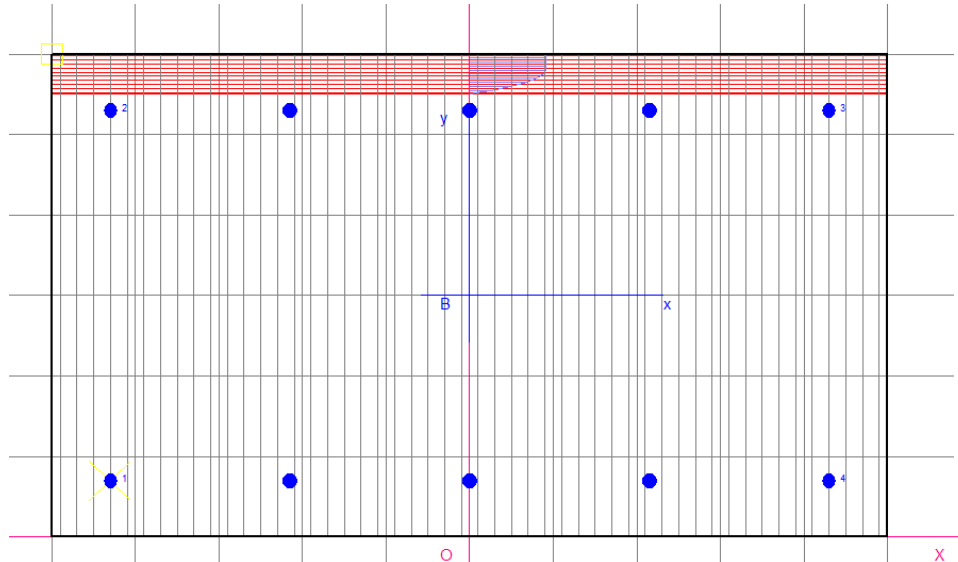
N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	3	16
2	2	3	3	16

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	53 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**



**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	20000	0	10	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	10000	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	10000	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.8 cm

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	54 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**
**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	20000	0	0	23004	0	1.150

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01483	-50.0	60.0	-0.00149	-43.0	53.0	-0.03428	-43.0	7.0

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

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000712742	-0.039264510	0.093	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
 Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni  
 Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	15.3	-50.0	60.0	-176	-43.0	7.0	1598	0	0.174	0.000

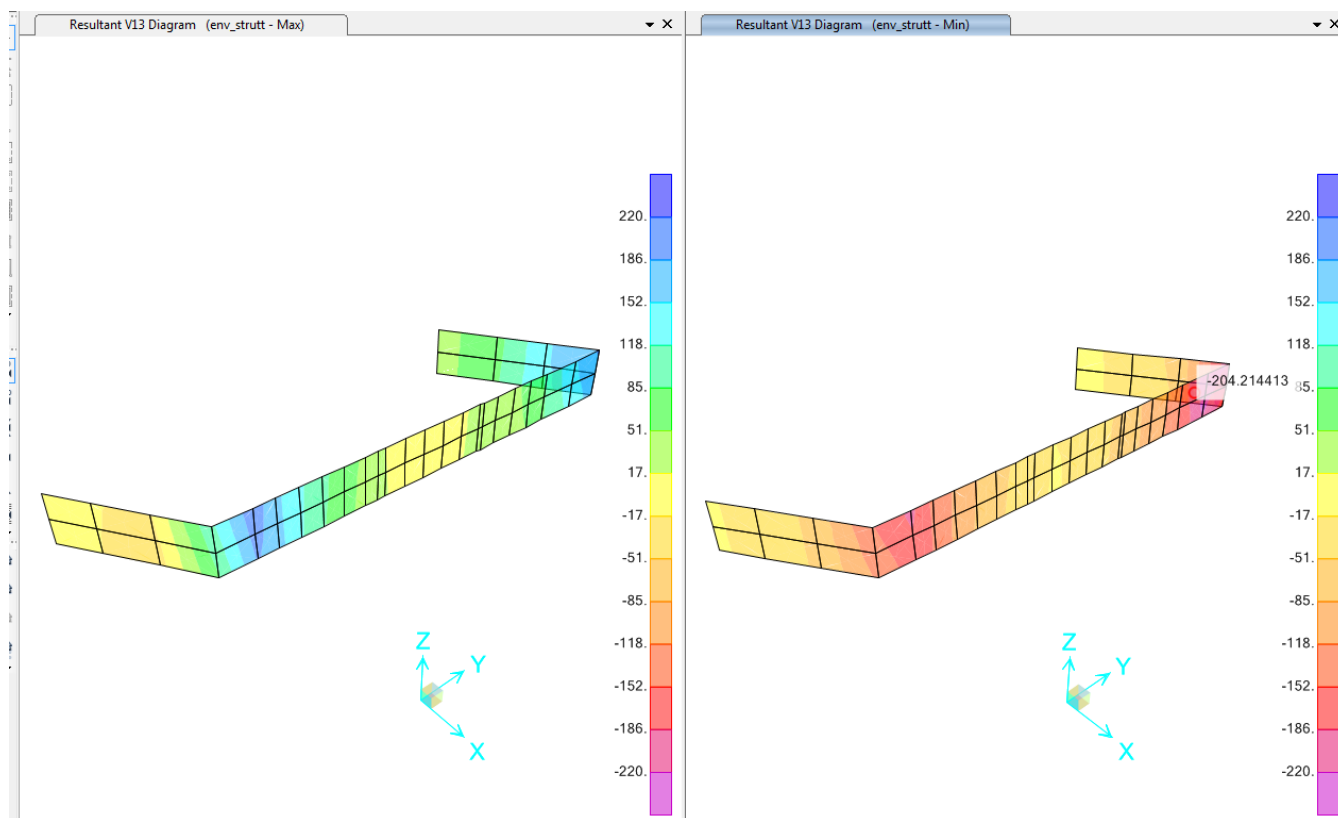
**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
---------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	----	----------

-----  
1            S            15.3    -50.0    60.0            -176    -43.0    7.0            1598            0    0.174    0.000  
-----

#### 7.5.4 Verifica a Taglio V13

La sezione di spessore 60 cm è in grado di resistere ad una sollecitazione di taglio massima pari a 243 kN senza prevedere armatura a taglio. Essendo la sollecitazione di taglio massima sempre inferiore a 220 kN non si dispongono staffe.



**Figura 22 – Paraghiaia: Involuppo V13 (kNm) combinazioni STR a max sin e min a des**

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**
**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	100 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	600 mm
-----	--------

Copriferro

$c$	50 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	550 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	600000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	2009.6 mm <sup>2</sup>
----------	------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0037 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.60 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.28
------------	------

$V_{Rd}$	243.10 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

## 7.6 VERIFICHE DI RESISTENZA MURI ANDATORI INFERIORI

### 7.6.1 Verifica pressoflessione armatura verticale (M22)

Si hanno le seguenti dimensioni delle sezioni e delle armature:

B=100 cm larghezza

H=80 cm altezza

armatura in trazione  $\Phi 20/10$



**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	57 di 109

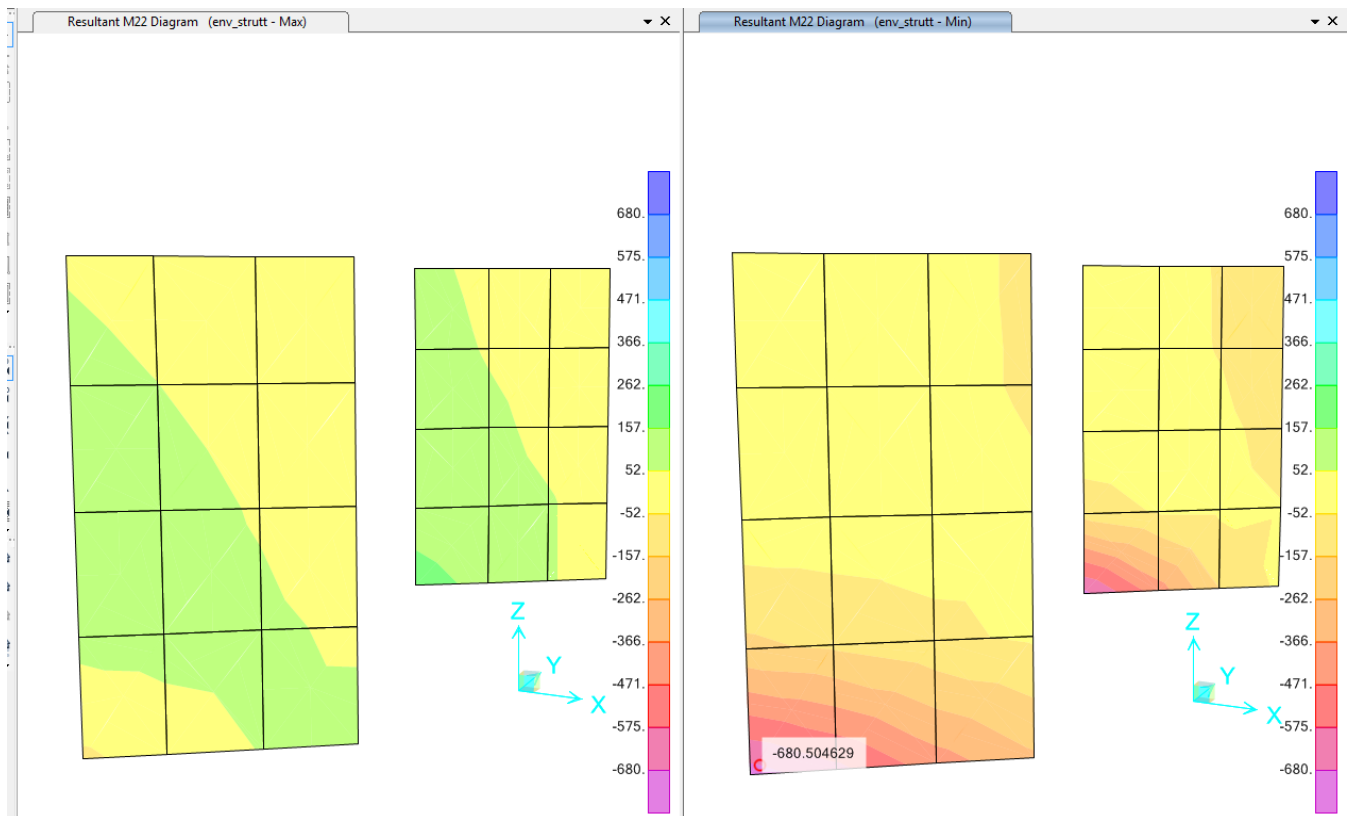
**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

armatura in compressione  $\Phi 20/10$

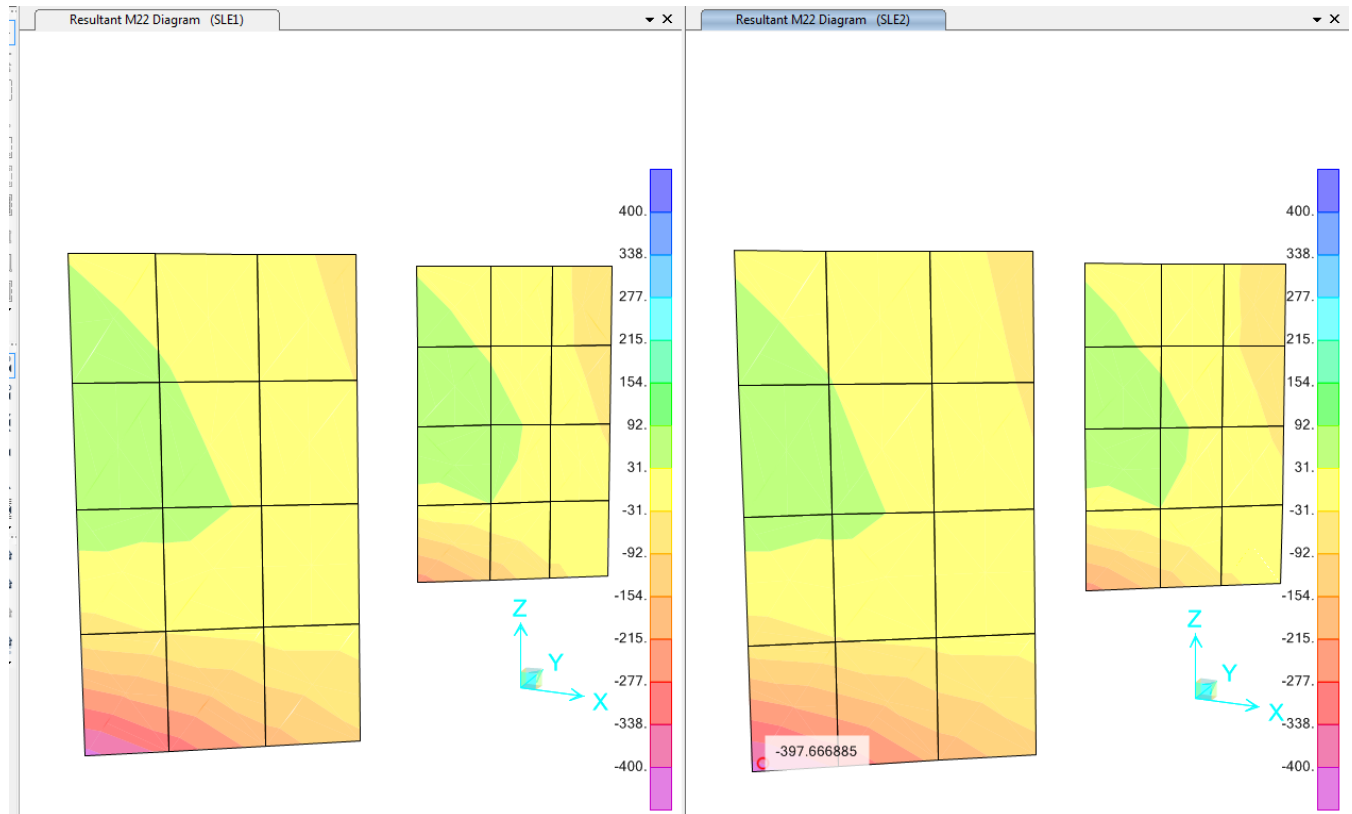
M22 max (STR) = 680 kNm

M22 max (RARA) = 400 kNm

M22 max (QP) = 400 kNm



**Figura 23 – Muro laterale: Inviluppo M22 (kNm) combinazioni STR massimo a sin e minimo a des**



**Figura 24 – Muro laterale: M22 (kNm) combinazione RARA1 a sin e RARA2 a des**

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** muro\_laterale\_M22

(Percorso File: \\oceano\C39\LAVORO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\muro\_laterale\_M22.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO -	Classe: C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd : 181.33 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd' : 90.67 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
	Def.unit. ultima ecu : 0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson : 0.20
	Resis. media a trazione fctm : 30.24 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
	Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	59 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Sc Limite : 192.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 144.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	80.00
3	50.00	80.00
4	50.00	0.00

**DATI BARRE ISOLATE**

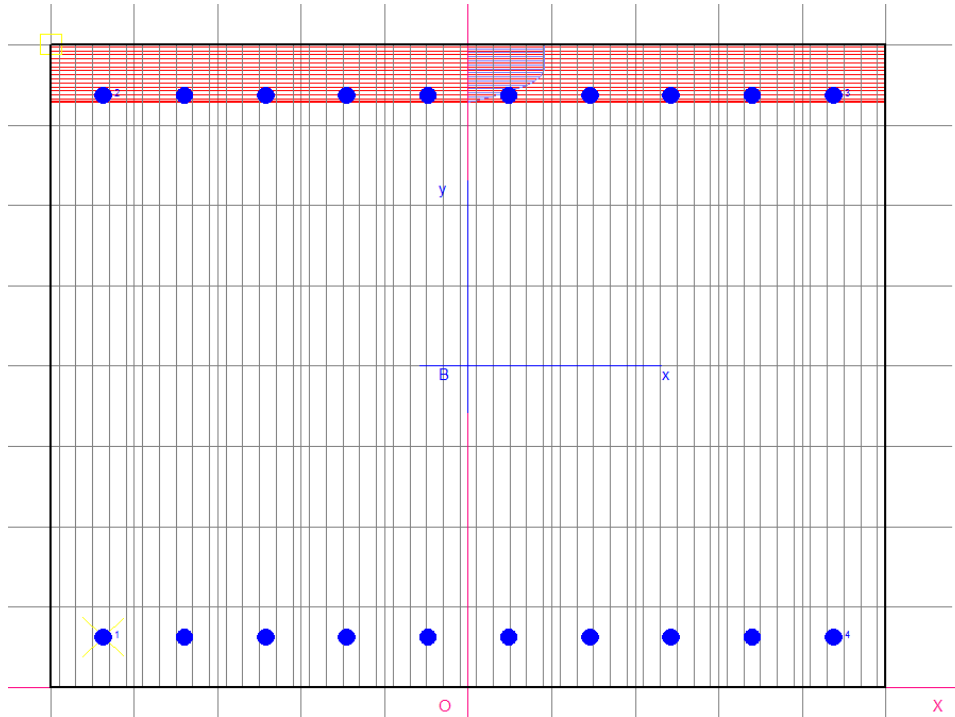
N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-43.70	6.30	20
2	-43.70	73.70	20
3	43.70	73.70	20
4	43.70	6.30	20

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	60 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**



**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	8	20
2	2	3	8	20

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	68000	0	10	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	40000	0

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	61 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**
**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	40000	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.3 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 3.9 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	68000	0	0	92146	0	1.355

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01326	-50.0	80.0	0.00042	-43.7	73.7	-0.03252	-43.7	6.3

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

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000488739	-0.035599159	0.097	0.700

**ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE**

Diametro staffe: 14 mm

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	62 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 20.5]  
 N.Bracci staffe: 2  
 Area staffe/m : 15.4 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima normativa = 15.0]

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO**

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vru Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso  
 Vcd Taglio [daN] assorbito dal conglomerato nel calcolo delle staffe  
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe  
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Afst Area staffe strettamente necessarie a taglio per metro di trave [cm<sup>2</sup>/m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	10	207373	99886	73.7	100.0	21.80°	1.000	0.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
 Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni  
 Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

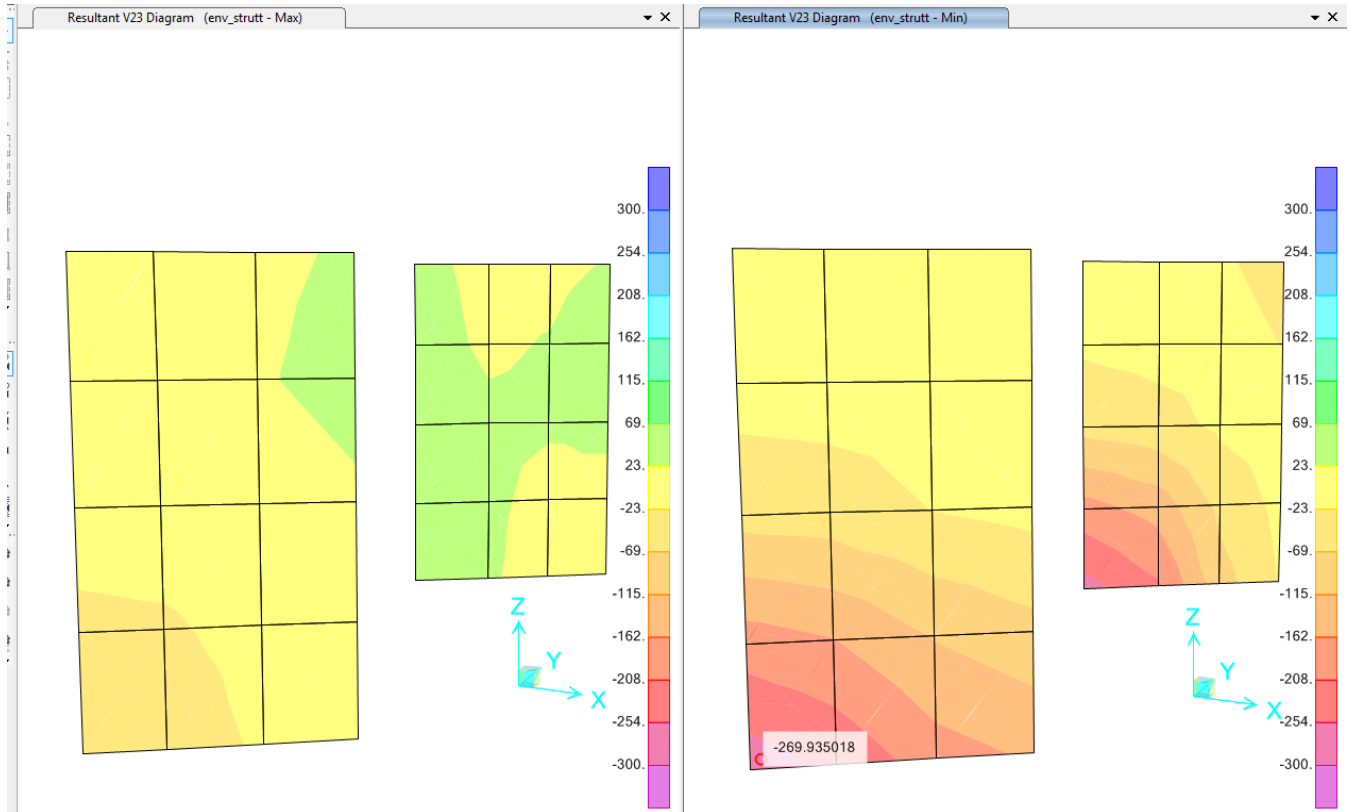
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	45.8	-50.0	80.0	-1894	-43.7	6.3	1999	220	0.187	0.142

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	45.8	-50.0	80.0	-1894	-43.7	6.3	1999	220	0.187	0.174

**7.6.2 Verifica a Taglio V23**

La sezione di spessore 80 cm è in grado di resistere ad una sollecitazione di taglio massima pari a 321 kN senza prevedere armatura a taglio. Essendo la sollecitazione di taglio massima sempre inferiore a 300 kN non si dispongono staffe.



**Figura 25 – Muro laterale: Involuppo V23 (kNm) combinazioni STR a max sin e min a des**

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	260 kN
$N_{Ed}$	0 kN

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	40 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33.2 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	18.81 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	800 mm
-----	--------

Copriferro

$c$	80 mm
-----	-------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	1000 mm
-------	---------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	720 mm
-----	--------

Area Calcestruzzo

$A_c$	800000 mm <sup>2</sup>
-------	------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	3140 mm <sup>2</sup>
----------	----------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0044 ≤ 0.02	ok
----------	---------------	----

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	ok
---------------	-----------------------	----

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.53 ≤ 2	ok
-----	----------	----

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.27
------------	------

$V_{Rd}$	321.57 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

**7.7 Verifica pressoflessione armatura orizzontale (M11)**

Si hanno le seguenti dimensioni delle sezioni e delle armature:

B=100 cm larghezza

H=80 cm altezza

armatura in trazione  $\Phi 20/10$



**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

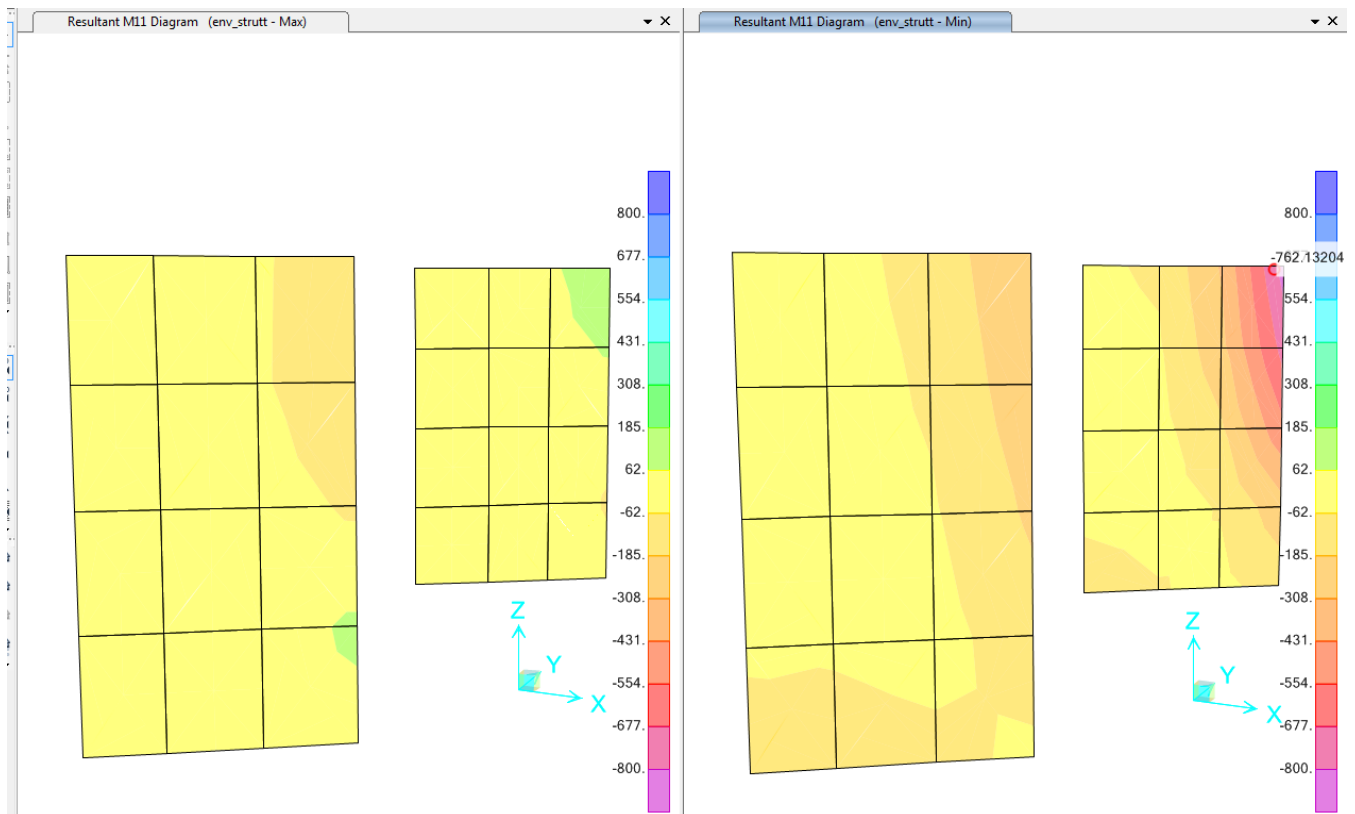
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	65 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

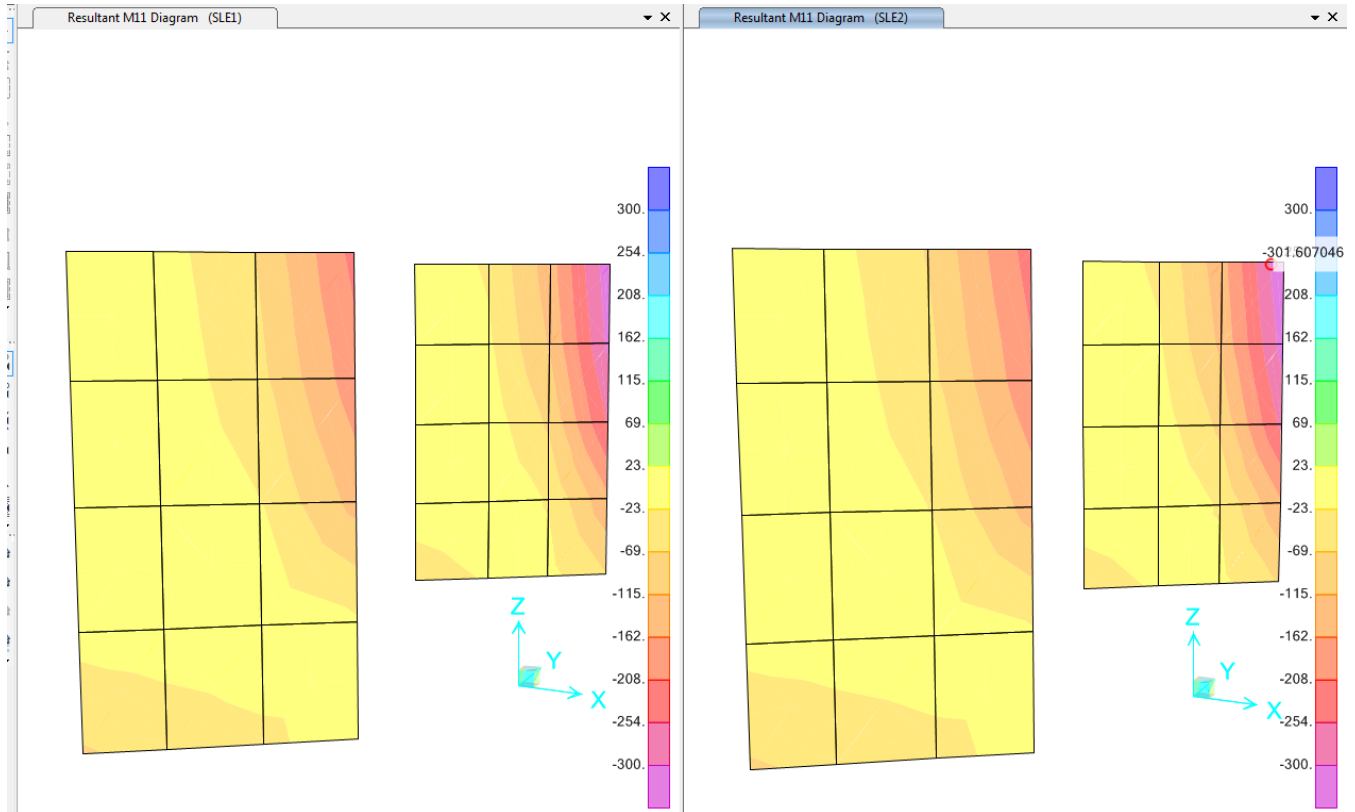
armatura in compressione  $\Phi 20/10$

M11 max (STR) = 800 kNm

M11 max (RARA) = 300 kNm



**Figura 26 – Muro laterale: Involuppo M11(kNm) combinazioni STR massimo a sin e minimo a des**



**Figura 27 – Muro laterale: M11 (kNm) combinazione RARA1 a sin e RARA2 a des**

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** muro\_laterale\_M11

(Percorso File: \\ocean\C39\LAVORO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\muro\_laterale\_M11.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO -	Classe: C32/40
Resis. compr. di calcolo fcd :	181.33 daN/cm <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	90.67 daN/cm <sup>2</sup>
Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
Def.unit. ultima ecu :	0.0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	333458 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm :	30.24 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	67 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Sc Limite : 192.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 144.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

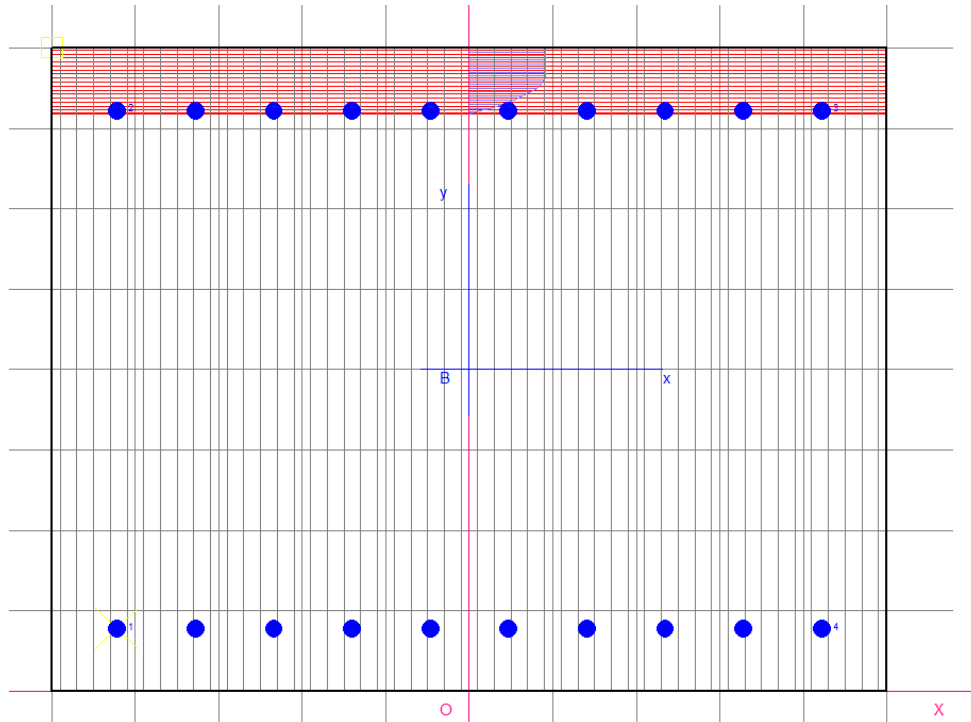
ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	80.00
3	50.00	80.00
4	50.00	0.00



**DATI BARRE ISOLATE**

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	68 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-42.20	7.80	20
2	-42.20	72.20	20
3	42.20	72.20	20
4	42.20	7.80	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	4	8	20
2	2	3	8	20

**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	80000	0	10	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	30000	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	30000	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.4 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	69 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	80000	0	0	89049	0	1.113

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01118	-50.0	80.0	0.00016	-42.2	72.2	-0.02741	-42.2	7.8

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

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000428113	-0.030749008	0.113	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

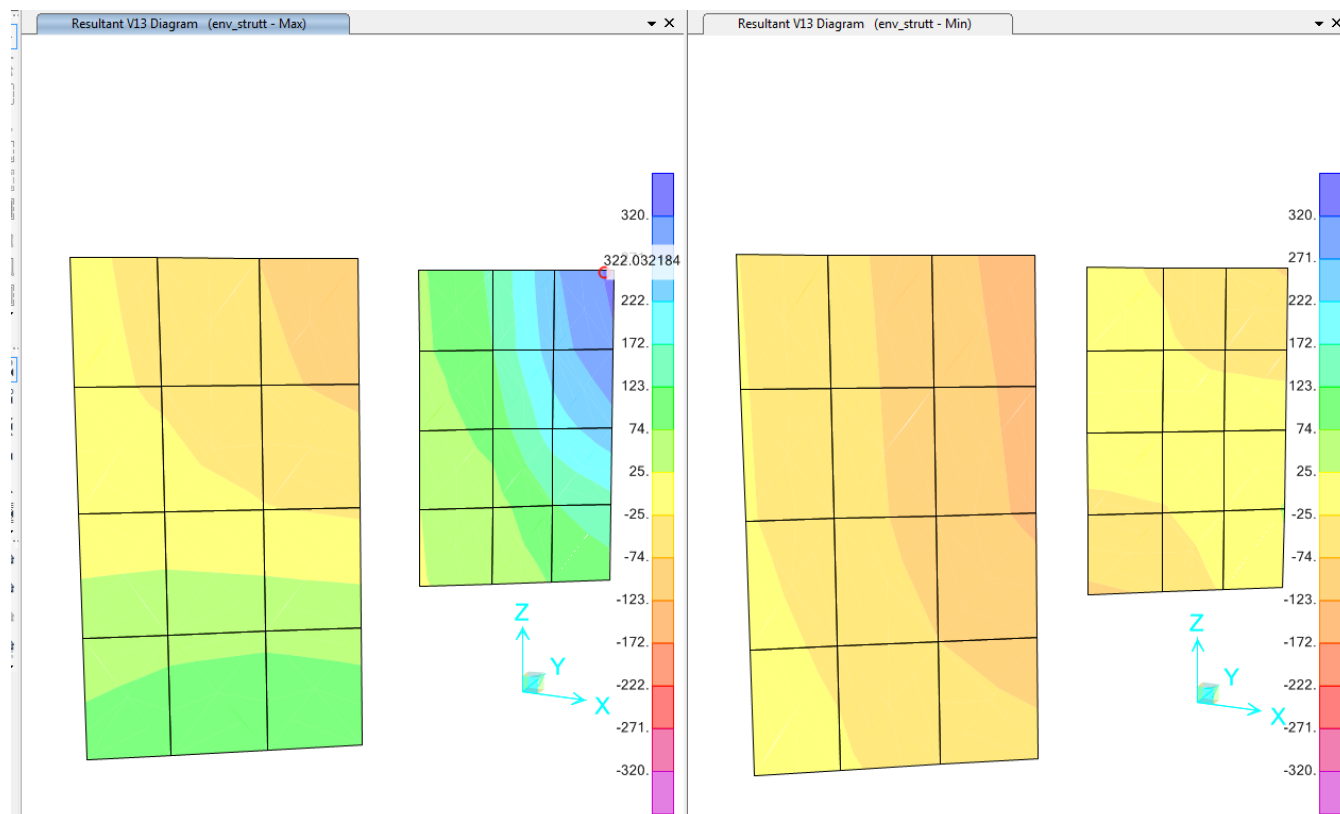
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	36.3	50.0	80.0	-1461	-14.1	7.8	2146	254	0.182	0.126

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	36.3	50.0	80.0	-1461	-14.1	7.8	2146	254	0.182	0.126

### 7.7.1 Verifica a Taglio V13

La sezione di spessore 80 cm è in grado di resistere ad una sollecitazione di taglio massima pari a 325 kN senza prevedere armatura a taglio. Essendo la sollecitazione di taglio massima sempre inferiore a 320 kN valore non si dispongono staffe.



**Figura 28 – Muro laterale: Inviluppo V13 (kNm) combinazioni STR a max sin e min a des**

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>320 kN</b>
$N_{Ed}$	<b>0 kN</b>

Calcestruzzo

**C32/40**

$R_{ck}$	<b>40 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{ck}$	<b>33.2 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{cd}$	<b>18.81 N/mm<sup>2</sup></b>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	<b>1.5</b>
------------	------------

Altezza sezione

$h$	<b>800 mm</b>
-----	---------------

Copriferro

$c$	<b>60 mm</b>
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>1000 mm</b>
-------	----------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	<b>740 mm</b>
-----	---------------

Area Calcestruzzo

$A_c$	<b>800000 mm<sup>2</sup></b>
-------	------------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	<b>3140 mm<sup>2</sup></b>
----------	----------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	<b>0.0042 ≤ 0.02</b>	<b>ok</b>
----------	----------------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	<b>0.0000 ≤ 0.2 <math>f_{cd}</math></b>	<b>ok</b>
---------------	---	-----------

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	<b>1.52 ≤ 2</b>	<b>ok</b>
-----	-----------------	-----------

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	<b>0.27</b>
------------	-------------

$V_{Rd}$	<b>325.96 kN</b>
----------	------------------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**VERIFICATA**

## 7.8 VERIFICHE DI RESISTENZA PLATEA DI FONDAZIONE

### 7.8.1 Verifica pressoflessione armatura verticale (M22)

Si hanno le seguenti dimensioni delle sezioni e delle armature:

B=100 cm larghezza

H=180 cm altezza

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	72 di 109

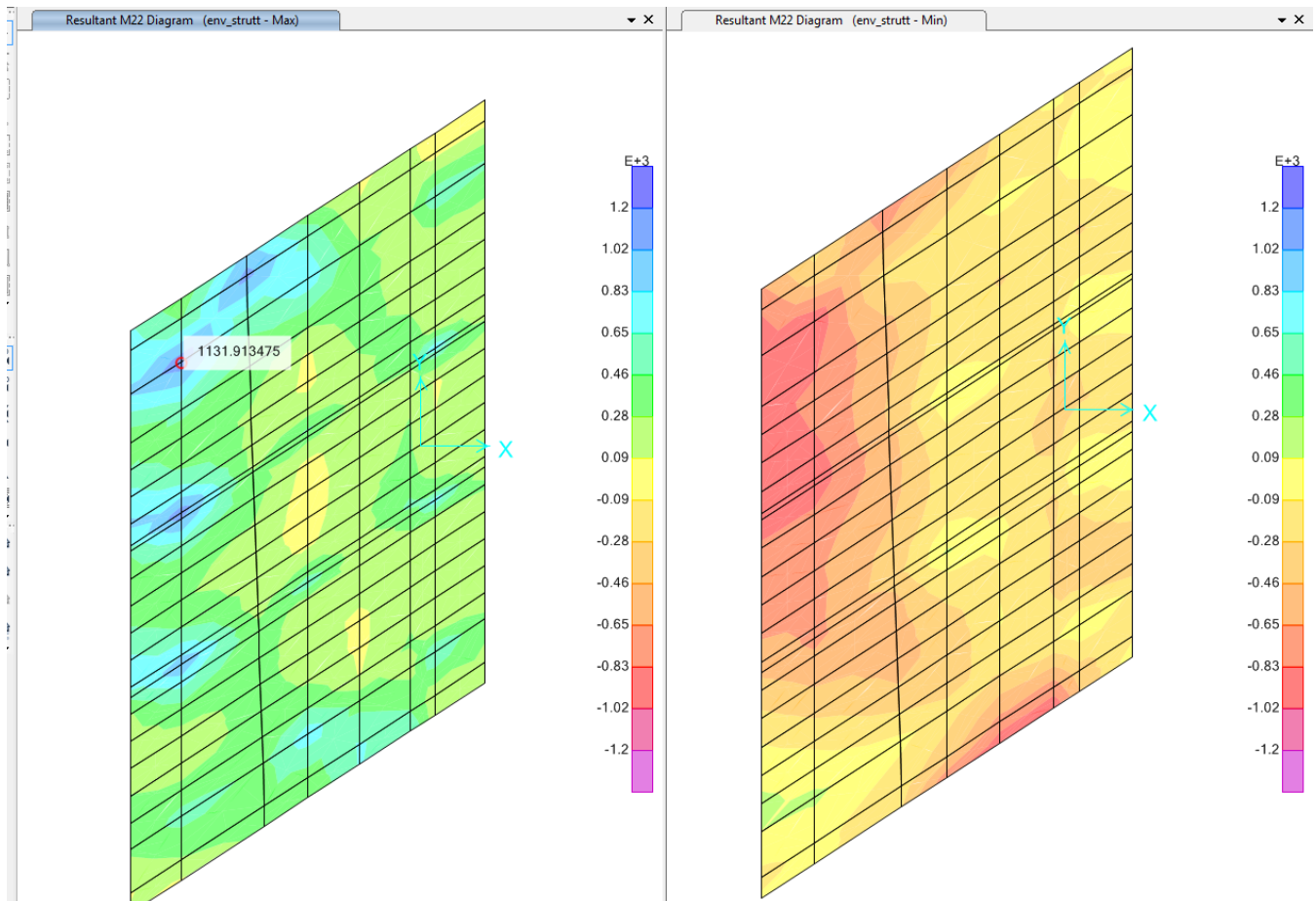
**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

armatura in trazione  $\Phi 26/10$

armatura in compressione  $\Phi 26/10$

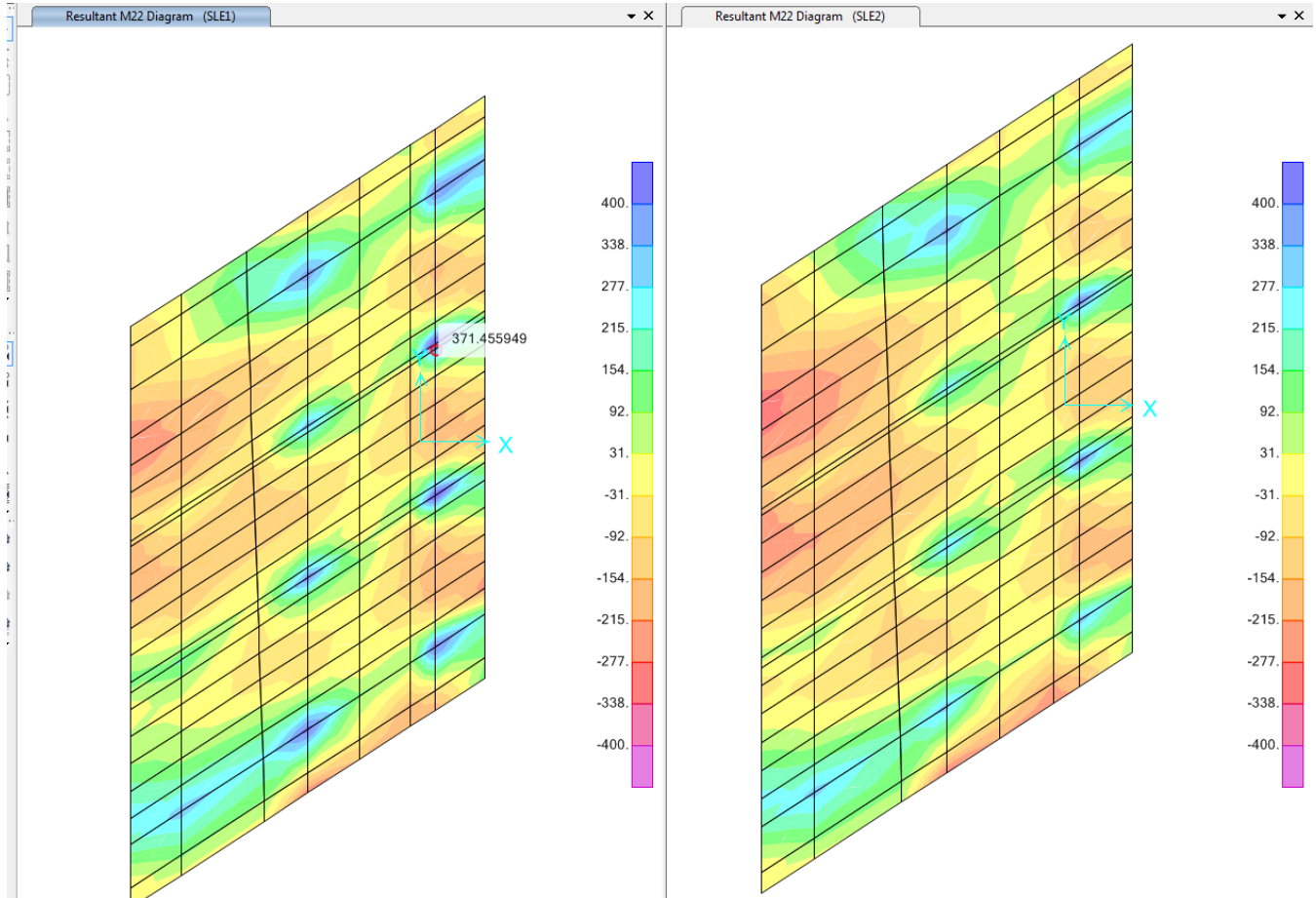
M22 max (STR) = 1200 kNm

M22 max (RARA) = 400 kNm



**Figura 29 – Fondazione: Involuppo M22 (kNm) combinazioni STR massimo a sin e minimo a des**





**Figura 30 – Fondazione: M22 (kNm) combinazione RARA1 a sin e RARA2 a des**

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** fondazione\_M22

(Percorso File: \\oceano\C39\LAVERO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\fondazione\_M22.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Normativa di riferimento:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Posizione sezione nell'asta:

Stati Limite Ultimi

Sezione generica

N.T.C.

A Sforzo Norm. costante

Moderat. aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO -	Classe: C28/35	
	Resis. compr. di calcolo fcd :	158.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd' :	79.30 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec :	323080 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson :	0.20
	Resis. media a trazione fctm :	28.80 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	74 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite : 168.00 daN/cm<sup>2</sup>

Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite : 126.00 daN/cm<sup>2</sup>

Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale

Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	180.00
3	50.00	180.00
4	50.00	0.00

#### DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-43.00	7.00	24
2	-43.00	173.00	24
3	43.00	173.00	24
4	43.00	7.00	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

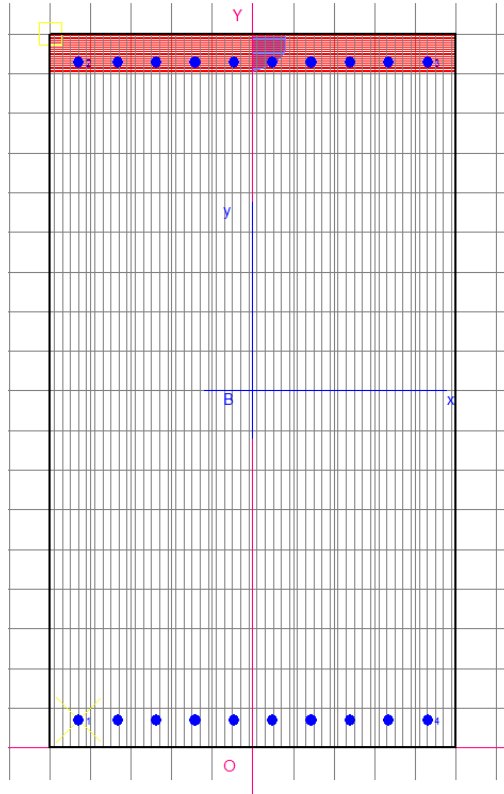
N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	75 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**



**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	120000	0	10	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	40000	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	40000	0

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	76 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

1 0 40000 0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.4 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	120000	0	0	337301	0	2.811

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)  
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.02527	-50.0	180.0	0.00089	-43.0	173.0	-0.06103	-43.0	7.0

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

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,0 gen.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000372989	-0.063637932	0.054	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	77 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Ap.fess.      Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	10.2	-50.0	180.0	-547	33.4	7.0	2355	244	0.217	0.045

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

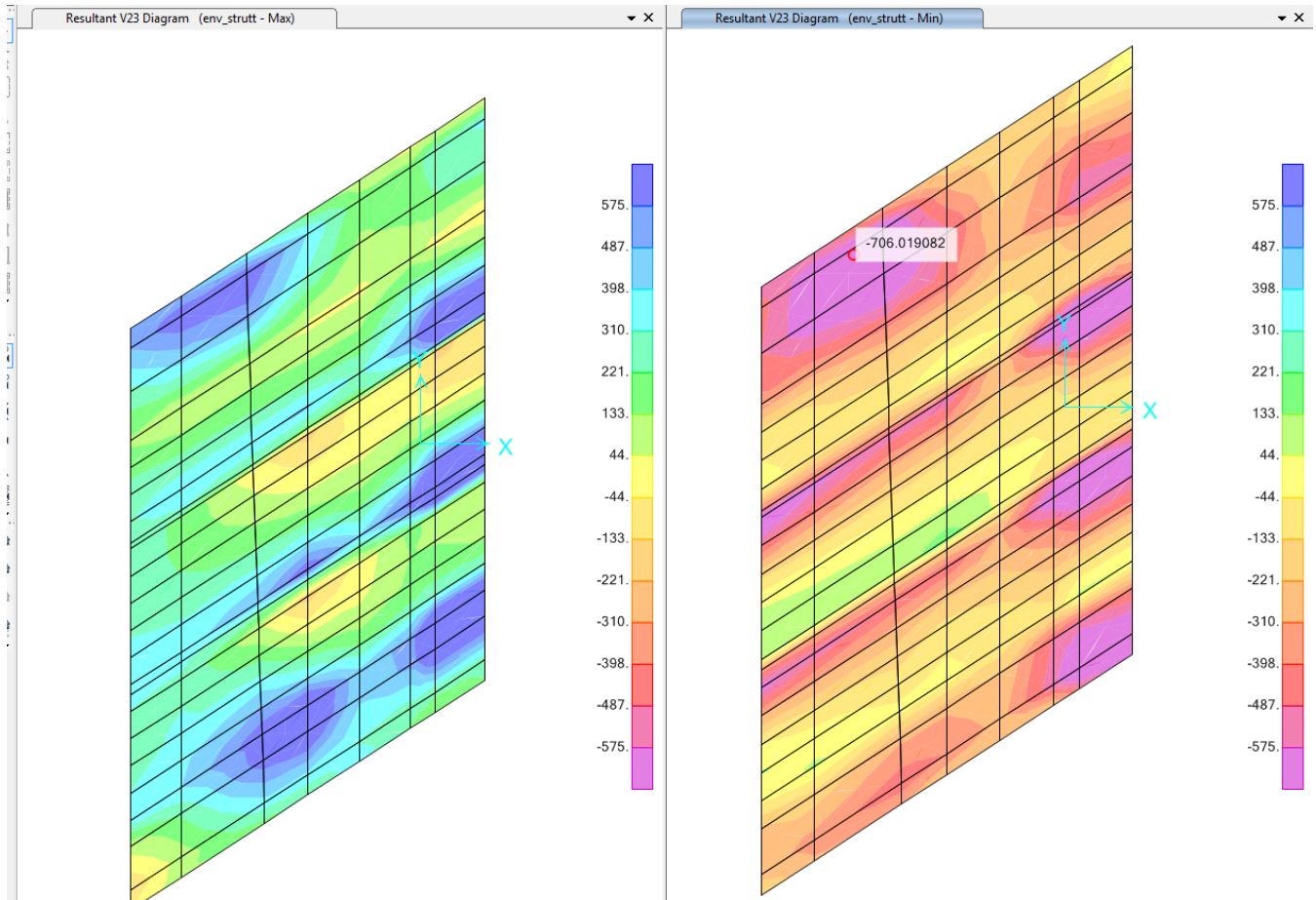
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	10.2	-50.0	180.0	-547	33.4	7.0	2355	244	0.217	0.045

### 7.8.2 Verifica a Taglio V23

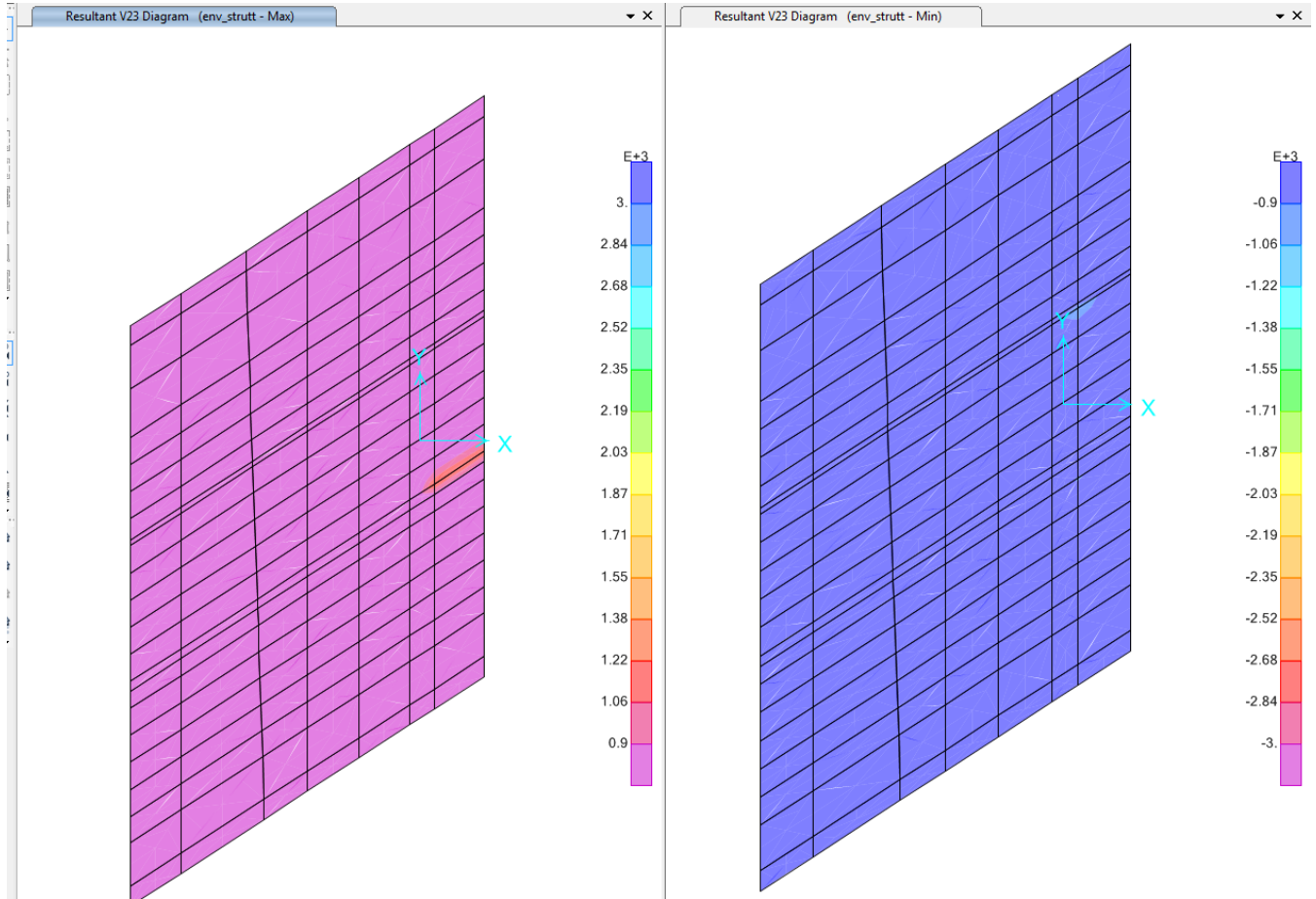
La sezione di spessore 180 cm è in grado di resistere ad una sollecitazione di taglio massima pari a 575 kN senza prevedere armatura a taglio.

Come si vede nella figura seguente ci sono delle aree dove il taglio V23 raggiunge un valore di 900 kN, pertanto in dette aree si predispone un'armatura a taglio costituita da barre  $\Phi 12/200$  a 3 braccia.

Di seguito il calcolo del taglio resistente.



**Figura 31 – Fondazione: Involuppo V23 (kNm) combinazioni STR a max sin e min a des**



**Figura 32 – Fondazione: Inviluppo V23 (kNm) diagrammi di ricoprimento**

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	80 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>900 kN</b>
$N_{Ed}$	<b>0 kN</b>

Calcestruzzo

**C28/35**

$R_{ck}$	<b>35 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{ck}$	29.05 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	16.46 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	<b>1800 mm</b>
-----	----------------

Copri ferro

$c$	<b>80 mm</b>
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>1000 mm</b>
-------	----------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	1720 mm
-----	---------

Area Calcestruzzo

$A_c$	1800000 mm <sup>2</sup>
-------	-------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	<b>5306.6 mm<sup>2</sup></b>
----------	------------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0031 ≤ 0.02	<b>ok</b>
----------	---------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	<b>ok</b>
---------------	-----------------------	-----------

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.34 ≤ 2	<b>ok</b>
-----	----------	-----------

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.23
------------	------

$V_{Rd}$	574.93 kN
----------	-----------

**Verifica:**

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

**NON VERIFICATA**



**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	81 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

**[4.1.2.1.3.2]**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) / (1 + ctg^2 \theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{ynom}$	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>
		$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b>
staffe		$f_i$	0.79 rad
		braccia	<b>12 mm</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	<b>3</b>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		$s$	<b>339.12 mm<sup>2</sup></b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	<b>200 mm</b>
			90 °
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	1.57 rad
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>8.23 N/mm<sup>2</sup></b>
			<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	1027.09 kN
		$V_{Rcd}$	6370.67 kN
		$V_{Rd}$	1027.09 kN
<b>Verifica:</b>	$V_{Rd} > V_{Ed}$		<b>VERIFICATA</b>

**7.8.3 Verifica pressoflessione armatura orizzontale (M11)**

Si hanno le seguenti dimensioni delle sezioni e delle armature:

B=100 cm larghezza

H=180 cm altezza

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	82 di 109

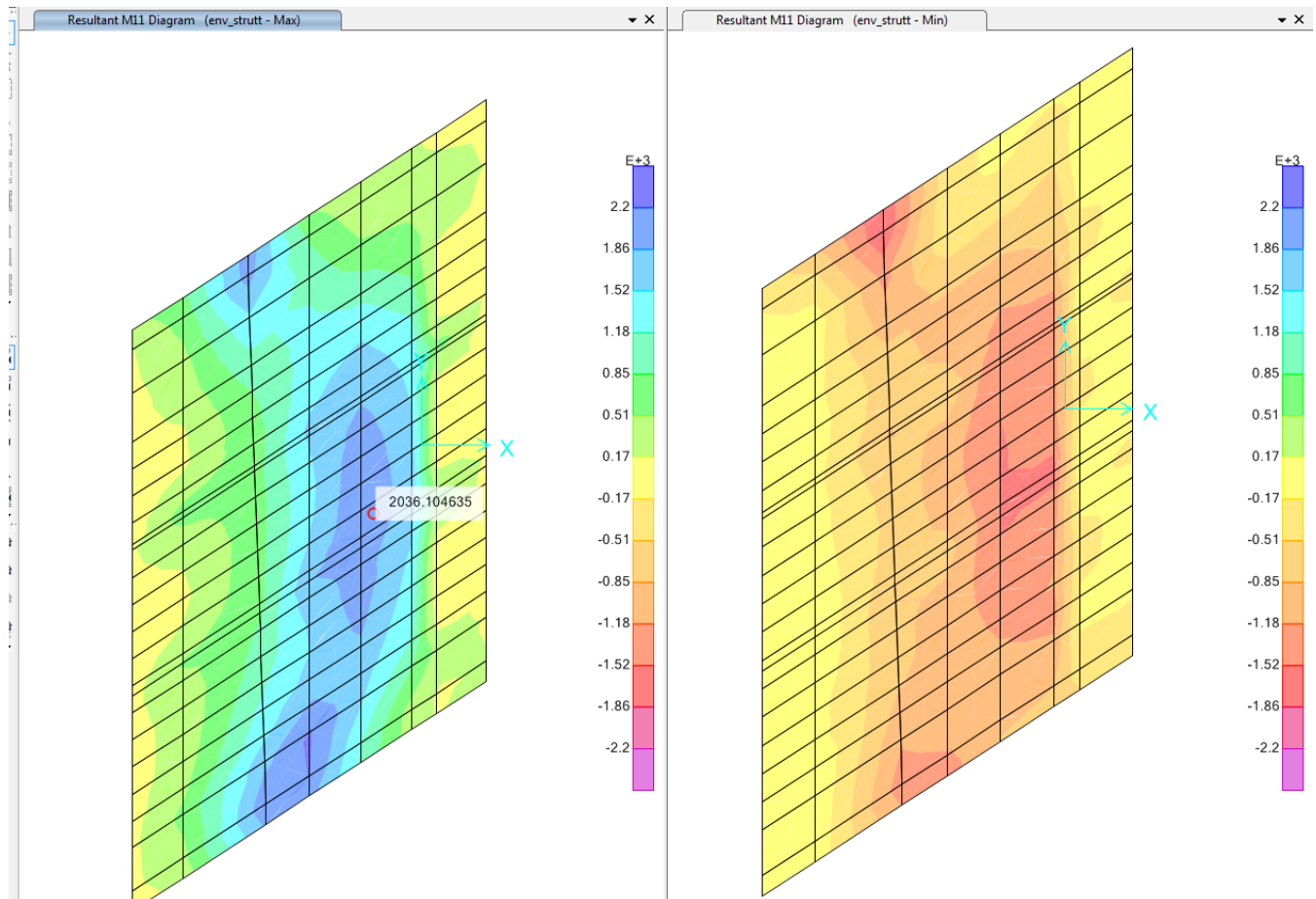
**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

armatura in trazione  $\Phi 26/10$

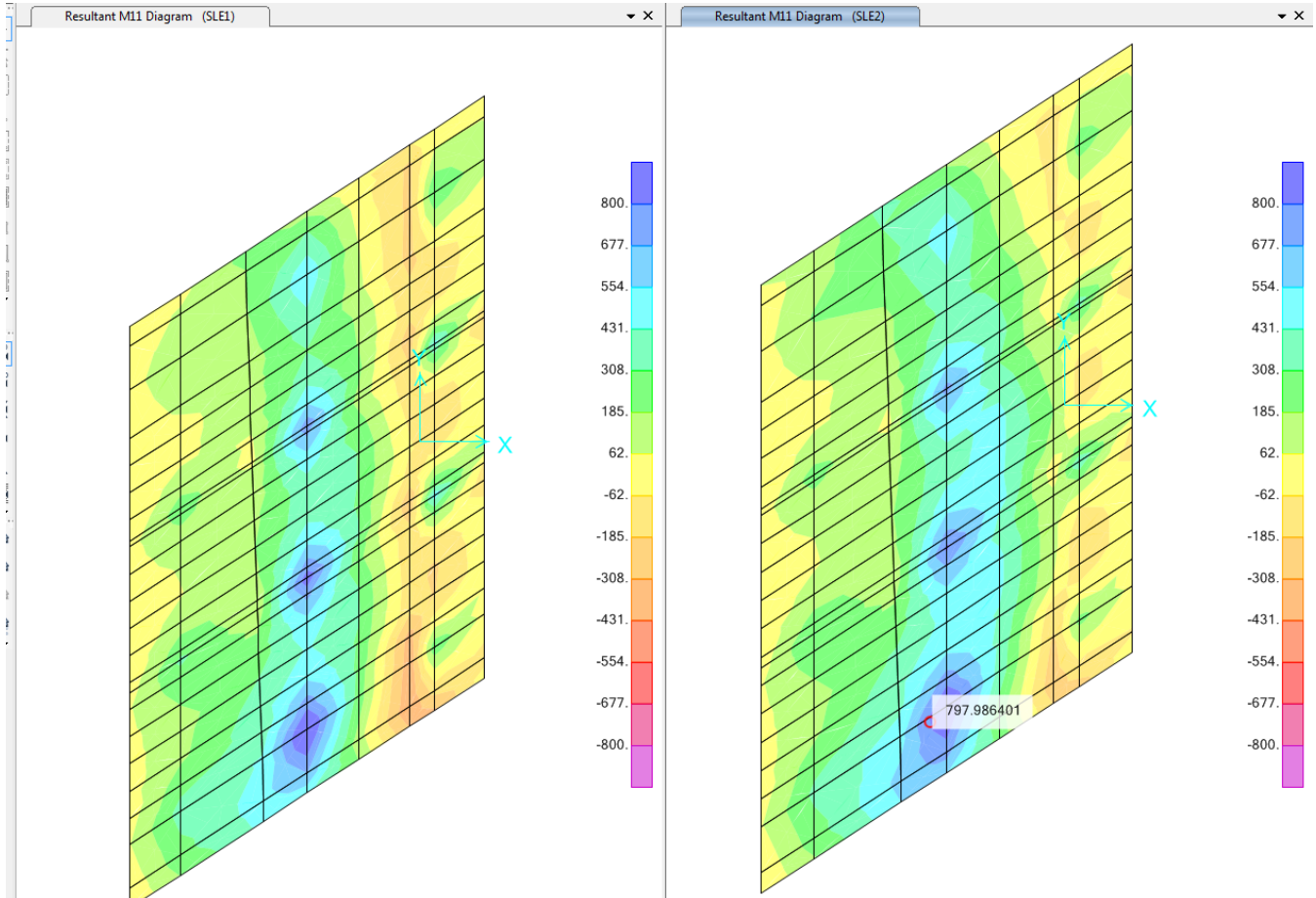
armatura in compressione  $\Phi 26/10$

M11 max (STR) = 2200 kNm

M11 max (RARA) = 800 kNm



**Figura 33 – Fondazione: Involuppo M11(kNm) combinazioni STR massimo a sin e minimo a des**



**Figura 34 – Fondazione: M11 (kNm) combinazione RARA1 a sin e RARA2 a des**

**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE: fondazione\_M11**

(Percorso File: \\oceano\C39\LAVERO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\fondazione\_M11.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO -	Classe: C28/35	
	Resis. compr. di calcolo fcd :	158.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd' :	79.30 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec :	323080 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson :	0.20

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	84 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Resis. media a trazione fctm: 28.80 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 168.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):  
 Sc Limite : 126.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 5400.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

##### DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	180.00
3	50.00	180.00
4	50.00	0.00

#### DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-43.00	7.00	26
2	-43.00	173.00	26
3	43.00	173.00	26
4	43.00	7.00	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.  
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.  
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.  
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	8	26
2	2	3	8	26

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	85 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0	220000	0	10	0

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

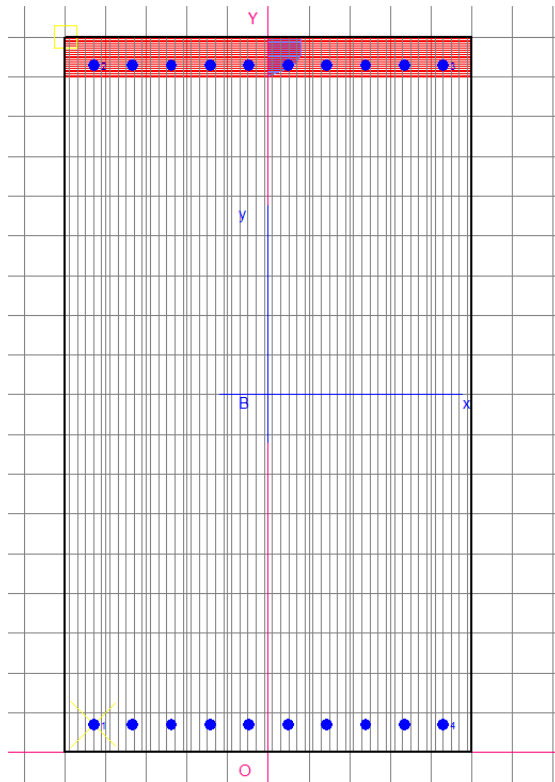
N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	80000	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.  
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	0	80000	0



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	86 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm

Copriferro netto minimo staffe: 4.3 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	0	220000	0	0	392713	0	1.785

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.02389	-50.0	180.0	0.00102	-43.0	173.0	-0.05791	-43.0	7.0

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

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000354996	-0.060399339	0.057	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	18.7	-50.0	180.0	-934	-4.8	7.0	2489	238	0.215	0.076

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	87 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

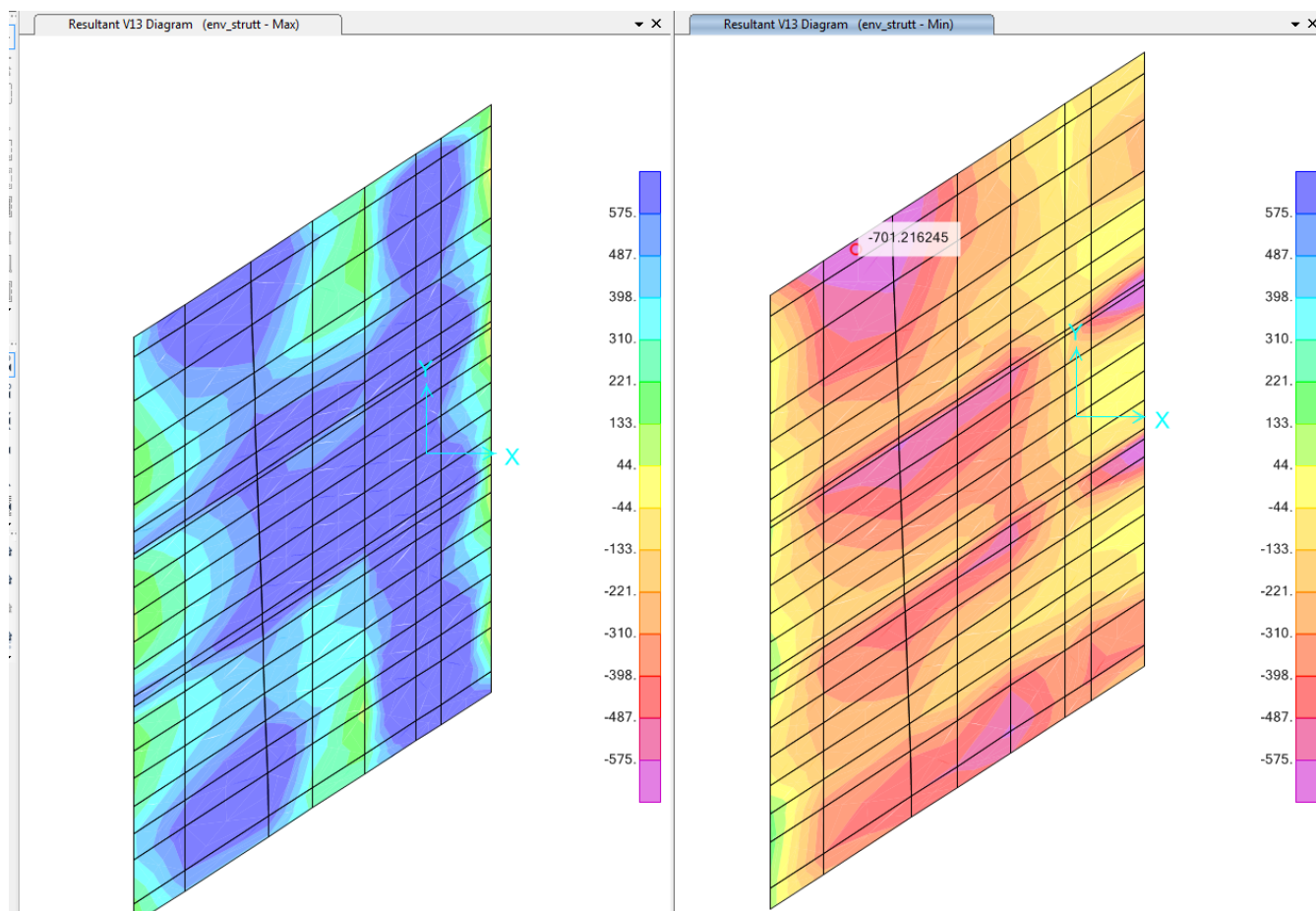
N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	18.7	-50.0	180.0	-934	-4.8	7.0	2489	238	0.215	0.076

### 7.8.4 Verifica a Taglio V13

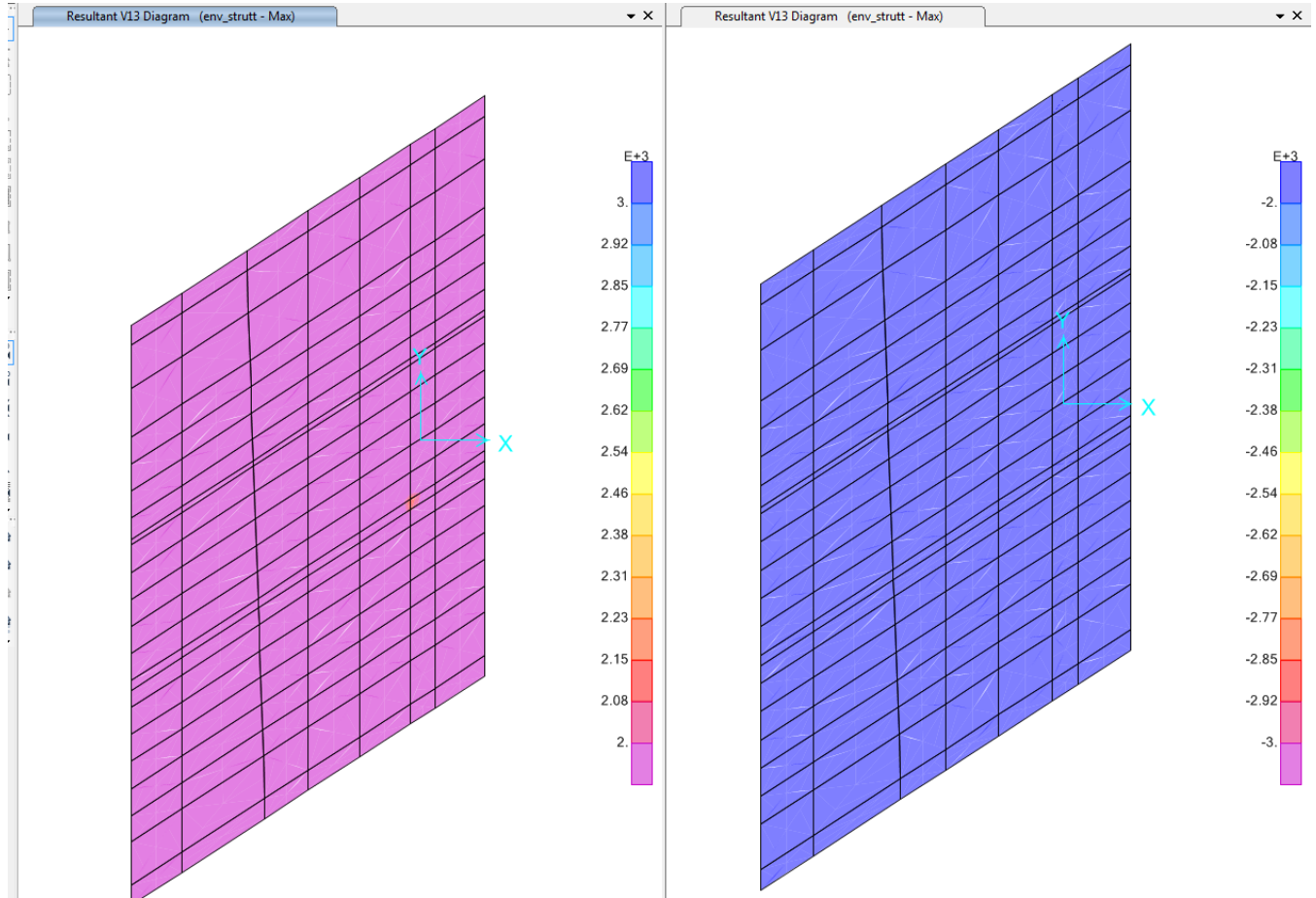
La sezione di spessore 180 cm è in grado di resistere ad una sollecitazione di taglio massima pari a 575 kN senza prevedere armatura a taglio.

Come si vede nella figura seguente ci sono delle aree dove il taglio V13 raggiunge un valore di 2000 kN, pertanto in dette aree si predispone un'armatura a taglio costituita da barre  $\Phi 12/100$  a 3 braccia.

Di seguito il calcolo del taglio resistente.



**Figura 35 – Fondazione: Involuppo V13 (kNm) combinazioni STR a max sin e min a des**



**Figura 36 – Fondazione: Inviluppo V13 (kNm) diagrammi di ricoprimento**



**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	89 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**
**Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**
**[4.1.2.1.3.1]**

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

$V_{Ed}$	<b>900 kN</b>
$N_{Ed}$	<b>0 kN</b>

Calcestruzzo

**C28/35**

$R_{ck}$	<b>35 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{ck}$	29.05 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	16.46 N/mm <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

$\gamma_c$	1.5
------------	-----

Altezza sezione

$h$	<b>1800 mm</b>
-----	----------------

Copriferro

$c$	<b>80 mm</b>
-----	--------------

Larghezza minima della sezione (in mm)

$b_w$	<b>1000 mm</b>
-------	----------------

Altezza utile della sezione (in mm)

$d$	1720 mm
-----	---------

Area Calcestruzzo

$A_c$	1800000 mm <sup>2</sup>
-------	-------------------------

Armatura longitudinale

$A_{sl}$	<b>5306.6 mm<sup>2</sup></b>
----------	------------------------------

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

$\rho_1$	0.0031 ≤ 0.02	<b>ok</b>
----------	---------------	-----------

Tensione media di compressione nella sezione

$\sigma_{cp}$	0.0000 ≤ 0.2 $f_{cd}$	<b>ok</b>
---------------	-----------------------	-----------

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$k$	1.34 ≤ 2	<b>ok</b>
-----	----------	-----------

$$v_{\min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

$v_{\min}$	0.23
------------	------

$V_{Rd}$	574.93 kN
----------	-----------

**Verifica:**
 $V_{Rd} > V_{Ed}$ 
**NON VERIFICATA**

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	90 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

**[4.1.2.1.3.2]**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) / (1 + ctg^2 \theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{ynom}$	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>
		$f_{yd}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45 °</b>
staffe		$f_i$	0.79 rad
		braccia	<b>12 mm</b>
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	<b>3</b>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		$s$	<b>339.12 mm<sup>2</sup></b>
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	<b>100 mm</b>
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	90 °
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	1.57 rad
		$V_{Rsd}$	<b>8.23 N/mm<sup>2</sup></b>
		$V_{Rcd}$	<b>1</b>
		$V_{Rd}$	2054.18 kN
		$V_{Rcd}$	6370.67 kN
		$V_{Rd}$	2054.18 kN
<b>Verifica:</b>	$V_{Rd} > V_{Ed}$		<b>VERIFICATA</b>

## 8 PALI DI FONDAZIONE

Le verifiche sono effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI.

### 8.1 VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE

La fondazione della spalla fissa poggia su 12 pali di diametro 1200 mm, nelle tabelle seguenti si riportano gli scarichi ottenuti in testa ai pali maggiormente sollecitati nelle combinazioni SLU (statiche e sismiche).

SLU/SLV		F1	F2	Fh	F3	Joint	OutputCase
		KN	KN	kN	KN	Text	Text
F3	max	-1161.0	460.6	1249.0	<b>6846.3</b>	419	STR1
F3	min	-987.8	-782.7	1260.3	-1825.0	414	SIS13
F2	max	-717.1	919.3	1165.9	2455.1	418	SIS16
F2	min	-60.0	-1082.8	1084.5	2115.4	415	SIS9
F1	max	2006.3	-472.1	<b>2061.1</b>	3197.0	415	SIS8

RARA		F1	F2	Fh	F3	Joint	OutputCase
		KN	KN	kN	KN	Text	Text
F3	max	-858.5	302.2	910.2	4820.3	419	SLE1
F3	min	-226.8	-187.3	294.1	1076.3	414	SLE2
F2	max	-858.5	302.2	910.2	4820.3	419	SLE1
F2	min	-325.5	-403.4	518.4	3707.9	416	SLE1
F1	max	-120.3	6.8	120.5	1453.0	423	SLE1
F1	min	-870.8	107.0	877.4	3930.6	419	SLE2

La verifica a carico limite verticale dei pali di fondazione viene condotta confrontando il carico limite di un palo  $Q_{lim}$ , dato dalla somma della resistenza alla base  $Q_b$  e della resistenza laterale  $Q_s$ , con il valore di progetto (che tiene conto dei coefficienti parziali di sicurezza) del carico applicato in testa al palo  $Q_{Ed}$ .

$$Q_{lim} = Q_b + Q_s = \frac{\pi d^2}{4} p + \pi d \int_0^L s \cdot dz$$

$$p = N_q \sigma_{vL} + N_c c \quad \text{con} \quad N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \varphi$$

Dove con  $p$  si indica la resistenza unitaria alla punta, con  $s$  la resistenza allo scorrimento all'interfaccia laterale palo-terreno, con  $d$  il diametro e con  $L$  la lunghezza del palo e con  $\sigma'_{vL}$  la tensione litostatica verticale alla profondità  $L$ .

Il calcolo del carico limite di un palo si riferisce sia alle condizioni drenate sia alle condizioni non drenate. Nel primo caso, il calcolo viene condotto in termini di tensioni efficaci, mentre, nel secondo caso risulta in genere più agevole eseguirlo in termini di tensioni totali.

Il modello di calcolo impiegato è quello proposto da Berezantzev et al. (1961) che ipotizza l'esistenza di una sorta di effetto silo (Figura 37) per il quale la tensione verticale  $\sigma'_{vL}$  risulterebbe minore della tensione litostatica.

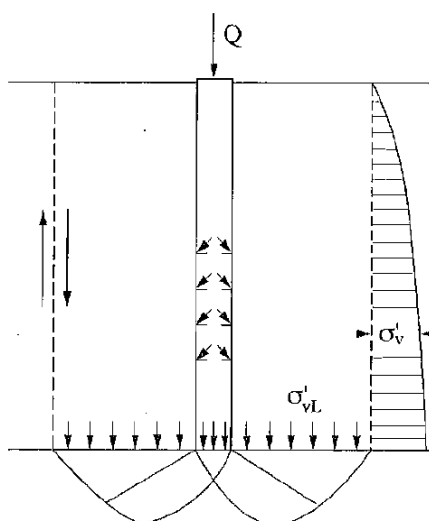


Figura 37 - Valori Effetto silo (Berezantzev et al. (1961)).

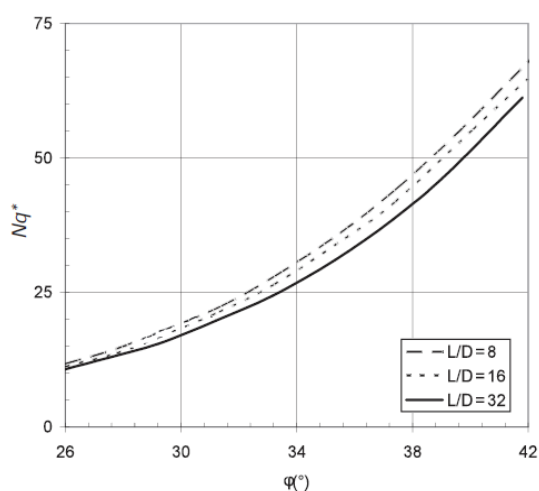


Figura 38 - Valori di  $N_q$  secondo Berezantzev (1965).

Il coefficiente  $N_q$  risulta funzione decrescente del rapporto  $L/d$  oltre che funzione crescente dell'angolo di attrito (Figura 38).

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	93 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

### 8.1.1 Verifica a Compressione

Nelle verifiche seguenti al carico assiale determinato dal modello di calcolo viene sommato il peso proprio del palo ma viene sottratta la sottospinta idraulica.

$$N = 6846.3 + 25 * V_{palo} - 10 * (L_{palo} - z_w) = 7648.82 \text{ kN}$$

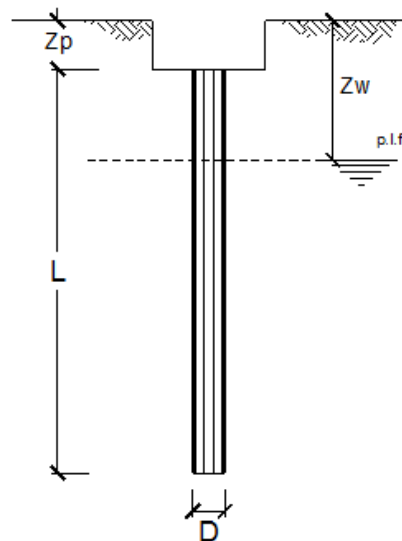
#### CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

**CANTIERE:**
**OPERA:**
**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):	1.20	(m)	Area del Palo (A <sub>p</sub> ):	1.131	(m <sup>2</sup> )
Quota testa Palo dal p.c. (z <sub>p</sub> ):	2.50	(m)	Quota falda dal p.c. (z <sub>w</sub> ):	6.00	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	7648.82	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):	0	(kN)
Numero di strati	3		L <sub>palo</sub> =	42.00	(m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti γ <sub>G</sub>	variabili γ <sub>Q</sub>	γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s</sub> traz	
SU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



La quota della testa palo è assunta rispetto al PF e conseguentemente anche la quota della falda viene inserita rispetto al PF.

Nella valutazione della resistenza laterale non è stata presa in considerazione la componente coesiva, che invece è stata presa in considerazione nel calcolo della resistenza alla punta.

CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	94 di 109

Relazione di calcolo spalle e fondazioni

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C'_{med}$ (kPa)	$\Phi'_{med}$ (°)	$C_{u,med}$ (kPa)
1	8.00	T1	19.00		33.0	
2	14.00	T2	19.00		36.0	
3	20.00	AL	20.00	7.5	23.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
(-)	(-)	(-)	(-)
0.46	0.65		
0.41	0.73		
0.61	0.42		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

**PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)**

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C'_{min}$ (kPa)	$\Phi'_{min}$ (°)	$C_{u,min}$ (kPa)
1	8.00	T1	19.00		33.0	
2	14.00	T2	19.00		36.0	
3	20.00	AL	20.00	7.5	23.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
(-)	(-)	(-)	(-)
0.46	0.65		
0.41	0.73		
0.61	0.42		

**RISULTATI**

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)	Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)	
1	8.00	T1	988.6					988.6					
2	14.00	T2	3438.0					3438.0					
3	20.00	AL	7419.5	8.39	17.40	4160.7	4705.7	7419.5	8.39	17.40	4160.7	4705.7	

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$$N_d = N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$$

$$N_d = 7648.8 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

$$\text{base } R_{b,cal,med} = 4705.7 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal,med} = 11846.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal,med} = 16551.7 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

$$\text{base } R_{b,cal,min} = 4705.7 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal,min} = 11846.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal,min} = 16551.7 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal,med}/\xi_3 ; R_{b,cal,min}/\xi_4) = 2768.0 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal,med}/\xi_3 ; R_{s,cal,min}/\xi_4) = 6968.3 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 9736.3 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 8109.8 \text{ (kN)}$$

$$F_s = R_{c,d} / N_d$$

$$F_s = 1.06$$

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	95 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

### 8.1.2 Verifica a Sfilamento

Nelle verifiche seguenti al carico assiale determinato dal modello di calcolo viene sommato il peso proprio del palo ma viene sottratta la sottospinta idraulica.

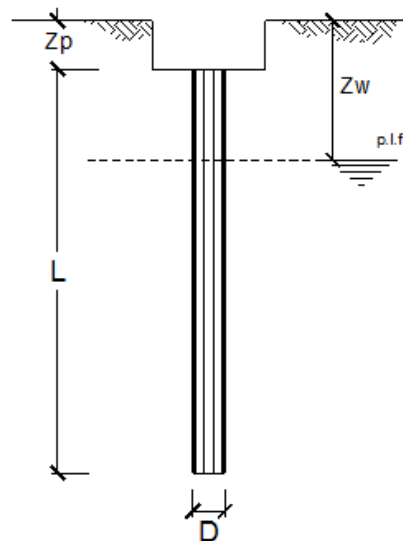
$$N = -1825.0 + 25 * V_{\text{palo}} - 10 * (L_{\text{palo}} - z_w) = -1022.5 \text{ kN}$$

#### CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

**CANTIERE:**
**OPERA:**
**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D):	1.20	(m)	Area del Palo (A <sub>p</sub> ):	1.131	(m <sup>2</sup> )
Quota testa Palo dal p.c. (z <sub>p</sub> ):	2.50	(m)	Quota falda dal p.c. (z <sub>w</sub> ):	6.00	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	-1022.5	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):	0	(kN)
Numero di strati	3		L <sub>palo</sub> =	42.00	(m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo		permanenti γ <sub>G</sub>	variabili γ <sub>Q</sub>	γ <sub>0</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s</sub> traz	
SUD	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista	●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IR0B 02 D10 CL IV0104 001 A 96 di 109

Relazione di calcolo spalle e fondazioni

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_{med}$ (kPa)	$\Phi'_{med}$ (°)	$C_{u\ med}$ (kPa)
1	8.00	T1	19.00		33.0	
2	14.00	T2	19.00		36.0	
3	20.00	AL	20.00	7.5	23.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
(-)	(-)	(-)	(-)
0.46	0.65		
0.41	0.73		
0.61	0.42		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

**PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)**

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C'_{min}$ (kPa)	$\Phi'_{min}$ (°)	$C_{u\ min}$ (kPa)
1	8.00	T1	19.00		33.0	
2	14.00	T2	19.00		36.0	
3	20.00	AL	20.00	7.5	23.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
(-)	(-)	(-)	(-)
0.46	0.65		
0.41	0.73		
0.61	0.42		

**RISULTATI**

Strato	Spess (-) (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)	Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)
1	8.00	T1	988.6					988.6				
2	14.00	T2	3438.0					3438.0				
3	20.00	AL	7419.5	8.39	17.40	4160.7	4705.7	7419.5	8.39	17.40	4160.7	4705.7

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$$N_d = N_G \cdot \gamma_G + N_Q \cdot \gamma_Q$$

$$N_d = -1022.5 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

$$\text{base } R_{b,cal\ med} = .0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal\ med} = 11846.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal\ med} = 11846.1 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

$$\text{base } R_{b,cal\ min} = .0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal\ min} = 11846.1 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal\ min} = 11846.1 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) = .0 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) = 6968.3 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 6968.3 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 5574.6 \text{ (kN)}$$

$$F_s = R_{c,d} / N_d$$

$$F_s = 5.45$$



## 8.2 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE

Il carico limite di un palo verticale sotto l'azione di una forza orizzontale è stato valutato facendo riferimento alla teoria sviluppata da Broms (1964). Si assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido-perfettamente plastico e cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento  $\delta$  e rimanga poi costante al crescere dello spostamento stesso.

Il terreno è stato assunto come omogeneo e cioè avente proprietà costanti con la profondità.

I possibili meccanismi di rottura per un palo vincolato alla sua estremità attraverso un vincolo che ne impedisca totalmente o parzialmente la rotazione sono rappresentati in Figura 39 e possono essere indicati come rottura a palo "corto", "intermedio" e "lungo".

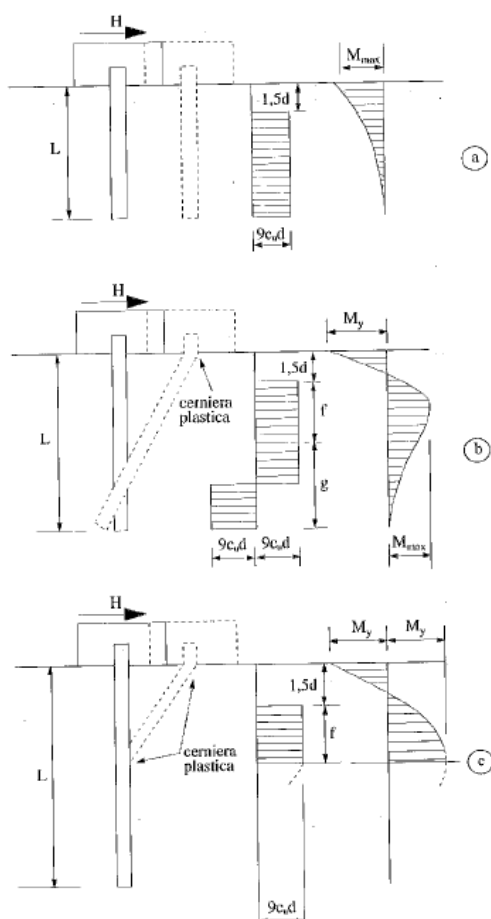


Figura 39 - Pali impediti di ruotare in testa, terreni coesivi

a) palo corto; b) palo intermedio; c) palo lungo.

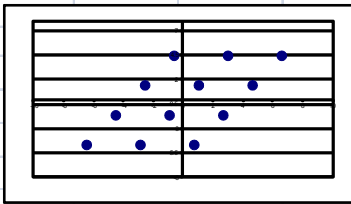
**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	98 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Il carico orizzontale è stato determinato dal modello di calcolo definito al capitolo precedente in cui è stato inserito un incastro nel baricentro della platea in modo da ottenere la risultante delle sollecitazioni e ripartirla tra i pali ipotizzando la fondazione infinitamente rigida nel piano.

Di seguito la ripartizione dei carichi:

DISTRIBUZIONE PERFETTAMENTE RIGIDA												
numero di pali =	12					palo	x	y				
						(-)	(m)	(m)				
						1	6.53	4.55				
Dimensione longitudinale della spalla	10.00	(m)				2	2.93	4.55				
Dimensione trasversale della spalla	13.80	(m)				3	-0.67	4.55				
						4	4.58	1.53				
Dimensione longitudinale del plinto di fondazione	10.00	(m)				5	0.98	1.53				
Dimensione trasversale del plinto di fondazione	13.80	(m)				6	-2.62	1.53				
Altezza del plinto di fondazione	1.80	(m)				7	2.62	-1.53				
Altezza del terreno di ricoprimento	0.00	(m)				8	-0.98	-1.53				
Peso specifico del terreno di ricoprimento	1.90	(t/mc)				9	-4.58	-1.53				
						10	0.67	-4.55				
						11	-2.93	-4.55				
						12	-6.53	-4.55				
<b>Condizione di carico</b>												
<b>Caratteristiche di sollecitazione allo spiccato della SPALLA (kN,m)</b>												
<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fzmax</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>								
-15782.6	-2719.7	22418.4	398.6	-64247.2								
<b>Caratteristiche di sollecitazione all'intradosso plinto</b>												
<b>Fx =</b>	-15782.61	(kN)										
<b>Fy =</b>	-2719.67	(kN)										
<b>Fzmax =</b>	22418.38	(kN)										
<b>My =</b>	-50042.88	(kNm)										
<b>Mx =</b>	-2049.13	(kNm)										
<b>Massima verticale su palo</b>												
Fz, palo = compresso <b>3965.930</b> (kN)												
<b>Azione orizz. concomitante (testa palo)</b>												
Forizz, risultante = <b>1334.602</b> (kN)												
<b>AZIONI IN TESTA AL PALO - LATO ESTERNO</b>												
palo	yi (m)	yi <sup>2</sup> (mq)	xi (m)	xi <sup>2</sup> (mq)	Fzf (kN)	Fzmx (kN)	Fzmy (kN)	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>F (kN)</b>	
1	4.55	20.70	6.53	42.64	1868.20	-67.4347	-2030.30	<b>-229.53</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
2	4.55	20.70	2.93	8.58	1868.20	-67.4347	-910.99	<b>889.77</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
3	4.55	20.70	-0.67	0.45	1868.20	-67.4347	208.32	<b>2009.08</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
4	1.53	2.34	4.58	20.98	1868.20	-22.67584	-1424.01	<b>421.52</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
5	1.53	2.34	0.98	0.96	1868.20	-22.67584	-304.70	<b>1540.82</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
6	1.53	2.34	-2.62	6.86	1868.20	-22.67584	814.61	<b>2660.13</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
7	-1.53	2.34	2.62	6.86	1868.20	22.67584	-814.61	<b>1076.27</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
8	-1.53	2.34	-0.98	0.96	1868.20	22.67584	304.70	<b>2195.57</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
9	-1.53	2.34	-4.58	20.98	1868.20	22.67584	1424.01	<b>3314.88</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
10	-4.55	20.70	0.67	0.45	1868.20	67.4347	-208.32	<b>1727.32</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
11	-4.55	20.70	-2.93	8.58	1868.20	67.4347	910.99	<b>2846.62</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
12	-4.55	20.70	-6.53	42.64	1868.20	67.4347	2030.30	<b>3965.93</b>	<b>-1315.22</b>	<b>-226.64</b>	<b>1334.60</b>	
somma(yi <sup>2</sup> )=		138.26	somma(xi <sup>2</sup> )=		160.95							

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	99 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Calcolo del momento di plasticizzazione

**Diametro** = 1200 (mm)

**Raggio** = 600 (mm)

**Sforzo Normale** = 3965.93 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

**calcestruzzo**

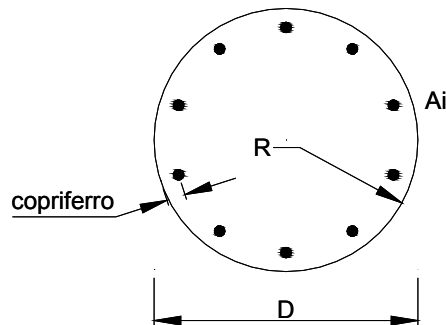
Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

$\gamma_C$  = 1.5

$\alpha_{cc}$  = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C = 14.17$  (Mpa)



**Acciaio**

**tipo di acciaio**

f<sub>yk</sub> = 450 (Mpa)

$\gamma_S$  = 1.15

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 391.3$  (Mpa)

E<sub>s</sub> = 210000 (Mpa)

$\epsilon_{ys}$  = 0.186%

$\epsilon_{uk}$  = 10.000%

**Armature**

numero	diametro (mm)	area (mm <sup>2</sup> )	copriferro (mm)
40	φ 30	28274.33	87
0	φ 0	0.00	132
0	φ 0	0.00	0

calcolo

Momento di Plasticizzazione

**M<sub>y</sub>** = 5113.3 (kN m)

Inserisci

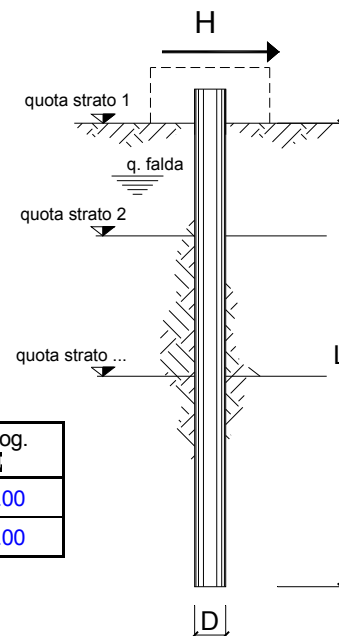
**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	100 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**
Verifiche
**opera Pali di fondazione**

coefficienti parziali			A		M		R
			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_{\phi'}$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
SLU	A1+M1+R1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input checked="" type="checkbox"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30

n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\phi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	T1	100.00	19	9	33	3.39		33	3.39	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	T2	92.00	19	9	36	3.85		36	3.85	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	LA	78.00	20	10	23	2.28		23	2.28	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

 Quota falda 96.5 (m)

 Diametro del palo  $D$  1.20 (m)

 Lunghezza del palo  $L$  42.00 (m)

 Momento di plasticizzazione palo  $M_y$  5113.26 (kNm)

 Step di calcolo 0.35 (m)

 palo impedito di ruotare

 palo libero

**Calcolo**  
 (ctrl+r)

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	101 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	3168.0	(kN)	3168.0	(kN)
Palo intermedio	30975.9	(kN)	30975.9	(kN)
Palo corto	93919.0	(kN)	93919.0	(kN)
	<b>H<sub>med</sub> 3168.0</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub> 3168.0</b>	<b>(kN)</b>
		<b>Palo lungo</b>		<b>Palo lungo</b>
	$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$		1863.54	(kN)
	$H_d = H_k/\gamma_T$		<b>1433.49</b>	<b>(kN)</b>
Carico Assiale Permanente (G):		G =	0	(kN)
Carico Assiale variabile (Q):		Q =	1334.6	(kN)
	$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$		<b>1334.60</b>	<b>(kN)</b>
	$FS = H_d / F_d =$		<b>1.07</b>	

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	102 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

### 8.3 CALCOLO DEI CEDIMENTI

Il calcolo dei cedimenti è stato effettuato attraverso la seguente espressione:

$$\delta = \beta \cdot F_{ck} / E \cdot L$$

In cui:  $\beta$  è un coefficiente di influenza adimensionale funzione di  $L/D$  e del modello di sottosuolo adottato;

$F_{ck}$  è il carico caratteristico agente;

$E$  è il modulo elastico del terreno;

$L$  è la lunghezza del palo.

Per l'espressione di  $\beta$  si è fatto riferimento all'espressione proposta da Poulos e Davis (1981):

$$\beta = 0,5 + \text{Log}\left(\frac{L_u}{D}\right)$$

#### DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	1.20	(m)
Carico sul palo (P):	7648.8	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	42.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo ( $L_u$ ):	42.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	40.00	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	12	(-)
Spaziatura dei pali (s)	3.6	(m)

#### CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

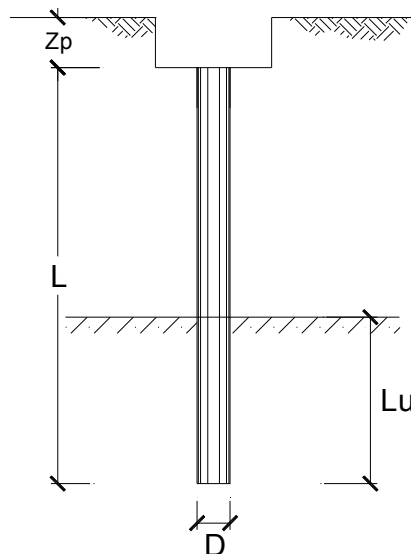
$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{\text{utile}} / D): \quad 2.04 \quad (-)$$

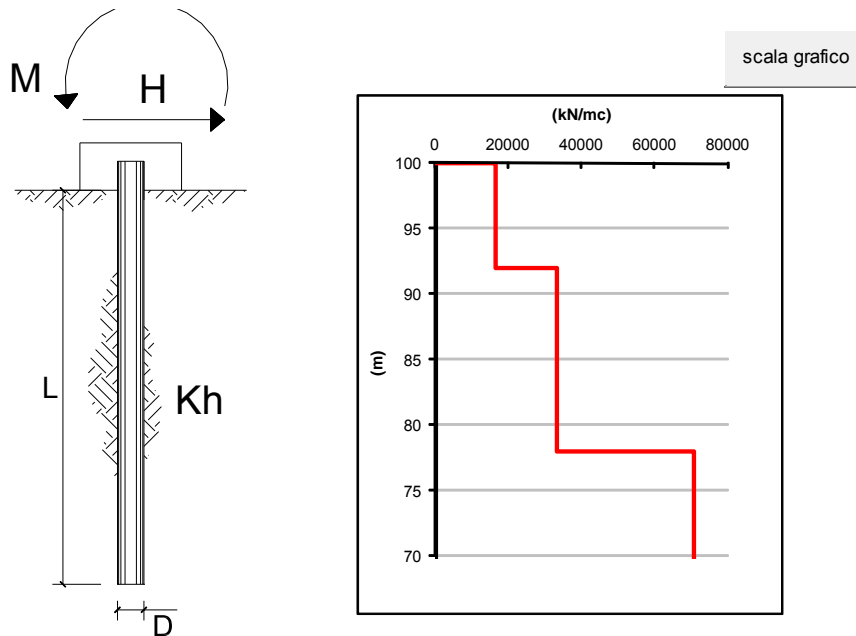
Cedimento del palo

$$\delta = \beta \cdot P / E \cdot L_{\text{utile}} = \quad 9.31 \quad (\text{mm})$$



## 8.4 VERIFICHE STRUTTURALI

Si riporta di seguito il calcolo delle sollecitazioni a cui è soggetto il palo e le relative verifica di resistenza e fessurazione.



strati terreno	descrizione	quote (m)	$k_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$n_h$ (kN/m <sup>3</sup> )
p.c.=strato 1	T1	100.00	16667	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	T2	92.00	33333	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	LA	78.00	70833	0

Diametro del palo	1.2 (m)
J palo	0.10179 (m <sup>4</sup> )
Lunghezza del palo	42 (m)
Forza orizzontale in testa	1336.00 (kN)
Momento in testa	0 (kNm)
E cls	31475.8 (Mpa)
dimensione elementi	0.2 (m)

- palo impedito di ruotare  
 palo impedito di traslare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+r)

Sollecitazioni SLU				Sollecitazioni SLE			
nodo	z	M(z)	T(z)	nodo	z	M(z)	T(z)
	quota (m)	(kNm)	(kN)		quota (m)	(kNm)	(kN)
1	100.00	-3387.51	1309.67	1	100.00	-1113.37	430.44

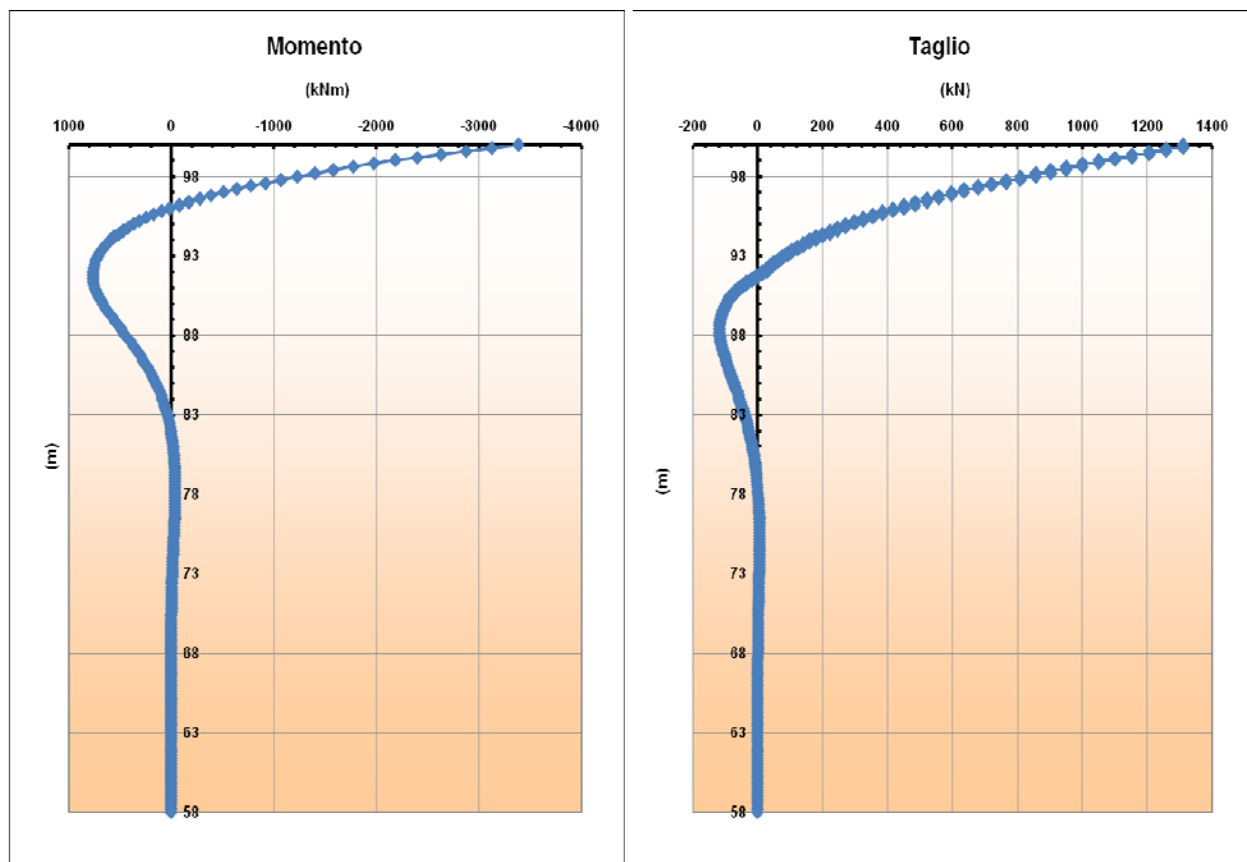
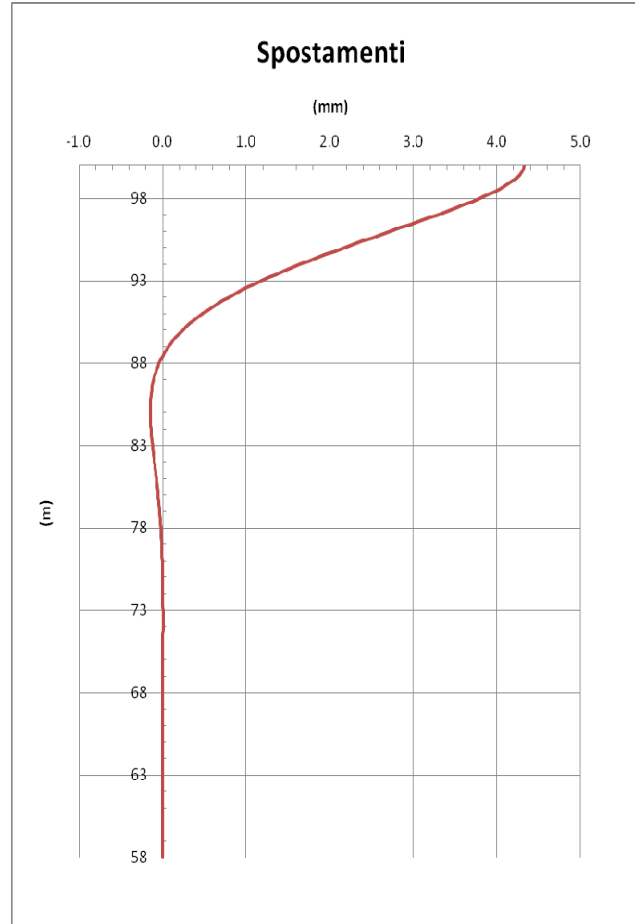
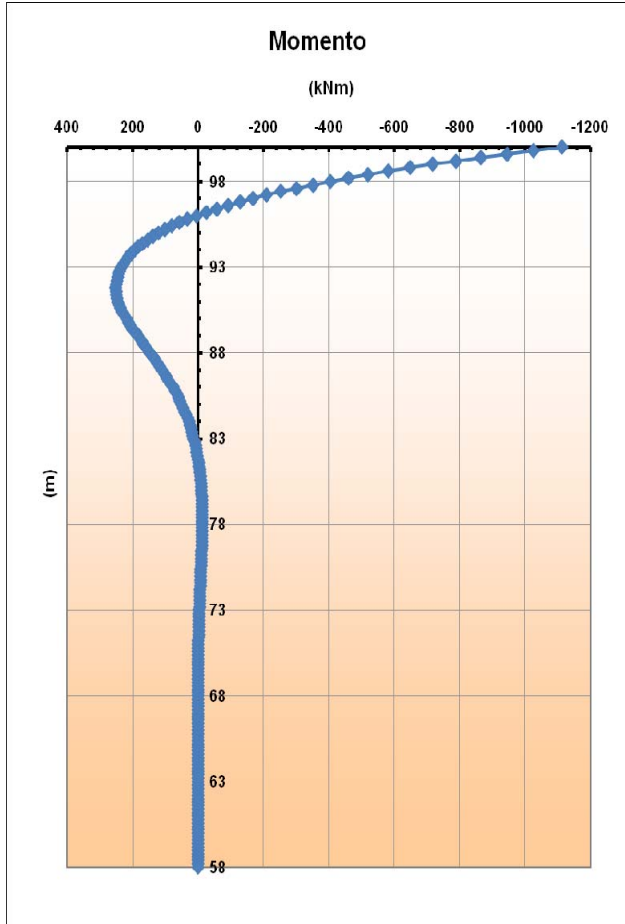


Figura 40 – Diagrammi delle sollecitazioni nella combinazione SLU peggiore





**DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** palo

(Percorso File: \\oceano\C39\LAVORO\MODELLI DI CALCOLO\CAVALCAFERROVIA\rc-sec\_spalla\palo.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CONGLOMERATO -	Classe: C25/30
	Resis. compr. di calcolo $f_{cd}$ : 141.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta $f_{cd}'$ : 70.80 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza $ec2$ : 0.0020
	Def.unit. ultima $ecu$ : 0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale $E_c$ : 314750 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. di Poisson : 0.20
	Resis. media a trazione $f_{ctm}$ : 26.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
	Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
	Sc Limite : 150.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Apert.Fess.Limite : Non prevista
ACCIAIO -	Tipo: B450C
	Resist. caratt. snervam. $f_{yk}$ : 4500.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	106 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**

**DOMINIO N° 1**

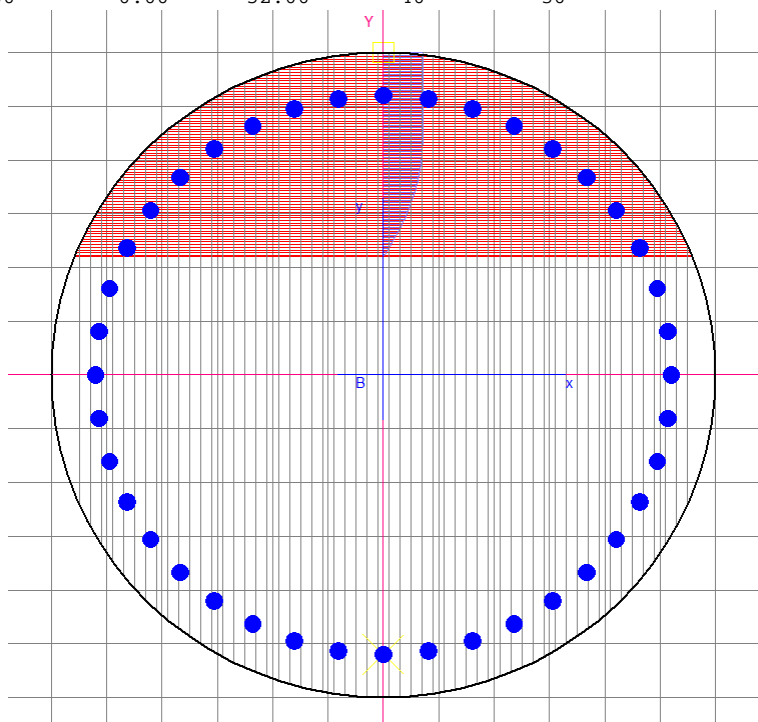
Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circonferenza: 60.00 cm  
Ascissa X centro circ.: 0.00 cm  
Ordinata Y centro circ.: 0.00 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N.Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre gen.
Ycentro	Ordinata del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre gen.
Raggio	Raggio in cm della circonferenza lungo cui sono disposte le barre gen.
N.Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonfer.
Diam.	Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	Xcentro,cm	Ycentro,cm	Raggio,cm	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	0.00	0.00	52.00	40	30



**ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	107 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	684630	338751	0	130957	0

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	182030	111337	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.3 cm

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	684630	338751	0	684653	527041	0	1.556

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	0.00063	0.0	60.0	0.00305	0.0	52.0	-0.00276	0.0	-52.0

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

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000055872	0.000147661		

**ARMATURE A TAGLIO DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE**

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	108 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

Diametro staffe:	12 mm	
Passo staffe:	10.0 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0]
N.Bracci staffe:	2	
Area staffe/m :	22.6 cm <sup>2</sup> /m	[Area Staffe Minima normativa = 2.3]

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO**

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vru	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vcd	Taglio [daN] assorbito dal conglomerato nel calcolo delle staffe
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Afst	Area staffe strettamente necessarie a taglio per metro di trave [cm <sup>2</sup> /m]

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst
1	S	130957	287763	173877	87.3	120.0	21.80°	1.250	17.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	62.6	0.0	0.0	-698	0.0	-52.0	2006	198	0.166	0.047

**CAVALCAFERROVIA ELLERA CORCIANESE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0104 001	A	109 di 109

**Relazione di calcolo spalle e fondazioni**

## **9 INCIDENZE**

Pali (primi 20 m) : 240 kg/mc

Pali (restanti 22 m) : 170 kg/mc

Zattera di fondazione : 100 kg/mc

Paramento : 90 kg/mc

Paraghiaia : 140 kg/mc

Muri andatori : 130 kg/mc