



# PROVINCIA DI BOLOGNA

*Settore Lavori Pubblici*

STRADA

***S.P. 569 "DI VIGNOLA "***

LAVORO

**COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA  
S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P. 78 NEI  
COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO**

ELABORATO

**VARIANTE ALLA S.P. N°569 "DI VIGNOLA"**

**PONTE TORRENTE SAMOGGIA Progr. km 8+168  
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

PROGETTAZIONE GENERALE

PROGETTISTA

*Geom. Emanuele Tracchi*

*Dott. Ing. Marco Ferrarini*

*Dott. Ing. Chiara Ferrari*

*P.i.e. Stefano Romagnoli*

*Geom. Federico Vannucchi*

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO  
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Pietro Luminasi*

**Servizio  
Progettazione  
e Costruzioni  
Stradali**

DATA **FEBBRAIO 2013**

N.

**B.1.1.3**

SCALA

--

RIFERIMENTO :

**PROGETTO ESECUTIVO**

PROGETTAZIONE STRUTTURALE



**PIACENTINI  
INGEGNERI**

via Belvedere 6 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)



(Ing. Luca Piacentini)

**B**

REVISIONE

DATA

MODIFICA

**QUESTO DISEGNO E LA RELATIVA INVENZIONE SONO DI PROPRIETA' DELL'AMMINISTRAZIONE  
NON NE E' CONSENTITO L'UTILIZZO SE NON SU ESPLICITA AUTORIZZAZIONE  
OGNI DIRITTO A TALE RIGUARDO E' ESPRESSAMENTE RISERVATO ED ESCLUSIVO**

**S.P. n° 569 “DI VIGNOLA”**

**COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA  
S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P.67 E ALLA S.P. 78 NEI  
COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**PONTE TORRENTE SAMOGGIA  
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI.....</b>	<b>14</b>
<b>3.</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>15</b>
	<b>CALCESTRUZZO.....</b>	<b>15</b>
	<b>ACCIAIO PER C.C.A.....</b>	<b>16</b>
	<b>CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO.....</b>	<b>17</b>
<b>4.</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>22</b>
4.2.1	Combinazioni per la verifica allo SLU .....	22
4.2.2	Combinazioni per la verifica allo SLE.....	24
4.2.3	Combinazioni per la condizione sismica .....	24
4.2.4	Coefficienti di combinazione .....	25
<b>4.3</b>	<b>SISTEMA DI VINCOLAMENTO .....</b>	<b>27</b>
<b>4.4</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO .....</b>	<b>27</b>
<b>4.5</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>28</b>
<b>4.6</b>	<b>PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....</b>	<b>28</b>
<b>4.7</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>	
	<b>31</b>	
4.7.1	Modello "A" .....	31
<b>5.</b>	<b>PROGRAMMA DI CALCOLO .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1</b>	<b>PRO_SAP .....</b>	<b>34</b>
<b>5.2</b>	<b>GROUP .....</b>	<b>35</b>
<b>6.</b>	<b>GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....</b>	<b>36</b>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

<b>7.</b>	<b>CALCOLO DELLA STRUTTURA .....</b>	<b>38</b>
<b>7.1</b>	<b>CONVENZIONE SUI SEGNI .....</b>	<b>38</b>
<b>7.2</b>	<b>DATI PER ANALISI SISMICA.....</b>	<b>39</b>
<b>7.3</b>	<b>ELENCO DATI .....</b>	<b>42</b>
7.3.1	Dati relativi alle travi .....	42
7.3.2	Dati relativi alla soletta e alla pavimentazione .....	42
7.3.3	Dati relativi alle finiture .....	43
7.3.4	Dati relativi ai carichi mobili.....	43
7.3.5	Dati relativi alle azioni sismiche .....	44
7.3.6	Dati relativi agli appoggi ed alla curvatura impalcato.....	44
7.3.7	Dati relativi ai baggioli .....	44
7.3.8	Dati relativi alla spalla .....	45
7.3.9	Dati relativi alla platea di fondazione.....	46
7.3.10	Dati relativi al terreno .....	46
<b>7.4</b>	<b>AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO .....</b>	<b>48</b>
7.4.1	Carichi permanenti .....	48
7.4.2	Azione elastica dovuta allo scorrimento dei dispositivi di appoggio .....	49
7.4.3	Carichi accidentali .....	50
7.4.4	Azione di frenamento .....	52
7.4.5	Azione centrifuga.....	53
7.4.6	Azione del vento.....	53
7.4.7	Azione sismica .....	54
<b>7.5</b>	<b>AZIONI RELATIVE ALLA SPALLA .....</b>	<b>56</b>
7.5.1	Peso proprio .....	56
7.5.2	Spinta delle terre .....	57
7.5.2.1	<i>Spinta del terreno di monte.....</i>	<i>57</i>
	<i>Spinta relativa del sovraccarico sul terrapieno .....</i>	<i>57</i>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

7.5.3	Spinta relativa al terreno di valle .....	59
7.5.4	Azione del vento.....	59
7.5.5	Azione sismica .....	59
7.5.5.1	Azioni inerziali .....	61
7.5.5.2	Spinta terre.....	62
<b>7.6</b>	<b>FONDAZIONE.....</b>	<b>63</b>
7.6.1	Palificata di fondazione .....	63
7.6.2	Geometria della palificata.....	65
7.6.3	Modellazione con group .....	66
7.6.4	Carichi elementari .....	68
7.6.5	Combinzioni di carico .....	69
7.6.6	Sollecitazioni sulla fondazione .....	73
7.6.6.1	Carichi permanenti e condizione provvisoria .....	73
7.6.6.2	Stati limite di esercizio (RAR) .....	73
7.6.6.3	Stati limite di fessurazione .....	73
7.6.6.4	Stati limite ultimi (STRU).....	74
7.6.6.5	Stati limite ultimi (GEO).....	76
7.6.6.6	Condizione sismica .....	79
<b>7.7</b>	<b>SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....</b>	<b>82</b>
7.7.1	Platea di fondazione.....	82
7.7.2	Fusto spalla .....	88
	Sollecitazioni nella sezione di base .....	90
7.7.3	Muri di risvolto .....	93
7.7.3.1	Calcolo nello schema di mensola verticale incastrata alla base (sezione corrente)	93
7.7.3.2	Calcolo nello schema di mensola verticale incastrata alla fondazione (sezione a filo orecchia ) .....	97
7.7.3.3	Calcolo nello schema di mensola orizzontale (risvolto-paraghiaia).....	100

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

7.7.3.4	Orecchia.....	111
7.7.4	Paraghiaia .....	114
7.7.4.1	Sezione d'incastro sul fusto .....	115
7.7.4.2	Sezione verticale d'incastro con il risvolto .....	118
7.7.1	Baggioli.....	126
7.7.1.1	Riepilogo delle sollecitazioni trasmesse dagli apparecchi di appoggio .....	126
7.7.1.2	Verifica dell'armatura verticale.....	127
7.7.1.3	Verifica dell'armatura di appensione.....	128
7.7.2	Pali di fondazione .....	129
<b>8.</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....</b>	<b>136</b>
<b>8.1</b>	<b>PARAGHIAIA.....</b>	<b>137</b>
8.1.1	Sezione d'incastro con il fusto.....	137
8.1.1.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione .....	137
8.1.1.2	Verifiche a taglio allo stato limite ultimo.....	141
8.1.2	Sezione d'incastro con il risvolto .....	142
8.1.2.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Tenso-Flessione .....	142
8.1.3	Sezione di mezzeria (fibre orizzontali) .....	146
8.1.3.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Tenso-Flessione .....	146
<b>8.2</b>	<b>MURI DI RISVOLTO .....</b>	<b>150</b>
8.2.1	Sezione di attacco con la platea (sezione corrente) .....	150
8.2.1.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione .....	150
8.2.1.2	Verifiche a taglio allo stato limite ultimo.....	153
8.2.2	Sezione di attacco con la platea (sezione a filo orecchia) .....	155
8.2.2.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione .....	155
8.2.2.2	Verifiche a taglio allo stato limite ultimo.....	159
8.2.3	Sezione di attacco con il paraghiaia .....	160
8.2.3.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Flessione.....	160

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

8.2.3.2	Verifiche a taglio allo stato limite ultimo.....	163
8.2.4	Orecchia .....	165
8.2.4.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Flessione.....	165
8.2.4.2	Verifiche a taglio allo stato limite ultimo.....	168
<b>8.3</b>	<b>FUSTO .....</b>	<b>170</b>
8.3.1	Sezione d'incastro con la fondazione (mensola verticale) .....	170
8.3.1.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione .....	170
8.3.1.2	Verifiche a taglio allo stato limite ultimo.....	173
<b>8.4</b>	<b>PLATEA DI FONDAZIONE .....</b>	<b>175</b>
8.4.1	Verifica a punzonamento .....	175
8.4.1.1	Combinazione allo SLU .....	175
8.4.2	Sezione d'incastro con il risvolto (sezione corrente).....	177
8.4.2.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Tenso-Flessione .....	177
8.4.3	Sezione d'incastro con il risvolto (sezione a filo orecchia).....	181
8.4.3.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Tenso-Flessione .....	181
8.4.4	Sezione d'incastro con il fusto (sbalzo posteriore).....	185
8.4.4.1	Verifiche allo stato limite ultimo per Flessione.....	185
<b>8.5</b>	<b>PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>189</b>
8.5.1.1	Verifica per presso-flessione testa palo.....	189
8.5.1.2	Verifiche a taglio allo stato limite ultimo - testa palo.....	194
8.5.1.3	Verifica per presso-flessione- riduzione armatura pos 1-2 .....	195
8.5.1.4	Verifiche a taglio allo stato limite ultimo - riduzione armatura pos 1-2 .....	200
8.5.1.5	Verifica per presso-flessione- riduzione armatura pos 2-3.....	201
<b>9.</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PORTANZA DEI PALI FONDAZIONE .....</b>	<b>205</b>
<b>9.1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>205</b>
<b>9.2</b>	<b>VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE .....</b>	<b>207</b>

---

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### **9.3 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE ..... 209**



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 1. PREMESSA

Nell'ambito della realizzazione del completamento della variante generale della S.P. 569 nei comuni di Bazzano e Crespellano (c.d. "nuova Bazzanese"), si prevede lo scavalco del torrente Samoggia mediante la realizzazione di un viadotto a tre campate in acciaio.

Il seguente elaborato costituisce la relazione di calcolo comprensiva di tutte le verifiche di sicurezza inerenti alle spalle del viadotto in esame.

L'opera prevista per scavalcare il torrente Samoggia è un ponte di lunghezza complessiva di 152.28m, suddivisa in 3 campate da 44 + 64.28 + 44 m, misurati in asse appoggi SpA - SpB. Il viadotto è una strada tipo C1, l'asse di tracciamento è interamente curvilineo e la larghezza della carreggiata è costantemente variabile a causa dell'allargamento associato alla visibilità in curva.

Le larghezze della carreggiata significative sono riportate nella seguente tabella:

	larghezza dir MO	larghezza dir BO	larghezza carreggiata
SpA	5.25	5.250	10.50
P1	5.25	6.025	11.28
P2	5.25	7.018	12.27
SpB	5.25	7.993	13.24

Il cordoli hanno larghezza costante pari ad un metro.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche delle lunghezze delle campate afferenti agli elementi di sostegno.

	L campata [m]	L afferenza [m]	Pila (setto)	
			Sezione Rettangolare B [m] x H [m]	Altezza [m]
SpA	44	15.03	8.5 x 1.5	3.5
P1	64.28	61.11		
P2	44	61.11	8.5 x 1.5	2.5
SpB		15.03		

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Il manufatto è realizzato a travata metallica continua, in modo tale da ridurre il più possibile il numero di giunti di dilatazione sull'opera.

L'impalcato metallico previsto sarà del tipo "a cassone", con sezione trasversale trapezia formata da tre travi a parete piena, controvento di torsione reticolare inferiore, soletta in C.A. collaborante con le travi metalliche costituente la parte superiore del cassone. La pendenza trasversale dell'impalcato è ottenuta mediante l'altezza variabile delle tre travi. La realizzazione della soletta d'impalcato è prevista con il sistema costruttivo "a prédalles", armate con tralicci tipo Bausta (o similari), autoportanti nei confronti del getto in opera della soletta. Per una descrizione più dettagliata dell'impalcato si rimanda alla relazione di calcolo specifica.

Il sistema di vincolamento previsto per il ponte è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato. Tali dispositivi, essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidezza orizzontale, garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura; inoltre i dispositivi sono dotati di una certa capacità dissipativa che è determinata dalla mescola elastomerica da cui sono costituiti e che è utile a minimizzare gli spostamenti della struttura isolata. I dispositivi previsti in corrispondenza delle pile sono inoltre dotati di una slitta che permette gli spostamenti in

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

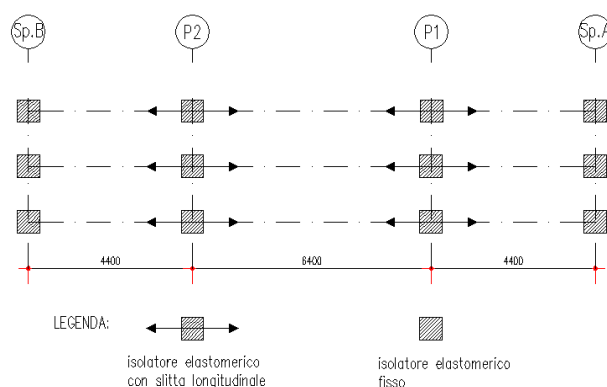
direzione longitudinale: di conseguenza le azioni longitudinali in condizioni di esercizio o in condizione sismica si ripartiscono sulle sole spalle e non vengono trasmesse alle pile. L'unica azione longitudinale agente sulle pile è dovuta all'attrito. Le azioni trasversali invece sono trasmesse a pile e spalle: in questo modo viene ripartita su un maggior numero di punti l'azione del vento e quindi vengono minimizzati gli spostamenti orizzontali trasversali dovuti a tale azione che altrimenti rappresenterebbero un malfunzionamento dell'opera in condizioni di esercizio.

Di seguito si anticipano i valori delle rigidezze traslazionali dei dispositivi previsti in corrispondenza delle spalle e delle pile in condizioni di esercizio e sismiche: tali valori verranno infatti utilizzate in condizioni sismiche in un'analisi dinamica lineare al fine della valutazione delle azioni sismiche e nella ripartizione delle azioni orizzontali trasmesse dall'impalcato ai diversi elementi di sostegno.

	Spalle	Pile
Numero dispositivi di appoggio	3	3

	Kh dispositivi spalle	Kh dispositivi pila
Condizioni di esercizio	13420 kN/m	17520 kN/m
Condizioni sismiche	6710 kN/m	8760 kN/m

L'immagine seguente riporta uno schema planimetrico della disposizione degli isolatori lungo lo sviluppo del ponte.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Le spalle dell'opera sono di tipo ordinario in conglomerato cementizio armato e presentano una platea a fondazione su 10 e 8 pali rispettivamente per la spalla B e la spalla A, con le seguenti caratteristiche:

Lunghezza del palo = 38 metri

Diametro del palo = 1,2 metri

Tipologia di palo = trivellato

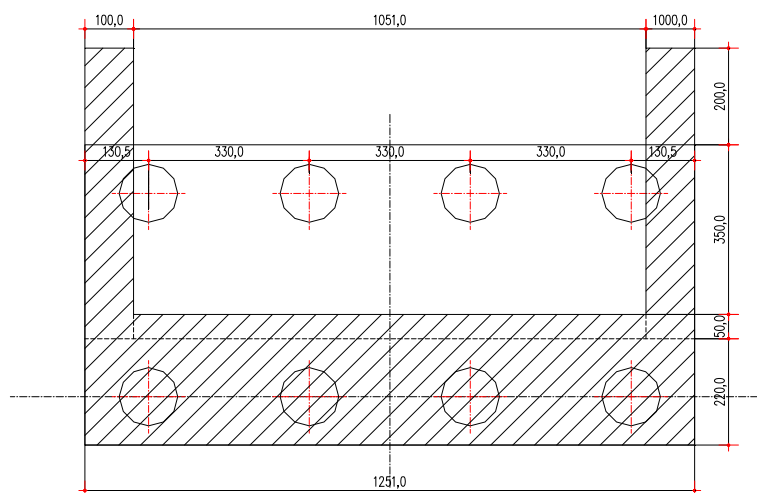
La spalla A è costituita da:

una platea di fondazione di forma parallelepipedica di dimensioni 12.5 x 1.6 x 4.2

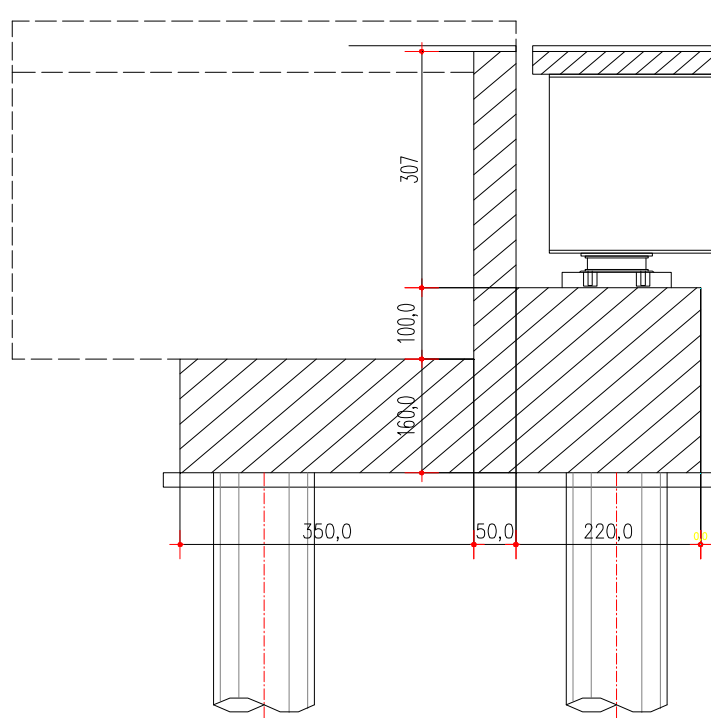
l'elevazione di altezza 1.0 metro

il paraghiaia di spessore 0.50 m ed altezza media di circa 3.07 metri, due muri di risvolto di altezza media 4.2 m, lunghezza 5.50 m e spessore 1.0 m

per un miglior inquadramento della geometria si faccia riferimento alle seguenti figure:



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



*sezione in asse spalla*

La spalla B è costituita da:

una platea di fondazione di forma parallelepipedica di dimensioni 15.37-15.21 x 6.2 x 1.6

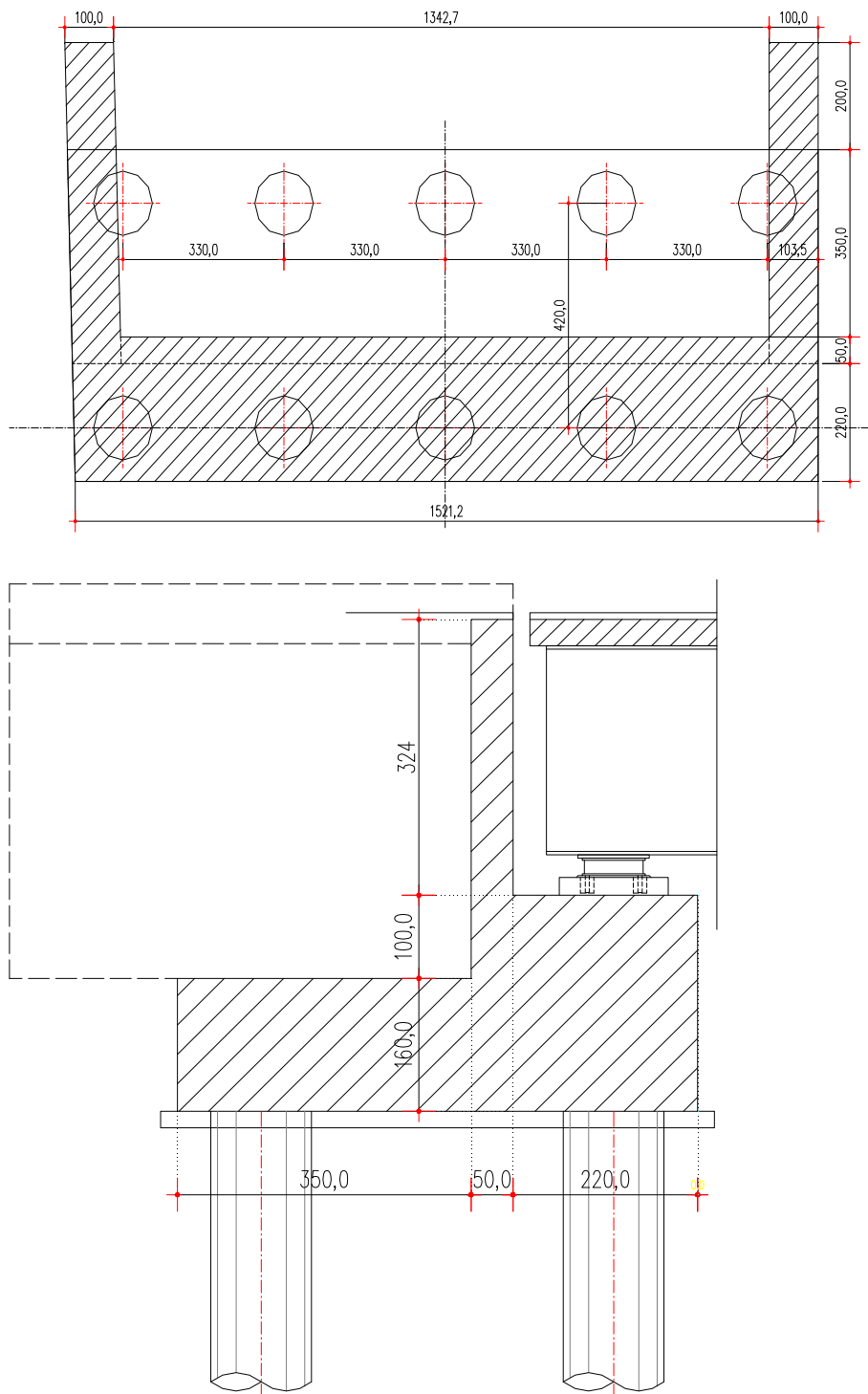
l'elevazione del fusto di altezza 1.0 metro

il paraghiaia di spessore 0.50 m ed altezza massima di circa 3.6 metri, due muri di risvolto di altezza media 4.37 m, lunghezza 5.50 m e spessore 1.0 m

per un miglior inquadramento della geometria si faccia riferimento alle seguenti figure:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



sezione in asse spalla

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 2. NORMATIVA E RIFERIMENTI

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN 1993-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-5:2007 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica
- UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI EN 1337-2 marzo 2004 – “Appoggi strutturali Parte 2: Elementi di scorrimento”
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi che seguono. Si indicheranno le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

#### CALCESTRUZZO

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edita dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

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

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

#### CALCESTRUZZI:

##### PALI

- classe di resistenza minima	C28/35
- rapporto acqua/cemento	< 0.6
- dosaggio minimo di cemento	300 kg/mc
- diametro massimo aggregato	32 mm
- copriferro	75 mm
- classe di esposizione	XC2
- tipo di cemento	CEM II/B-S, III/A, IV/A
- classe di consistenza	S4-S5

##### BAGGIOLI

- classe di resistenza minima	C32/40
- rapporto acqua/cemento	< 0.5
- dosaggio minimo di cemento	340 kg/mc
- diametro massimo aggregato	32 mm
- copriferro	35 mm
- classe di esposizione	XC4, XD1, XF2, XA1
- tipo di cemento	CEM II/B-S, III/A, IV/A
- classe di consistenza	S4

##### DIAFRAMMI

- classe di resistenza minima	C28/35
- rapporto acqua/cemento	< 0.6
- dosaggio minimo di cemento	300 kg/mc
- diametro massimo aggregato	26 mm
- copriferro	75 mm
- classe di esposizione	XC2
- tipo di cemento	CEM II/B-S, III/A, IV/A
- classe di consistenza	S4-S5

##### LASTRE TRALICCIATE

- classe di resistenza minima	C45/55
- rapporto acqua/cemento	< 0.5
- dosaggio minimo di cemento	340 kg/mc
- diametro massimo aggregato	20 mm
- copriferro	25 mm
- classe di esposizione	XC4, XD1
- tipo di cemento	CEM II/B-S, III/A, IV/A
- classe di consistenza	S5

##### FONDAZIONE SPALLE

- classe di resistenza minima	C32/40
- rapporto acqua/cemento	< 0.55
- dosaggio minimo di cemento	300 kg/mc
- diametro massimo aggregato	32 mm
- copriferro	40 mm
- classe di esposizione	XC2, XA1
- tipo di cemento	CEM II/B-S, III/A, IV/A
- classe di consistenza	S4

##### SOLETTA DI IMPALCATO

- classe di resistenza minima	C35/45
- rapporto acqua/cemento	< 0.5
- dosaggio minimo di cemento	340 kg/mc
- diametro massimo aggregato	25 mm
- copriferro	35 mm
- classe di esposizione	XC4
- tipo di cemento	CEM II/B-S, III/A, IV/A
- classe di consistenza	S4 - S5



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

ELEVAZIONE SPALLE E PILE

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- aria inglobata
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C32/40  
 < 0.5  
 340 kg/mc  
 32 mm  
 40 mm  
 XC4, XD1, XF2, XA1  
 2.5%  
 CEM II/B-S, III/A, IV/A  
 S4

SOLETTA RETROTRAVE

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- aria inglobata
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C35/45  
 < 0.45  
 360 kg/mc  
 25 mm  
 45 mm  
 XC4, XD3, XF4  
 5%+-1%  
 CEM II/B-S,III/A, IV/A  
 S4 - S5

CORDOLI

- classe di resistenza minima
- rapporto acqua/cemento
- dosaggio minimo di cemento
- diametro massimo aggregato
- copriferro
- classe di esposizione
- aria inglobata
- tipo di cemento
- classe di consistenza

C35/45  
 < 0.45  
 360 kg/mc  
 25 mm  
 50 mm  
 XC4, XD3, XF4  
 5%+-1%  
 CEM III, IV  
 S4

**ACCIAIO PER C.C.A.**

Acciaio tipo: B450 C Saldabile controllato in stabilimento

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk}$  = 450N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale per verifiche sezionali  $\gamma_M$  = 1.15

Tensione di snervamento di progetto  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_M$  = 391N/mm<sup>2</sup>

Tensione limite in esercizio  $\sigma_S = 0.80 \cdot f_{yk}$  = 360N/mm<sup>2</sup>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO

### CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO

#### ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO

- Elementi composti per saldatura :
  - acciaio S355J2+W (ex 510 D CORTEN) per spessori  $\leq 40\text{mm}$  (UNI EN 10025)
  - acciaio S355K2+W (ex 510 DD CORTEN) per spessori  $> 40\text{mm}$  (UNI EN 10025)
- Elementi non saldati :
  - acciaio S355J0+W (ex 510 C CORTEN) (UNI EN 10025)

#### BULLONI

- Secondo UNI EN 14399: 2005 part1 3, 4, 5 e 6  
 Viti : classe 10.9 (UNI EN ISO 898 – 1: 2001)  
 Dadi : classe 10.9 (UNI EN 20898-2: 1994)  
 Rosette : acciaio C50 UNI EN 10083 – 2: 2006 (HRC 32-40)
- Giunzioni ad attrito, coppie di serraggio secondo D.M. 04/01/2008
  - I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado
  - Fori per bulloni secondo D.M. 04/01/2008

#### PIOLI

- Secondo UNI EN ISO 13918  
 Pioli tipo Nelson (per  $\phi$  e H vedere elaborati grafici)  
 Acciaio ST 37-3K (S235J2G3+C450)  
 Snervamento :  $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$   
 Rottura :  $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$   
 Allungamento :  $A \geq 15\%$   
 Strizione :  $Z \geq 50\%$

#### SALDATURE

- Secondo D.M. 04/01/2008
- Dove non diversamente specificato si prevedono saldature a cordone d'angolo di lato pari a 0.7 per lo spessore minimo da collegare se su entrambi i lati e di lato pari allo spessore minimo da collegare se su un solo lato
  - Tutti i cordoni devono essere sigillati sul contorno.
  - Per i giunti a piena penetrazione le lamiere dovranno essere preventivamente preparate con opportuno cianfrino.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 4. CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

### 4.1 CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 (NT).

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

In merito alle spalle, nel rispetto del punto § 7.9.2., rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica il comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

A riguardo del calcolo allo SLV, dovendo la struttura mantenere durante l'evento sismico un comportamento elastico, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara) (§ 4.1.2.2.5)/(EC2 § 7.2). Tale combinazione, in accordo al punto § 7.10.6.1. (NTC) e alla Circ. 617 § 7.10.6.1. (nella quale si afferma che il sostanziale mantenimento in campo elastico della struttura nelle verifiche allo SLU, fornisce ampie garanzie rispetto alla sicurezza nei confronti dello SLD), consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 50 anni.

La classe d'uso assunta è la IV .

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 100 \text{anni}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(\text{SLV}) = 10\%$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni, vale:

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 949 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ .

$a_g \rightarrow$  accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

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

$T_c^* \rightarrow$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S \rightarrow$  coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono:

$$(a_g=0.205g ; F_0=2.401 ; T_c^*=0.314s)$$

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (NT § 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo i valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

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

$g$  = accelerazione di gravità;

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "C" (come da Relazione geotecnica).

Datta la categoria di sulo, si ottengono i seguenti parametri:

$$S_s(SLV)=1.40$$

L'accelerazione massima è valutata con la relazione

$$a_{max}(SLV)=S \cdot a_g=S_s \cdot a_g = 1.40 \cdot 0.205g=0.288g$$

Essendo la spalla una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$ , assume il valore:

$$\beta_m=1$$

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

$$(SLV) \quad k_h=\beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}=0.288 \quad k_v=\pm 0.5 \cdot k_h=0.144$$

Le spinte delle terre, considerando la spalla una struttura priva di spostamenti rispetto al terreno (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta attiva, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con la formula di Mononobe-Okabe:

$$\Delta P_d= 1/2 \times S \times (1+k_v) \times (K-k_a) \times \gamma \times h_{tot}^2$$

Il punto di applicazione della sovraspinta che interessa la spalla è posto  $h/2$ .

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 4.2 COMBINAZIONI DI CARICO

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

### 4.2.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

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

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
  - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Trattandosi di opere interrate, le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni.

1. combinazione 1 → (A1+M1+R1) → STR
2. combinazione 2 → (A2+M1+R2) → GEO (carico limite)

*Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri del terreno*

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFF. PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1	1.25

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Resistenza non drenata	$C'_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1	1

Tabella 6.2.I/5.1.V - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	SIMBOLO $\gamma_F$	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanente	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.35	1.0
Permanente non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0(0.9)	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5 (1.1)	1.35	1.0/1.3
Variabili da traffico	favorevole	$\gamma_Q$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.35	1.35	1.15
Variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.30

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per la resistenza del sistema

VERIFICA	COEFF. PARZIALE (R1)	COEFF. PARZIALE (R2)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R=1$	$\gamma_R=1.8$
Scorrimento	$\gamma_R=1$	$\gamma_R=1.1$

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{STR}) \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$$\text{EQU)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{GEO)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\phi))$$

#### 4.2.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/ stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Frequente)} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{Quasi permanente)} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{Rara)} \Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

#### 4.2.3 Combinazioni per la condizione sismica

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione sono le seguenti (approccio 1):

$$\text{STR)} \Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{GEO)} \Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\phi))$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Le verifiche agli stati limite ultimi § 7.11.1(NTC) devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

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

I valori del coefficiente  $\psi_{2i}$  sono quelli riportati nella tabella 5.1.VI e § 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_{2i} = 0 \div 0.2$  (condizione cautelativa).

Data la natura dell'opera in progetto, così come previsto dalla norma, si può assumere  $\psi_{2i} = 0.2$ .

#### 4.2.4 Coefficienti di combinazione

Il raggruppamento in maniera sintetica delle combinazioni di base applicate nello sviluppo dei calcoli sono riportate nella tabella seguente:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

stradali		PERMANENTI +PORTATI + RESISTENZE PASSIVE:	SPINTE	OPERA:	ACCIDENTALI VERT. SU TERRAPIENO:	FRENATURA:	FORZA CENTRIFUGA:	VENTO:	ACCIDENTALI DIVERSI:	VARIAZIONI TERMICHE:	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI	AZIONI SISMICHE VERTICALI
		a	b	c	d	e	f	g	i	l	j	k
gruppo 1	<b>SLU.1</b>	(1.00)1.35	(1.00)1.35	1.350	1.350	0.000	0.000	0.900	1.125	0.720	0.000	0.000
	<b>SLU.2</b>	(1.00)1.35	(1.00)1.35	1.013	1.013	0.000	0.000	0.900	1.500	0.720	0.000	0.000
gruppo 2a	<b>SLU.3</b>	(1.00)1.35	(1.00)1.35	1.013	1.013	1.350	0.000	0.900	1.125	0.720	0.000	0.000
gruppo 2b	<b>SLU.4</b>	(1.00)1.35	(1.00)1.35	1.013	1.013	0.000	1.350	0.900	1.125	0.720	0.000	0.000
sisma	<b>SISMA</b>	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
<b>SLE</b>	<b>FR1</b>	1.000	1.000	0.750	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000
	<b>FR2</b>	1.000	1.000	0.750	0.750	0.750	0.750	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000
	<b>QP</b>	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000
	<b>RAR-gr1</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.600	0.000	0.600	0.000	0.000
	<b>RAR-gr2a</b>	1.000	1.000	0.750	0.750	1.000	0.000	0.600	0.000	0.600	0.000	0.000
	<b>RAR-gr2b</b>	<b>1.000</b>	1.000	0.750	0.750	0.000	1.000	0.600	0.000	0.600	0.000	0.000

Per ogni tipologia di combinazioni (SLU, SLE), a loro volta sono state splittate in ulteriori sottogruppi, in modo da raccogliere tutte le possibili casistiche di combinazioni, questi sottogruppi (che saranno riportati nei paragrafi di calcolo appropriati) sono poi numerati con ordine "I, II, III, IV".

	PERMANENTI +PORTATI + RESISTENZE PASSIVE:	SPINTE	ACCIDENTALI VERTICALI SU OPERA:	ACCIDENTALI VERT. SU TERRAPIENO:	FRENATURA:	FORZA CENTRIFUGA:	VENTO:	VARIAZIONI TERMICHE:
	a	b	c	d	e	f	g	l
<b>I</b>	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
<b>II</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

III	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0
IV	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0

Per ogni combinazione di carico con eventuale sottogruppo si distinguono poi, quando occorra, i seguenti casi dovuti all'accidentale da traffico:

- a) carichi rilevato ed impalcato contemporaneamente
- b) carico il solo impalcato
- c) carico il solo rilevato

Si aggiunge inoltre la verifica per la condizione provvisoria di rilevato sovraccarico in assenza dell'impalcato nonché la condizione con i soli carichi permanenti.

### 4.3 SISTEMA DI VINCOLAMENTO

Il calcolo svolto, nella condizione sismica, è un'analisi statica equivalente, secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento.

Le caratteristiche dei dispositivi ed in particolare i valori delle rigidezze orizzontali vengono considerate nel calcolo delle sollecitazioni degli elementi di sostegno dell'opera in condizioni sismiche in un'analisi di tipo statico equivalente al fine della valutazione delle azioni sismiche ed in condizioni di esercizio per la ripartizione delle forze orizzontali tra i diversi elementi di sostegno.

### 4.4 VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO

Il calcolo delle spinte del terreno verrà svolto considerando uno schema di "spinta a riposo" in esercizio e uno schema di "spinta attiva" in condizione sismica. In condizioni sismiche, si applica l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Mononobe-Okabe.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 4.5 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

I dispositivi precedentemente descritti sono progettati affinché resistano senza danneggiarsi e quindi compromettere il funzionamento nelle condizioni di esercizio. Tale requisito si ritiene normalmente soddisfatto se sono soddisfatte le verifiche allo SLV dei dispositivi.

Gli elementi di sostegno (spalle) sono progettati affinché, come richiesto dalla norma stessa al paragrafo 7.9.2., si mantengano in campo elastico sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo: in questo modo si ottiene la garanzia che, anche a seguito di un evento sismico di eccezionale intensità, gli unici elementi che ne possono rimanere danneggiati sono i dispositivi di vincolamento, più facilmente sostituibili alla fine dell'evento sismico, mentre gli elementi strutturali costituenti l'opera mantengono integre le proprie capacità di resistenza. A tal fine le verifiche in condizioni sismiche vengono svolte controllando che i materiali si mantengano al di sotto di limiti tensionali che possono ritenersi i massimi, valori entro i quali il loro comportamento si mantiene sostanzialmente lineare elastico. Tali limiti tensionali massimi assunti sono riportati nel paragrafo specifico relativo alle caratteristiche dei materiali.

Anche i pali di fondazione devono essere progettati in modo da rimanere in campo elastico, secondo quanto richiesto dalla norma al paragrafo 7.9.2.

Per le verifiche degli elementi strutturali costituenti le spalle saranno quindi svolti due tipi di verifiche: allo stato limite ultimo per le condizioni di esercizio e di controllo del mantenimento del comportamento elastico dei materiali per le condizioni sismiche, nonché le verifiche tensionali e a fessurazione per lo stato limite di esercizio.

## 4.6 PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

Nel presente paragrafo si espongono i criteri di progettazione adottati per le strutture di fondazione, intese come il complesso palificata e plinto di fondazione.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche delle fondazioni su pali vengono condotte con riferimento agli stati limite di tipo geotecnico (GEO) e strutturali (STR).

Nella fattispecie si eseguono le analisi di progetto e verifica seguendo l'Approccio 1, utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni.

**L'Approccio 1** prevede la presa in esame delle seguenti **due combinazioni**:

Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Combinazione 2 (A2+M1+R2)

Secondo quanto prescritto dalla normativa vigente gli elementi strutturali di fondazione devono essere dimensionati sulla base delle sollecitazioni ad essi trasmessi dalla struttura sovrastante.

Nel rispetto di tale indicazione le azioni sollecitanti agenti a base spalla, in termini di sforzo normale, tagli e momenti flettenti agenti nelle direzioni longitudinale e trasversale (N, Hl, Ht, Ml, Mt), vengono desunte dall'analisi globale della sovrastruttura in condizioni statiche e sismiche.

Si assume di progettare e verificare le strutture di fondazione per rimanere in campo elastico.

Individuate come appena esposto le azioni sollecitanti a quota estradosso plinto di fondazione, si esegue il dovuto trasporto delle stesse sino a quota testa palificata, secondo i principi della scienza delle costruzioni.

Infine si esegue il calcolo delle **sollecitazioni** di progetto **sui singoli pali**, a partire dalle azioni globali agenti sulla palificata, secondo due calcoli differenti.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Il primo **calcolo** viene svolto ipotizzando una **ripartizione lineare delle azioni** verticali, taglienti e dei momenti flettenti sui pali di fondazione.

Il secondo calcolo viene svolto per mezzo del programma di calcolo agli elementi finiti Group 7.0 (Ensoft Inc.) e consiste in un **calcolo tridimensionale** capace di tenere in debita considerazione l'**interazione tra plinto di fondazione, pali e terreno**.

Per maggiori dettagli si rimanda alle descrizioni riportate nei paragrafi specifici.

Si è scelto di condurre entrambi i calcoli per poter avere uno strumento di controllo diretto sui risultati.

Le verifiche geotecniche allo S.L.U. dei pali vengono condotte nei confronti sia del carico limite verticale che del carico limite orizzontale.

La valutazione delle resistenze del complesso pali-terreno vengono desunte dalle indicazioni riportate nella relazione specialistica redatta dal progettista geotecnico.

Le verifiche geotecniche si ritengono soddisfatte quando risulti verificato che le azioni sollecitanti di progetto siano sempre inferiori alle corrispondenti resistenze, ossia quando, sia in condizioni statiche che sismiche:

$$Ed \leq Rd.$$

Le verifiche geotecniche allo S.L.E. dei pali vengono condotte calcolando l'entità degli spostamenti verticali ed orizzontali delle strutture di fondazione e verificandone la compatibilità con i requisiti della struttura in elevazione. Per la valutazione di tali spostamenti ci si avvale ancora una volta delle indicazioni riportate nella relazione specialistica geotecnica di riferimento.

Per le verifiche strutturali si considerano tutte le combinazioni previste dalla normativa di riferimento e precedentemente riportate, sia per lo S.L.U. che per lo S.L.E..

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Allo S.L.U. si condurranno tutti i controlli di rito tramite domini di interazione per verificare la resistenza strutturale delle sezioni, mentre allo S.L.E. si eseguiranno i dovuti controlli, sia tensionali che di fessurazione, applicando i coefficienti parziali di combinazioni delle azioni previsti dalla normativa di riferimento e riportati nei paragrafi precedenti. Nella specifica combinazione sismica le verifiche di resistenza strutturali verranno condotte controllando che le tensioni massime, sia nel calcestruzzo che nell'acciaio, siano inferiori ai limiti del campo elastico.

#### **4.7 VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI**

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali, vengono determinate o attraverso schemi statici semplici o attraverso la costruzione di un modello spaziale della struttura agli elementi finiti, Modello "A". Nei paragrafi successivi verrà descritto il suddetto modello di calcolo.

Il modello di calcolo "A" è volto al solo calcolo delle sollecitazioni che interessano le fibre orizzontali dei muri di risvolti e del muro paraghiaia.

##### **4.7.1 Modello "A"**

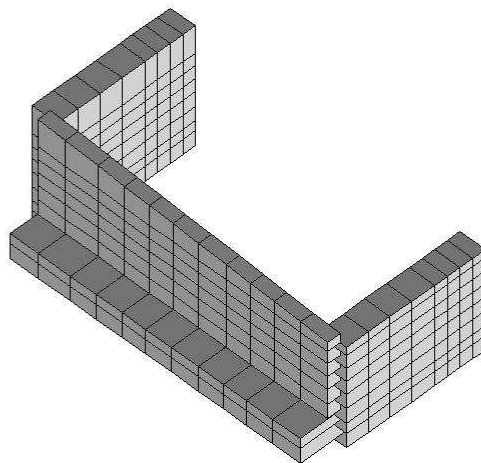
Per il calcolo delle sollecitazioni che interessano le fibre orizzontali del muro di risvolto e del muro paraghiaia è stato realizzato un modello spaziale agli elementi finiti che schematizza la struttura attraverso elementi di tipo "shell" e vincoli rigidi alla base (incastro).

L'incastro alla base, sta a schematizzare l'effetto che produce la fondazione nei confronti dei muri soprastanti, pertanto, ai fini di una semplificazione del modello ma comunque a favore di sicurezza, alla base degli elementi (shell) rappresentanti i muri ed il fusto, è applicato il vincolo di incastro.

Nel capitolo del calcolo delle sollecitazioni, sono riportati i carichi applicati e le sollecitazioni salienti ai fini del dimensionamento, dato il volume dei dati in stampa per elementi shell che costituiscono il modello, si allega alla presente un CD con gli output del calcolo integrale.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

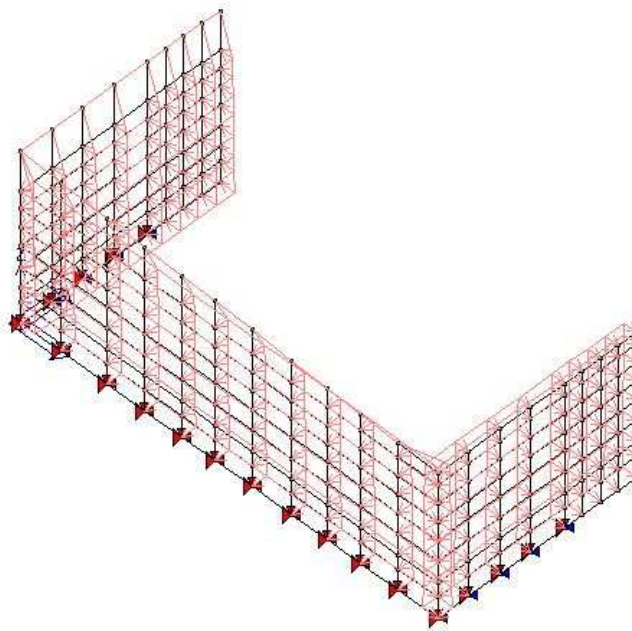


Servizi - info@2si.it - www.2si.it

#### Condizioni di carico considerate

- Pesi propri
- Spinte del terreno
- Incremento della spinta del terreno nelle sole condizioni sismiche
- Inerzie dei pesi della spalla nelle sole condizioni sismiche

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



servizi - [info@2si.it](mailto:info@2si.it) - [www.2si.it](http://www.2si.it)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 5. PROGRAMMA DI CALCOLO

### 5.1 PRO\_SAP

Il calcolo degli elementi strutturali viene condotto con il programma PRO\_SAP (prodotto dalla 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l. P.tta Schiatti 8/b 44100 Ferrara) Ver. 11.0.2.

Licenza d'uso n. dsi 2955

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo BEAM (trave)
- Elemento tipo BOUNDARY (molla)
- Elemento tipo STIFFNESS (matrice di rigidezza)

Il codice di calcolo adottato e' ALGOR SUPERSAP prodotto dalla ALGOR INTERACTIVE SYSTEMS, Inc. Pittsburgh, PA, USA.

Il programma SUPERSAP applica il metodo degli elementi finiti a strutture di forma qualunque, diversamente caricate e vincolate, nell' ambito del comportamento lineare delle stesse.

Si sottolinea che il solutore ALGOR SUPERSAP e' stato sottoposto, con esito positivo e relativa certificazione, ai test NAFEMS (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards in Inghilterra).

Inoltre, il solutore ALGOR SUPERSAP e' soggetto ad attivita' di controllo ai sensi della QA (quality assurance), condizione essenziale per l' utilizzo dei codici di calcolo nell' ambito della progettazione nucleare ed off-shore.

La geometria è quella riportata nella fig. 1 e 2.

---

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 5.2 GROUP

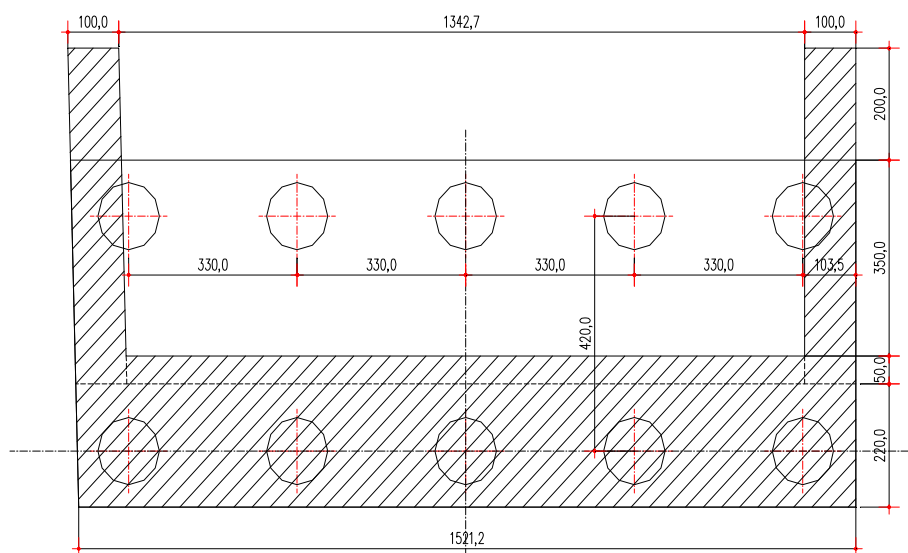
Il calcolo della fondazione su pali viene condotto con il programma GROUP ver. 7.0.23 (prodotto da Ensoft Inc., Austin, Texas).

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

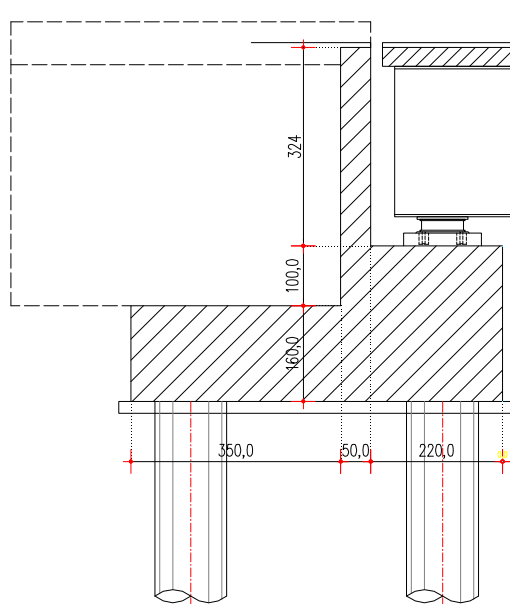
## 6. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La geometria è quella riportata nella fig. 1 e 2.



*Fig. 1- Pianta*

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



*Fig. 2- Sezione longitudinale in asse spalla*

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

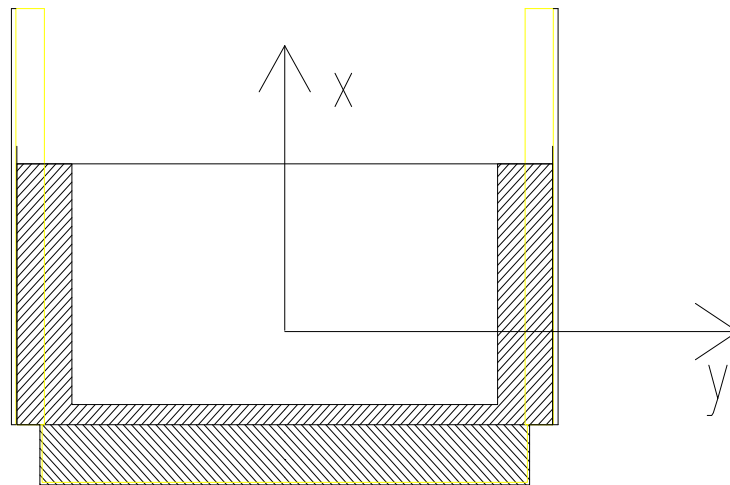
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7. CALCOLO DELLA STRUTTURA

Di seguito, vengono riportate le verifiche delle strutture costituenti la spalla in oggetto; esse sono state condotte utilizzando gli usuali metodi di verifica adottati per tali strutture, nel pieno rispetto delle normative vigenti in materia.

### 7.1 CONVENZIONE SUI SEGNI

Il sistema di riferimento globale è costituito dagli assi  $x$ ,  $y$  aventi origine nel baricentro della platea di fondazione e con l'asse  $x$  parallelo all'asse del ponte. In direzione longitudinale  $x$ , si considerano positive le azioni che hanno effetto stabilizzante nei confronti della spalla. Nel computo dei carichi e delle eccentricità si fa riferimento alla figura che segue.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7.2 DATI PER ANALISI SISMICA

La struttura a realizzarsi deve conservare sotto l'azione sismica il suo comportamento elastico, quindi senza innesco di sistemi dissipativi (cerniere plastiche stabili).

Le verifiche sismiche delle spalle da ponte, possono essere eseguite applicando l'azione sismica indipendentemente nelle due direzioni orizzontali, rispettivamente trasversale e longitudinale e combinandole successivamente tra di loro.

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche ai fini delle verifiche di resistenza allo SLU, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_1 \times E + G_k + P_k$$

Le combinazioni delle azioni dovute alle due componenti orizzontali sono ottenute utilizzando come azione di progetto, la combinazione più sfavorevole tra:

$$E_L = A_{EL} + 0.30 A_{ET}$$

$$E_T = A_{ET} + 0.30 A_{EL}$$

Per il calcolo delle forze d'inerzia agenti sulla spalla, vengono considerati i contributi di tutte le sue parti nonché del terreno imbarcato.

La forza statica equivalente che l'impalcato trasferisce alla spalla è data dall'espressione:

$$F = m \times S_e(T)$$

nella quale  $S_e(T)$  è l'ordinata dello spettro di risposta elastico in accelerazione assoluta, in funzione del periodo proprio della struttura.

Il periodo "T" per il calcolo con l'analisi statica equivalente, è valutato mediante l'espressione:

$$T = 2 \times \pi \times \sqrt{m/k}$$

nella quale "k" è la rigidezza della struttura nella direzione considerata.

Rispettivamente il periodo fondamentale per le due direzioni valido per entrambe le spalle vale:

$$T_l = 1.71s$$

$$T_t = 1.71s$$

$$T_v = 0.1s$$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

I simboli utilizzati nelle formule parametriche di calcolo, per la definizione delle azioni sismiche nei paragrafi successivi, sono di seguito elencati:

$\gamma$ = peso specifico del terreno

$\phi$ = angolo di attrito del terreno

$\gamma_{cls}$ = peso specifico calcestruzzo

$a_g$ = accelerazione di picco a suolo

$S$ =fattore profilo stratigrafico del terreno

$\gamma_I$ = fattore d'importanza

$k$ = coefficiente di spinta

$p_{tf}$ = pressione terreno alla base del fusto

$p_{tp}$ = pressione terreno alla base del paraghiaia

$p_{tr}$ = pressione terreno alla base del muro di risvolto

$h_{tot}$ = altezza totale (fondazione+fusto+paraghiaia)

$h_{fust}$ = altezza fusto spalla

$h_p$ = altezza del paraghiaia

$h_t$ = altezza totale fusto più paraghiaia

$h_r$ = altezza risvolti (parte inferiore sotto risega o altezza fino imposta orecchia)

$h_{rs}$ = altezza risvolti (parte superiore)

$h_o$ = altezza orecchia

$A_{r1}$ =area risvolto + orecchia (lato a maggiore  $y$ )

$A_{r2}$ =area risvolto + orecchia (lato a minore  $y$ )

$h_b$ = altezza baggioli

$h_f$ = altezza fondazione

$h_{ter}$ = altezza terreno imbarcato

$s_f$ = spessore fusto

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$s_p$ = spessore paraghiaia

$s_r$ = spessore risvolti

$s_o$ = spessore orecchia

$L_f$ = lunghezza fusto

$L_p$ = lunghezza paraghiaia

$L_r$ = lunghezza risvolto

$L_o$ = lunghezza orecchia

$A_{fond}$ =area fondazione

$A_{ter}$ =area terreno imbarcato

$P_{imp.}$ = peso impalcato

$F_{cor.}$ = forza correttiva

$T_{ls}$ = azione sismica dovuta all'impalcato in direzione longitudinale

$T_{ts}$ = azione sismica dovuta all'impalcato in direzione trasversale

$T_{vs}$ = azione sismica dovuta all'impalcato in direzione verticale

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7.3 ELENCO DATI

### 7.3.1 Dati relativi alle travi

numero travi	n=	3
lunghezza travi (m)	Lt=	44,80
peso struttura in acciaio (kN/m <sup>2</sup> )	Pt=	3,00
interasse travi (m)	it=	3,00
altezza travi (m)	ht=	2,25
interasse giunti (m)	ig=	45,10
interasse appoggi (m)	ia=	44,00
Lunghezza di afferenza alla spalla per carichi permanenti distribuiti uniformemente e per spinta del vento sull'impalcato	Laff=	15,00
numero traversi	nt=	0,00
peso di un traverso di campata (kN)	Ptc=	0,00
peso di un traverso di testata (kN)	Ptt=	0,00

### 7.3.2 Dati relativi alla soletta e alla pavimentazione

lunghezza impalcato (m)	Li=	45,00
larghezza pavimentazione (m)	Lp=	13,24
spessore pavimentazione (m)	spav=	0,10

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

peso pavimentazione (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_p =$	3,00
larghezza soletta (m)	$L_s =$	13,24
larghezza carreggiata (m)	$L_{car} =$	13,24
spessore medio soletta (m)	$ss =$	0,32
spessore minimo soletta in corrispondenza marciapiede (m)	$ss_{min} =$	0,32
spessore pav. + eventuale pendenza trsv. -per az. vento-(m)	$p_v =$	0,82
larghezza cordolo n°1 -a maggior y- (m)	$lc_1 =$	1,00
larghezza cordolo n°2 -a minor y - (m)	$lc_2 =$	1,00
altezza max cordoli (m)	$hc_{max} =$	0,15
altezza media cordoli (m)	$hc =$	0,15

### 7.3.3 Dati relativi alle finiture

peso barriere (kN/m)	$p_{bar} =$	6,00
rete di protezione (kN/m)	$p_{ret} =$	0,00
elemento di bordo (kN/m)	$p_{bor} =$	0,00

### 7.3.4 Dati relativi ai carichi mobili

numero di colonne di carico	$n_c =$	4,00
larghezza colonne di carico (m)	$L_{colon} =$	3,00
larghezza marciapiede 1 q1F (m)	$lm_1 =$	1,00

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

larghezza marciapiede 2 q1F (m)	lm2=	1,00
Azione di frenatura (kN)	fcalc=	0,00
Azione di frenatura imposta (kN)	fr,imp=	0,00

### 7.3.5 Dati relativi alle azioni sismiche

categoria del suolo - A B C D E -	C
accelerazione orizzontale massima	0,205
azione da impalcato agente su spalla per sisma longitudinale (kN)	2500,00
azione da impalcato agente su spalla per sisma trasversale (kN)	500,00
azione da impalcato agente su spalla per sisma verticale (kN)	700,00
quota baricentro impalcato rispetto intradosso travi (m)	2,236

### 7.3.6 Dati relativi agli appoggi ed alla curvatura impalcato

spessore apparecchi di appoggio (m)	sapp=	0,25
posizione asse appoggi rispetto a filo valle spalla (m)	das=	1,00
eccentricità (distanza asse impalcato-asse appoggi travi)	dia=	0,00
raggio di curvatura -zero se rettilineo- (m)	Rcurv=	500,00
azione d'attrito sugli appoggi in % sui carichi permanenti	a%=	3,00
Azione orizzontale imposta sugli appoggi (kN)	Himp=	-930,00

### 7.3.7 Dati relativi ai baggioli

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

altezza baggioli (m)	hb=	0,215
larghezza baggioli (m)	lb=	1,15
profondità baggioli (m)	pb=	1,15
posizione asse baggioli rispetto filo di valle spalla (m)	ib=	1,00

### 7.3.8 Dati relativi alla spalla

altezza fusto spalla (m)	hf=	1,00
spessore fusto spalla (m)	sf=	2,70
lunghezza fusto spalla (m)	lf=	15,27
eccentricità trasversale fusto rispetto alla platea (m)	efp=	0,00
altezza paraghiaia (m)	hp=	3,50
spessore paraghiaia (m)	sp=	0,50
distanza asse paraghiaia da filo anteriore fusto (m)	dpf=	2,45
lunghezza risvolti (m)	lr=	3,50
spessore medio risvolti (m)	sr=	1,00
altezza orecchie (m)	ho=	4,400
lunghezza orecchie (m)	lo=	2,00
spessore orecchie (m)	so=	1,00
azione longitudinale aggiuntiva -tiranti- (kN)	Hlt=	0,00
azione trasversale aggiuntiva (kN)	Htt=	0,00
carico verticale aggiuntivo -tiranti- (kN)	Hvt=	0,00
quota di app.ne azione long. agg. da intradosso fond. (m)	hla=	0,00
quota di app.ne azione trasv. agg. da intradosso fond. (m)	hta=	0,00

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

distanza da filo di valle fusto del carico vert. agg. (m)	dfv=	0,00
eccentricità trasversale del carico vert. agg. (m)	etv=	0,00
azione - elemento correttivo- (kN)	Pcorr=	0,00
eccentricità long.nale elemento corr. rispetto a bar. platea (m)	elcorr=	0,00
eccentricità trasversale elemento correttivo (m)	etcorr=	0,00
quota applicazione elemento correttivo da intradosso fond. (m)	hcorr=	0,00

### 7.3.9 Dati relativi alla platea di fondazione

lunghezza platea di fondazione (m)	luf=	15,27
larghezza platea di fondazione -lungo asse stradale- (m)	laf=	6,20
sbalzo anteriore (m)	sa=	0,00
spessore platea (m)	spl=	1,60

### 7.3.10 Dati relativi al terreno

inclinazione muro rispetto all'orizzontale (°)	90,0
inclinazione terrapieno rispetto all'orizzontale (°)	0,0

peso specifico terreno (kN/m <sup>2</sup> )	gterr=	19,00
angolo di attrito interno del terreno di monte (°)	$\Phi$ =	38,00
angolo di attrito interno del terreno di valle (°)	$\Phi_v$ =	38,00
altezza a filo anteriore fondazione del terreno di valle (m)	hv=	0,00
altezza a filo elevazione fusto del terreno di valle (m)	hef=	0,00
altezza a filo elevazione alle estremità della fondazione (m)	heef=	0,00
altezza a filo posteriore fondazione del terreno alle estremità (m)	hpf=	6,00
carico accidentale sul terrapieno ad impalcato carico (kN/m <sup>2</sup> )	qic=	20,00
carico accidentale sul terrapieno ad impalcato scarico (kN/m <sup>2</sup> )	qis=	40,00

Per quanto riguarda il carico accidentale utilizzato sul rilevato, ai fini del dimensionamento degli elementi strutturali della spalla, è stato assunto in accordo alla cir. 617 par. 5.1.3.3.7.1. lo schema di carico 1, questo sovraccarico distribuito è stato opportunamente diffuso attraverso il rilevato con un'angolo di 30°.

PROGETTISTA

 **PIACENTINI  
INGEGNERI**  
via Ostiense 14 40133 CASALECCHIO DI RENO (BO)



---

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

A favore di sicurezza e per semplicità applicativa del carico così ripartito, si sono utilizzati i sovraccarichi distribuiti uniformi di cui alla precedente tabella.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7.4 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

### 7.4.1 Carichi permanenti

Impalcato		
struttura in acciaio	$gt = Pt \cdot Li \cdot (Lp + lc1 + lc2) =$	2057,40
soletta (kN)	$gs = Ls \cdot ss \cdot Li \cdot 25 =$	4766,40
traversi di campata (kN)	$gtc = Ptc \cdot 2 =$	0,00
traversi di testata (kN)	$gtt = Ptt \cdot (nt - 2) =$	0,00
cordoli (kN)	$gc = (lc1 \cdot hc + lc2 \cdot hc) \cdot Li \cdot 25 =$	337,50
pavimentazione (kN)	$gpav = Li \cdot Lp \cdot gp =$	1787,40
Finiture		
Barriere (kN)	$gbar = pbar \cdot Li =$	270,00
Rete di protezione (kN)	$gret = pret \cdot Li =$	0,00
Elemento di bordo (kN)	$gbor = pbor \cdot Li =$	0,00
Carico totale (Ptot) (kN)	$Ptot = gt + gs + gtc + gtt + gc + gpav + gbar + gret + gbor =$	9900,00
Carico permanente trasmesso dall'impalcato (kN)	$Rper = (Ptot / Li) \cdot Laff =$	3300,000
agente con eccentricità trasversale (m)	$et = ((lc1 \cdot hc \cdot 25) \cdot (Ls / 2 - lc1 / 2) - (lc2 \cdot hc \cdot 25) \cdot (Ls / 2 - lc2 / 2)) \cdot (Laff) / Rper =$	0,00

Considerando la lunghezza di afferenza dell'impalcato alla spalla, i carichi trasmessi alla sotto struttura sono di seguito riportati:

$L_{aff} = 15,00m$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Carico permanente trasmesso dall'impalcato  $R_{per} = 3300,00 \text{ kN}$

agente con eccentricità trasversale  $e_t = 0,00$

Azione orizzontale aggiuntiva (imposta) sugli appoggi  $H_{agg} = -930,00 \text{ kN}$

Agente ad h da intradosso fondazione  $h = 3,10 \text{ m}$

#### 7.4.2 Azione elastica dovuta allo scorrimento dei dispositivi di appoggio

I dispositivi di appoggio in elastomero armato, previsti per il ponte, trasmettono agli elementi di sostegno un'azione orizzontale proporzionale alla loro rigidezza ed allo scorrimento massimo dovuto a deformazioni lente corrispondente alla dilatazione termica dell'impalcato e all'effetto ritiro e fluage (trasformato in un'azione equivalente generata dal AT).

L'accorciamento dovuto a escursioni termiche tra due punti A e B dell'impalcato è dato da

$$\Delta L_{T,(AB)} = L_{AB} \cdot \alpha \cdot \Delta t,$$

dove:

$L_{AB}$  = lunghezza dell'impalcato tra i due punti A e B;

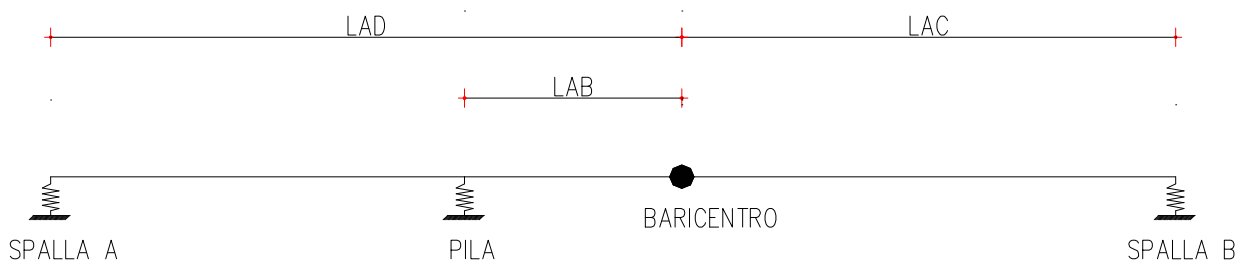
$$\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1};$$

$$\Delta t = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Di seguito considerando i valori delle rigidezze orizzontali in condizioni di esercizio dei dispositivi previsti in corrispondenza delle spalle, precedentemente definite, e la lunghezza dell'impalcato interessato da una variazione termica di  $25^\circ$  afferenti rispettivamente alla pila ( $L_{AB}$ ) e alle spalle ( $L_{AC} / L_{AD}$ ), vengono calcolate le azioni orizzontali conseguenti alle suddette deformazioni termiche.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



**Figura 1- figura esemplificativa della posizione baricentro rigidità dei dispositivi**

$$L_{AB} = 77,00 \text{ m}$$

$$S = \Delta L_T = [25 \cdot 10^{-5}] \cdot 77,00 = 23,10 \text{ mm}$$

L'azione elastica risulta pertanto:

$$H_{el,spalla} = k_{d,spalla(esercizio)} \cdot n_t \cdot s \cdot \eta_{el} = 13,42 \cdot 3 \cdot 23,10 \cdot 1,0 = 930,01 \text{ kN}$$

dove:

$k_{d,spalla(esercizio)}$  indica il valore della rigidità orizzontale dei dispositivi previsti in corrispondenza delle spalle in condizione di esercizio

$n_t$  indica il numero delle travi dell'impalcato e quindi il numero di dispositivi di appoggio interessati dallo scorrimento per deformazione lenta

$s$  indica lo scorrimento del dispositivo di appoggio dovuto alla deformazione termica dell'impalcato

$\eta_{el}$  indica il coefficiente elastico a taglio dei dispositivi.

Azione orizzontale imposta sugli appoggi (kN)	Himp=	-930,00
Azione d'attrito (kN)	Hatt-calc=	<b>-930,00</b>
agente ad h da intradosso fondazione (m)	hfa=	3,10

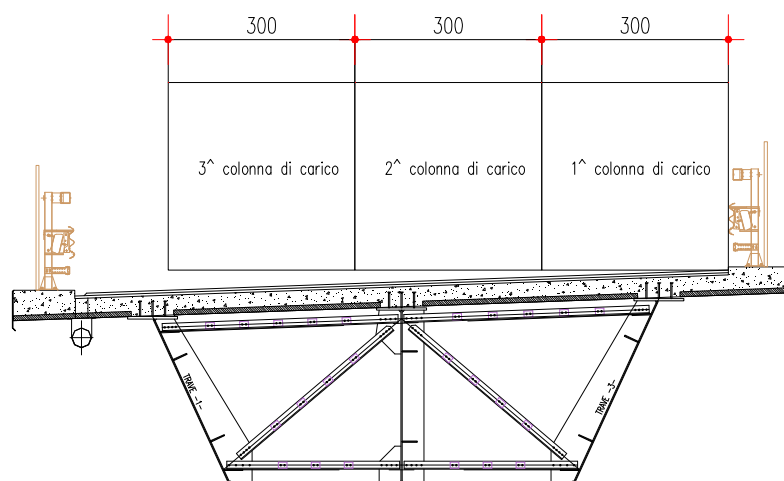
### 7.4.3 Carichi accidentali

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

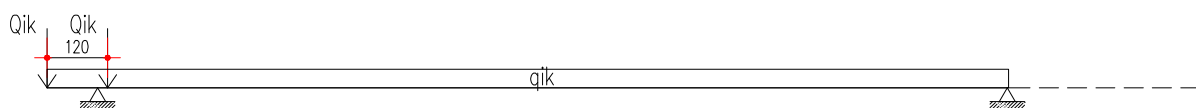
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo n°1.

La disposizione dei carichi sull'impalcato, partendo dal cordolo di destra guardando verso la spalla, è la seguente:



I carichi delle tre colonne di carico sono dislocati sull'impalcato, secondo lo schema seguente, schema che massimizza gli scarichi sulla spalla.



A favore di sicurezza, si considera comunque uno schema di appoggio – appoggio (non viene utilizzata la reale lunghezza d'influenza).

Le reazioni sulla spalla dovute ad ogni singola colonna di carico, compresa la folla sui marciapiedi, e la reazione totale sono le seguenti:

Scarico su app. colonna di carico n°1 (vicina al cordolo 1)	R,1=	1206,14
---	------	---------

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Scarico su appoggio colonna di carico n°2 (kN)	R,2 =	567,84
Scarico su appoggio colonna di carico n°3 (kN)	R,3 =	368,30
Scarico su appoggio colonna di carico n°4 (kN)	R,4 =	168,75
Scarico su appoggio folla cordolo n°1 (kN)	R,1e=	21 6,00
Scarico su appoggio folla cordolo n°2 (kN)	R,2e=	14 4,00
Reazione totale (kN)	<b>Rtot=</b>	<b>2671,02</b>
Reazione accidentali in condizioni dinamiche	<b>Racc=Rtot*φ</b>	<b>2671,02</b>
Eccentricità carico R1 (m)	e,1=	4,120
Eccentricità carico R2 (m)	e,2=	1,120
Eccentricità carico R3 (m)	e,3=	-1,880
Eccentricità carico R4 (m)	e,4=	-4,880
Eccentricità carico R1e (m)	e,1e=	6,120
Eccentricità carico R2e (m)	e,2e=	-6,120
Eccentricità globale (m)	e,tot=	1,696

Nelle condizioni di carico per gli stati limite di fessurazione per strutture di luce di calcolo maggiore di 10 m (e minore di 100 m) si sono considerati i seguenti valori del coefficiente  $\psi$ :

coefficiente $\psi_1$	$\psi,1=$	0,750
coefficiente $\psi_2$	$\psi,2=$	0.000

#### 7.4.4 Azione di frenamento

Azione frenatura di calcolo (kN)	fr=	-481,50
----------------------------------	-----	---------

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Azione di frenatura imposta (kN)	$f_{r,imp} =$	-390,00
Azione di frenatura (kN)	$f_{calc} =$	<b>-390,00</b>
agente ad h da intradosso fondazione (m)	$h_{fr} =$	3,10

L'impalcato trasmette questa azione alla spalla tramite gli appoggi. Tale azione genera uno squilibrio verticale così definito:

Azione squilibrio verticale dovuto alla frenatura (kN)	$H_{psqu} =$	-390,00
Quota di azione rispetto agli appoggi (m)	$h_{sf} = h_t + S_{smin} + p_v =$	3,39
Carico verticale aggiuntivo dovuto alla frenatura (kN)	$V_{psqui} =$	<b>30,05</b>

#### 7.4.5 Azione centrifuga

$$Q_{cf} = 48,00 \text{ KN}$$

Agente a 7,49m da intradosso fondazione

#### 7.4.6 Azione del vento

Si considera la lunghezza di afferenza alla spalla dei carichi dovuti all'impalcato.

Zona	$Z =$	2
altitudine sul livello del mare $a_s$ (m)	$a_s =$	50
velocità di riferimento $v_b$ (m/s)	$v_b =$	25,000
velocità di riferimento $v_b(100)$ (m/s)	$v_b(100) =$	25,981
categoria di esposizione	$cat =$	3

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

altezza costruzione (m)	$h_z =$	13
coefficiente di esposizione $c_{ev}$	$c_{ev} =$	2,311
pressione cinetica di riferimento $q_b$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_b =$	0,422
pressione del vento $p$ (kN/m <sup>2</sup> )	$p =$	0,975
pressione globale (sopravento e sottovento) $w$ (kN/m <sup>2</sup> )	$w =$	1,17
Superficie impalcato investita a ponte carico (m <sup>2</sup> )	$S_{,c} = (h_t + s_{smin} + p_v + 3) * L_i / 2 =$	143,78
Superficie impalcato investita a ponte scarico (m <sup>2</sup> )	$S_{,s} = (h_t + s_{smin} + h_{cmax} + 1) * L_i / 2 =$	98,78
Spinta relativa a ponte carico (kN)	$H_{vc} = w * S_{,c} =$	<b>168,22</b>
Spinta relativa a ponte scarico (kN)	$H_{vs} = w * S_{,s} =$	<b>115,57</b>
Altezza di applicazione della spinta a ponte carico da intradosso fond.	$h_{,vc} = s_{app} + h_b + h_f + s_{pl} + (h_t + s_{smin} + p_v + 3) / 2 =$	6,295
Altezza di applicazione della spinta a ponte scarico da intradosso fond.	$h_{,vs} = s_{app} + h_b + h_f + s_{pl} + (h_t + s_{smin} + h_{cmax} + 1) / 2 =$	4,96

#### 7.4.7 Azione sismica

Le azioni che l'impalcato trasferiscono alla spalla dipendono dalle caratteristiche dei dispositivi stessi ed in particolare dal valore della loro rigidezza orizzontale. Il calcolo di

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

tali azioni è riportato per esteso nella Relazione impalcato ed è svolta attraverso il metodo dell'analisi statica equivalente. Si riportano di seguito i risultati principali di tali calcolazioni.

Azioni orizzontali trasmesse alla spalla in condizione sismica:

Azioni sismiche trasmesse da impalcato:

- in senso longitudinale  $F_{sl} = 2500,00 \text{ kN}$

agente a m 5,340 sopra intradosso fondazione.

- in senso trasversale  $F_{st} = 500,00 \text{ kN}$

agente a m5,340 sopra intradosso fondazione.

Azione sismica verticale  $F_{sv} = 700,00 \text{ kN}$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7.5 AZIONI RELATIVE ALLA SPALLA

### 7.5.1 Peso proprio

Peso proprio	N (kN)	ex (m)	MI(kNm)	ey (m)	Mt(kNm)
terreno alle testate	0,000	1,033	0,000	0,00	0,00
paraghiaia	668,063	-0,649	-433,573	0,000	0,000
fusto spalla	1030,725	-1,749	-1802,738	0,000	0,000
baggioli	31,688	-2,099	-66,512	0,000	0,000
fondazione	3786,960	0,000	0,000	0,000	0,000
risvolti	813,750	1,351	1099,376	0,00	0,00
orecchie	440,000	4,101	1804,440	0,000	0,00
terreno a monte	4058,133	1,351	5480,509	0,000	0,00
terreno a valle	0,000	-3,100	0,00	0,000	0,00
elemento correttivo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>TOTALE</b>	<b>10829,318</b>		<b>6081,502</b>		<b>0,000</b>
carico verticale aggiuntivo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

azione longitudinale aggiuntiva  $H_l = 0,000$  kN

agente da intradosso fondazione a  $h_l = 0,000$  m

azione trasversale aggiuntiva  $H_t = 0,000$  kN

agente da intradosso fondazione a  $h_t = 0,000$  m

carico verticale aggiuntivo  $H_v = 0,000$  kN

eccentricità trasversale del carico verticale aggiuntivo  $e_y = 0,000$  m

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7.5.2 Spinta delle terre

### 7.5.2.1 Spinta del terreno di monte

Si prevede un riempimento con terreno di buona qualità, con strati drenanti a ridosso della spalla.

Si assumono quindi i seguenti parametri geotecnici:

- peso di volume  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$

- angolo d'attrito  $\phi = 38,00$

Il coefficiente di spinta a riposo risulta

$$K_r = 1 - \sin \phi = 0,384$$

Altezza totale della spalla:

$$H_{\text{tot}} = 1,60 + 1,00 + 3,50 + 0,10 = 6,200 \text{ m}$$

Il diagramma delle pressioni è triangolare con valore massimo alla base:

pressione massima  $p_1 = 45,235 \text{ kN/m}$

Spinta totale  $S_1 = -2141,289 \text{ kN}$

agente a quota  $h_1 = 2,067 \text{ m}$  da intradosso fondazione.

### *Spinta relativa del sovraccarico sul terrapieno*

Si considerano due condizioni di carico sul terrapieno:

sovraccarico concomitante con impalcato scarico =  $40,00 \text{ kN/m}^2$

sovraccarico concomitante con impalcato carico =  $20,00 \text{ kN/m}^2$

Il diagramma delle pressioni, considerando la spinta riposo, è rettangolare:

pressione concomitante con impalcato carico  $p_{2a} = 7,680 \text{ kN/m}^2$

pressione concomitante con impalcato scarico  $p_{2b} = 15,360 \text{ kN/m}^2$

Spinta concomitante con impalcato carico  $S_{2a} = -727,096 \text{ kN}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Spinta concomitante con impalcato scarico  $S_{2b} = -1454,193 \text{ kN}$

agenti ad  $h_2 = 4.058 \text{ m}$  da intradosso fondazione.

Per quanto concerne gli accidentali adottati per il calcolo delle sollecitazioni che interessano gli elementi strutturali, si fa riferimento al carico ripartito dato dallo schema di carico 1.

Come azioni variabili da traffico gravante sul rilevato si assume lo schema di carico 1. Lo schema 1 prevede:

- ✓ il carico  $Q_{1,k}$  costituito da un mezzo convenzionale da 600kN a due assi da 300 kN ognuno (carico tandem) posti ad un interasse di 1.20m lungo il senso di marcia e caratterizzati da una larghezza di 2.40m (comprese le dimensioni delle impronte)
- ✓ il carico ripartito  $q_{1,k}$  da  $9\text{kN/m}^2$

Tale carico viene posizionato in adiacenza all'elemento in esame e considerato ripartito sia in direzione longitudinale che trasversale.

Le larghezze su cui si considera agente il carico sono:

in direzione longitudinale alla strada:

Detta  $L_{dl}$  la *larghezza di diffusione del carico longitudinale* dal piano stradale alla quota di calcolo, assumendo che detta diffusione avvenga con angolo di diffusione di  $30^\circ$  attraverso il rilevato stradale

in direzione trasversale alla strada:

Detta  $L_{dt}$  la *larghezza di diffusione del carico trasversale* dal piano stradale alla quota del piano medio della soletta superiore, assumendo che detta diffusione avvenga con angolo di diffusione di  $30^\circ$  attraverso il rilevato stradale

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Il valore di  $L_{dt}$  viene poi limitato in base alle seguenti circostanze:

- ✓ presenza della seconda colonna di carico: il carico della 1° colonna, in corrispondenza dell'adiacenza alla 2° colonna, può essere diffuso al massimo fino a 0.30m all'esterno dell'impronta del carico;
- ✓ posizionando il carico in adiacenza al cordolo;

La pressione dovuta al  $Q_{1k}$  risulta pertanto:

$$Q_{1k,dis} = 600 / (L_{dl} * L_{dt})$$

$$q_{1k,dis} = 9 \text{ kN/m}^2$$

### 7.5.3 Spinta relativa al terreno di valle

Prudenzialmente non si tiene conto del contributo alla stabilità offerto dalla spinta del terreno di valle.

### 7.5.4 Azione del vento

superficie fianco spalla investita dal vento (m2)		26,025
spinta relativa (kN)	Hs=	60,144
agente a quota hs da intradosso fondazione (m)	h,s=	3,925

### 7.5.5 Azione sismica

Elenco dei dati utilizzati nelle formule parametriche per il calcolo delle azioni sismiche:

$$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi = 38,0^\circ$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$a_g = 0,205 \text{ m/s}^2$$

$$S = 1,40$$

$$\gamma_I = 1$$

$$k = 0,238$$

$$h_{tot} = 6,1 \text{ m}$$

$$h_{fust} = 1,00 \text{ m}$$

$$h_p = 3,5 \text{ m}$$

$$h_r = 4,00$$

$$h_{rs} = 0,75 \text{ m}$$

$$h_b = 0,25 \text{ m}$$

$$h_f = 1,60 \text{ m}$$

$$h_{ter} = 4,5 \text{ m}$$

$$s_f = 2,70 \text{ m}$$

$$s_p = 0,50 \text{ m}$$

$$s_r = 1,00 \text{ m}$$

$$s_o = 1,00 \text{ m}$$

$$L_f = 15,27 \text{ m}$$

$$L_p = 15,27 \text{ m}$$

$$L_r = 3,50 \text{ m}$$

$$L_o = 2,00 \text{ m}$$

$$A_{fond} = 94,82 \text{ m}^2$$

$$A_{ter} = 46,65 \text{ m}^2$$

$$A_{r1} = 12,00 \text{ m}^2$$

$$A_{r2} = 0,00 \text{ m}^2$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.5.5.1 Azioni inerziali

L'inerzia del complesso spalla e terreno imbarcato si articola con i seguenti contributi elementari:

Paraghiaia  $(\gamma_{cls} \times h_p \times s_p \times L_p \times a_g / g \times S \times \gamma_I) = 192,37 \text{ kN}$

applicata a quota  $h=4,350\text{m}$  da intradosso fondazione

Fusto  $(\gamma_{cls} \times h_f \times s_f \times L_f \times a_g / g \times S \times \gamma_I) = 296,81 \text{ kN}$

applicata a quota  $h=2,10\text{m}$  da intradosso fondazione

Muri di risvolto ( $h=2,00\text{m}$ )  $(\gamma_{cls} \times h_r \times s_r \times L_r \times a_g / g \times S \times \gamma_I) \times 2 = 201,57 \text{ kN}$

Applicata a quota  $h=3,60\text{m}$  da intradosso fondazione

Muri di risvolto (part. Sup.)  $[(\gamma_{cls} \times A_{r1} \times s_r) + (\gamma_{cls} \times A_{r2} \times s_r)] \times a_g / g \times S \times \gamma_I = 86,39 \text{ kN}$

applicata a quota  $h=6,39\text{m}$  da intradosso fondazione

Fondazione  $(\gamma_{cls} \times A_{fond} \times h_f) \times a_g / g \times S \times \gamma_I = 1092,17 \text{ kN}$

applicata a quota  $h=0,80\text{m}$  da intradosso fondazione

Terreno imbarcato  $(\gamma \times A_{ter} \times h_{ter}) \times a_g / g \times S \times \gamma_I = 1148,55 \text{ kN}$

Applicata a quota  $h=3,85\text{m}$  da intradosso fondazione

Impalcato  $T_{Is} = m \times S_e(T_I) = 2500,00 \text{ kN}$

$T_{ts} = m \times S_e(T_t) = 500,00 \text{ kN}$

applicata a quota  $h=2,85\text{m}$  da intradosso fondazione

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

#### 7.5.5.2 Spinta terre

Le spinte delle terre, sono calcolate in regime di spinta a spinta attiva; per il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni, la spinta totale di progetto  $E_d$  può essere calcolato come:

$$E_d = 0.5 \cdot (1 + k_v) \cdot K \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

dove il coefficiente di spinta del terreno è calcolato mediante la formula di Mononobe e Okabe.

Il punto di applicazione della spinta è posto ad  $h_{tot} / 3$ , mentre quello di applicazione della sovraspinta dinamica ad  $h_{tot} / 2$ , con "h<sub>tot</sub>" altezza del paramento su cui agisce la spinta delle terre.

La spinta delle terre vale:

$$S_i = 1/2 \times \gamma \times h_{tot}^2 \times k \times L_f = 1284,69 \text{ kN}$$

applicato a quota  $h = 2,033\text{m}$  da intradosso fondazione

L'incremento sismico delle spinte dovute al terreno risulta:

$$\Delta P_d = 1/2 \times S \times (1 + k_v) \times (K - k_a) \times \gamma \times h_{tot}^2 \times \gamma_1 \times L_f = 1383,211 \text{ kN}$$

applicato a quota  $h = 3,05\text{m}$  da intradosso fondazione

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7.6 FONDAZIONE

### 7.6.1 Palificata di fondazione

Il calcolo della fondazione su pali per le verifiche geotecniche viene condotto con il programma GROUP ver. 7.0.23 (prodotto da Ensoft Inc., Austin, Texas).

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sul singolo palo di fondazione con cui svolgere le verifiche strutturali e geotecniche vengono calcolate a partire dai massimi valori delle terne di sollecitazioni agenti all'intradosso della palificata di fondazione.

Il calcolo viene svolto per mezzo del programma di calcolo agli elementi finiti GROUP ver. 7.0.23 (prodotto da Ensoft Inc., Austin, Texas) e consiste in calcolo tridimensionale di interazione tra plinto di fondazione, pali e terreno. Tale programma consente infatti di analizzare il comportamento di un gruppo di pali sottoposto a sollecitazioni assiali, di taglio e momento.

In particolare, si è implementato un modello di calcolo F.E.M. tridimensionale assumendo un vincolo del tipo a incastro in testa pali. Il calcolo della palificata viene condotto ipotizzando che il plinto di fondazione sia infinitamente rigido. Si è utilizzata la funzione di generazione automatica delle curve di risposta non lineare del terreno carico – cedimento (curve t-z) per condizioni di carico assiale, torsione – rotazione ( $M-\theta$ ) per condizioni di carico torsionali, e carico orizzontale–spostamento orizzontale (curve p-y) per carichi orizzontali.

Per quanto riguarda le curve carico–cedimento relative a condizioni di carico assiale, il programma genera internamente, in base alla natura del terreno, le curve di trasferimento del carico assiale in funzione dello spostamento verticale del palo; tali curve sono implementate sulla base di dati ricavati da numerosi studi effettuati su pali strumentati, realizzati in terreni di diversa natura.

Nel comportamento della palificata sotto carichi orizzontali il programma tiene conto dell'effetto di gruppo mediante la teoria di Reese & Van Impe (2001). Attraverso tale metodo è possibile valutare l'efficienza di ogni singolo palo in funzione della posizione




**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

degli altri pali costituenti la palificata e della direzione del carico applicato, secondo le relazioni di seguito riportate.

- Interazione tra pali in linea, caricati in direzione parallela alla fila

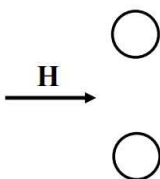


$$e_A = 0.70 \left( \frac{s}{D} \right)^{0.26} \quad \frac{s}{D} \leq 4$$

$$e_B = 0.48 \left( \frac{s}{D} \right)^{0.38} \quad \frac{s}{D} \leq 7$$

**Se  $s/D > (4 \text{ o } 7)$  allora  $e = 1$**

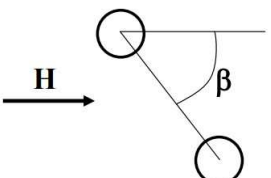
- Interazione tra pali affiancati, caricati in direzione ortogonale alla fila



$$e = 0.64 \left( \frac{s}{D} \right)^{0.34} \quad \frac{s}{D} \leq 3.75$$

**Se  $s/D > 3.75$  allora  $e = 1$**

- Interazione "obliqua" tra pali, combinando gli effetti precedenti

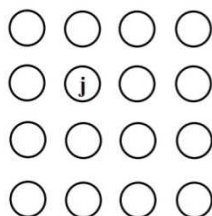


$$e = \sqrt{e_{lin}^2 \cdot \cos^2 \beta + e_{aff}^2 \cdot \sin^2 \beta}$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Per un gruppo di m pali vale pertanto



gruppo di m pali

$$e_j = \prod_{i=1}^m e_{ij}$$

Per quanto riguarda il momento flettente e l'azione di taglio sui pali, si considereranno quelli ottenuti dal calcolo tridimensionale di interazione plinto di fondazione-pali-terreno, in quanto risultato più gravoso.

### 7.6.2 Geometria della palificata

diametro pali	$\phi =$	1,20 m
numero totale pali =		10
numero pali attivi longitudinalmente =		10
numero pali attivi trasversalmente =		10

Nella tabella seguente sono riportate le dimensioni della fondazione e le rispettive caratteristiche meccaniche della sezione rispetto agli assi baricentrici della platea (asse x ed asse y) e i moduli di resistenza relativi agli assi principali d'inerzia della palificata (asse 1 ed asse 2) individuati dalle coordinate del baricentro della palificata  $x_o = 0,000$  m,  $y_o = 0,000$  m, e dall'angolo  $\alpha = 0,000$  deg tra l'asse x e l'asse 1.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

n° palo	x (m)	y (m)	x0 (m)	y0 (m)	W,t (m)	W,l (m)	W,1 (m)	W,2 (m)
1	-2,10	6,600	-2,100	6,600	-33,000	21,000	-33,000	21,000
2	-2,10	3,300	-2,100	3,300	-66,000	21,000	-66,000	21,000
3	-2,10	0,000	-2,100	0,000	0,000	21,000	0,000	21,000
4	-2,10	-3,300	-2,100	-3,300	66,000	21,000	66,000	21,000
5	-2,10	-6,600	-2,100	-6,600	33,000	21,000	33,000	21,000
6	2,10	6,600	2,100	6,600	-33,000	-21,000	-33,000	-21,000
7	2,10	3,300	2,100	3,300	-66,000	-21,000	-66,000	-21,000
8	2,10	0,000	2,100	0,000	0,000	-21,000	0,000	-21,000
9	2,10	-3,300	2,100	-3,300	66,000	21,000	66,000	-21,000
10	2,10	-6,600	2,100	-6,600	33,000	21,000	33,000	-21,000

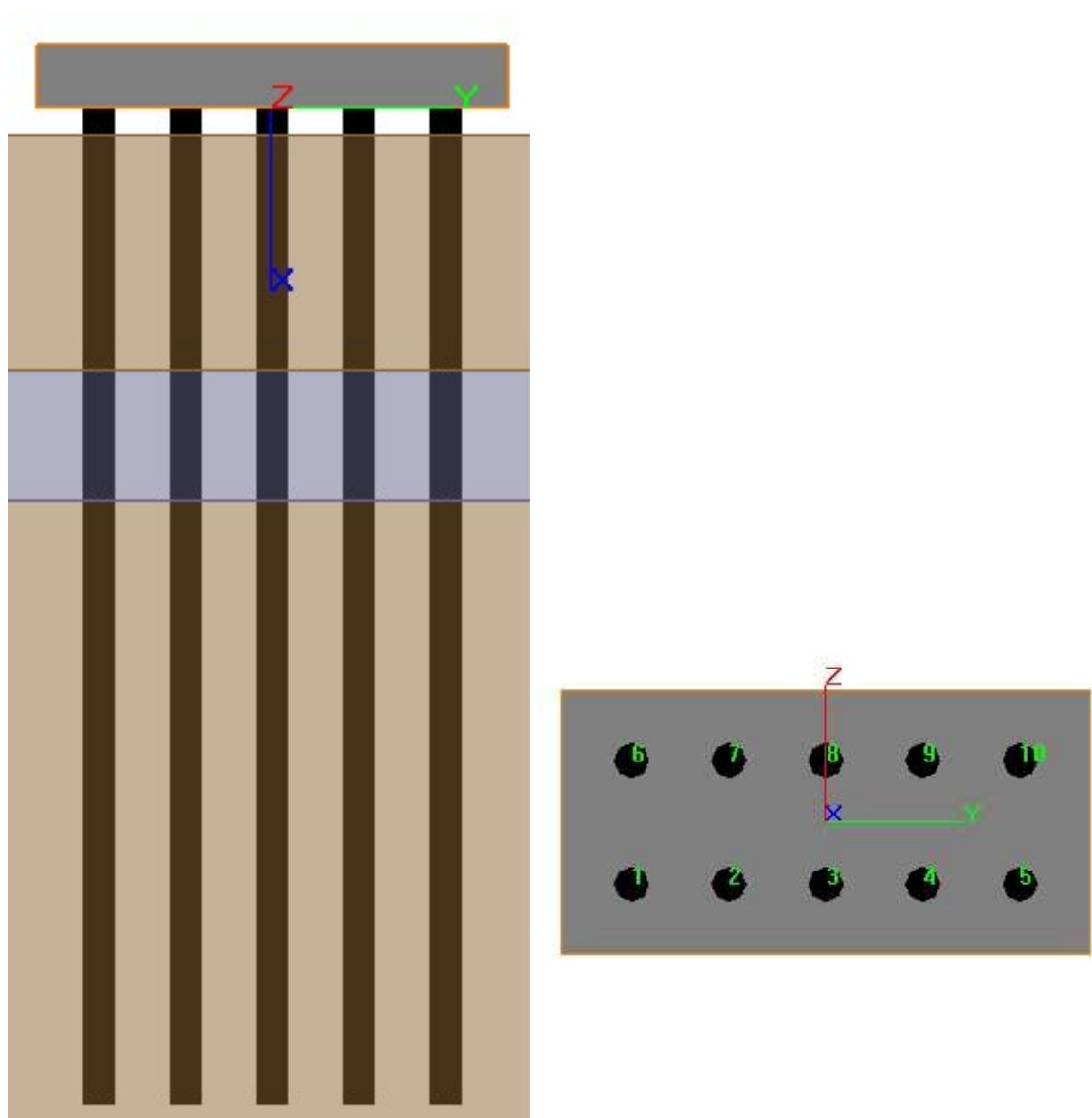
### 7.6.3 Modellazione con group

La spalla è fondata su n. 10 pali trivellati di diametro D=1200 mm, disposti su due file parallele costituite da cinque pali ciascuna, spaziate di 3.3 m in senso trasversale e 4.2 m in senso longitudinale.

Nel sistema di riferimento adottato la quota "0" coincide con la testa pali, l'asse x è l'asse verticale, l'asse y coincide con la direzione trasversale e l'asse z con quella longitudinale.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



La modellazione tridimensionale è stata eseguita trascurando il contributo del primo metro di terreno e considerando le seguenti stratigrafie del terreno:

Da	a	Formazione	Cu	$\Phi'$
(m)	(m)	(-)	(kPa)	(°)
0 (*)	-10	Stiff Clay	230	-

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

-10	-15	Sand	-	38
-15	-50	Stiff Clay	230	-

#### 7.6.4 Carichi elementari

Vengono riportate nel seguito le caratteristiche di sollecitazione relative alla palificata (valori caratteristici), riferite agli assi baricentrici della platea.

Elenco dei carichi elementari.

- A) = Peso proprio della spalla e spinta delle terre
- B) = Peso proprio dell'impalcato
- C) = Carico accidentale sull'impalcato
- D) = Carico accidentale sul rilevato contemporaneo  
all'accidentale sull'impalcato
- E) = Carico accidentale sul rilevato in assenza  
di accidentale sull'impalcato
- F) = Azione di frenatura
- G) = Azione centrifuga
- H) = Azione del vento a ponte carico
- I) = Azione del vento a ponte scarico
- L) = Azioni sismiche longitudinali
- M) = Azioni sismiche trasversali
- N) = Azioni sismiche verticali
- O) = Squilibrio verticale frenatura

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

carico	P (kN)	Mt (kN)	MI (kNm)	Ht (kN)	HI (kN)
<b>A</b> (peso proprio della spalla e spinta delle terre)	10829,318	0,000	1656,171	0,000	-2141,289
<b>B</b> (peso proprio dell'impalcato)	3300,000	0,000	-9809,7	0,000	-930,000
<b>C</b> (carico accidentale impalcato)	2671,023	4530,008	-5606,477	0,000	0,000
<b>D</b> (carico acc. sul rilev contemp. all'acc. Sull'imp.)	0,000	0,000	-2253,998	0,000	-727,096
<b>E</b> (carico acc. sul rilev in ass. di acc. sull'imp.)	0,000	0,000	-4507,998	0,000	-1454,193
<b>F</b> (azione di frenamento)	0,000	0,000	-1209,000	0,000	-390,000
<b>G</b> (azione centrifuga)	0,000	359,520	0,000	48,000	0,000
<b>H</b> (azione del vento a ponte carico)	0,000	1295,010	0,000	228,364	0,000
<b>I</b> (azione del vento a ponte scarico)	0,000	809,292	0,000	175,714	0,000
<b>L</b> (squilibrio verticale frenatura)	30,050	0,000	-63,075	0,000	0,000
<b>M</b> (azioni sismiche longitudinali)	14279,015	1248,839	-21634,391	1055,356	-9119,367
<b>N</b> (azioni sismiche trasversali)	14279,015	4162,795	-11777,278	3517,855	-4288,620
<b>O</b> (azioni sismiche verticali)	16535,175	1248,839	-12427,153	1055,356	-4288,620

### 7.6.5 Combinazioni di carico

Carichi costituenti le varie combinazioni

-----

g = carichi permanenti

q1 = carichi mobili

q2 = effetto dinamico dei carichi mobili

q3 = azione di frenamento

q4 = azione centrifuga

q5 = azione del vento

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

q7 = azioni da attrito

Combinazioni di carico considerate

Stati limite ultimi

		PERMANENTI+ PORTATI:	SPINTE	ACCIDENTALI VERTICALI SU OPERA:	ACCIDENTALI VERT. SU TERRAPIENO:	FRENATURA:	FORZA CENTRIFUGA:	VENTO:	ACCIDENTALI DIVERSI:	ATTRITO
		a=g	b=g	c=q1	d=q1	e=q3	f=q4	g=q5	i=q1	i=q7
gruppo 1	<b>SLU.1</b>	(1.00)1.35	(1.00)1.35	1.350	1.350	0.000	0.000	0.900	1.125	(1.00)1.35
	<b>SLU.2</b>	(1.00)1.35	(1.00)1.35	1.013	1.013	0.000	0.000	0.900	1.500	(1.00)1.35
gruppo 2a	<b>SLU.3</b>	(1.00)1.35	(1.00)1.35	1.013	1.013	1.350	0.000	0.900	1.125	(1.00)1.35
gruppo 2b	<b>SLU.4</b>	(1.00)1.35	(1.00)1.35	1.013	1.013	0.000	1.350	0.900	1.125	(1.00)1.35

Per ogni tipologia di combinazioni (SLU, SLE), a loro volta sono state splittate in ulteriori sottogruppi, in modo da raccogliere tutte le possibili casistiche di combinazioni, questi sottogruppi sono a loro volta numerati con ordine "I, II, III, IV".

	PERMANENTI +PORTATI + RESISTENZE PASSIVE:	SPINTE	ACCIDENTALI VERTICALI SU OPERA:	ACCIDENTALI VERT. SU TERRAPIENO:	FRENATURA:	FORZA CENTRIFUGA:	VENTO:	VARIAZIONI TERMICHE:
	a	b	c	d	e	f	g	l
<b>I</b>	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
<b>II</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0
<b>III</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

<b>IV</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### Stati limite di fessurazione

		PERMANENTI+ PORTATI:	SPINTE	ACCIDENTALI VERTICALI OPERA:	ACCIDENTALI VERT. SU TERRAPIENO:	FRENATURA:	FORZA CENTRIFUGA:	VENTO:	ACCIDENTALI DIVERSI:	ATTRITO
		a=g	b=g	c=q1	d=q1	e=q3	f=q4	g=q5	i=q1	i=q7
SLE	FR1	1.000	1.000	0.750	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1,000
	FR2	1.000	1.000	0.750	0.750	0.750	0.750	0.000	0.000	1,000
	QP	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1,000
SLE	RAR-gr1	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.600	0.000	1,000
SLE	RAR-gr2a	1.000	1.000	0.750	0.750	1.000	0.000	0.600	0.000	1,000
SLE	RAR-gr2b	<b>1.000</b>	1.000	0.750	0.750	0.000	1.000	0.600	0.000	1,000

### Stati limite ultimi in condizione sismica

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche, si ottengono utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_I E + G_K$$

Gli effetti massimi generati dalle tre componenti traslazionali, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto la combinazione più sfavorevole tra:

$$E_L = A_{EL} + 0.30 A_{ET} + 0.30 A_{EV}$$

$$E_T = A_{ET} + 0.30 A_{EL} + 0.30 A_{EV}$$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

	PERMANENTI+ PORTATI:	SPINTE	ACCIDENTALI VERTICALI SU OPERA:	ACCIDENTALI VERT. SU TERRAPIENO:	FRENATURA:	FORZA CENTRIFUGA:	VENTO:	ACCIDENTALI DIVERSI:	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI	ATTRITO
	<b>a=g</b>	<b>b=g</b>	<b>c=q1</b>	<b>d=q1</b>	<b>e=q3</b>	<b>f=q4</b>	<b>g=q5</b>	<b>i=q1</b>	<b>i=q6</b>	<b>i=q7</b>
sisma	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7.6.6 Sollecitazioni sulla fondazione

### 7.6.6.1 Carichi permanenti e condizione provvisoria

Combinazione	N (kN)	Mt (kN)	M1 (kN)	MI (kNm)	M2 (kNm)	Ht (kN)	HI (kN)
Provv.	10829,318	0,000	0,000	-2851,827	-2851,827	0,000	-3595,482
C.Perm. (A+)	14129,318	0,000	0,000	-5270,529	-5270,529	0,000	-2141,289

### 7.6.6.2 Stati limite di esercizio (RAR)

Combinazione	N (kN)	Mt (kN)	M1 (kN)	MI (kNm)	M2 (kNm)	Ht (kN)	HI (kN)
RAR-gr1- I (V+, A+)	14129,318	809,292	809,292	-8153,529	-8153,529	175,714	-3071,289
RAR-gr1- IIa (V+, A+)	16800,341	5307,014	5307,014	-16014,004	-16014,004	137,0184	-3798,385
RAR-gr1-IIb (V+, A+)	16800,341	5307,014	5307,014	-13760,006	-13760,006	137,0184	-3071,289
RAR-gr1- IIc (V+, A+)	14129,318	485,575	485,575	-12661,527	-12661,527	105,4284	-4525,482
RAR-gr2a- IIIa (V+, A+,F+)	16162,635	4174,512	4174,512	-15320,960	-15320,960	137,0184	-4006,611
RAR-gr2a- IIIa (V+, A+,F-)	16102,535	4174,512	4174,512	-12776,810	-12776,810	137,0184	-3226,611
RAR-gr2a-IIIb (V+, A+,F+)	16132,585	4174,512	4174,512	-13567,387	-13567,387	137,0184	-3461,289
RAR-gr2a-IIIb (V+, A+,F-)	16132,585	4174,512	4174,512	-11149,387	-11149,387	137,0184	-2681,289
RAR-gr2a- IIIC (V+, A+,F+)	14129,318	485,575	485,575	-12743,528	-12743,528	105,428	-4551,934
RAR-gr2a- IIIC (V+, A+,F-)	14129,318	485,575	485,575	-10325,528	-10325,528	105,428	-3771,934
RAR-gr2b- IVa (V+, A+,C)	16132,585	4534,032	4534,032	-14048,885	-14048,885	185,018	-3616,611
RAR-gr2b- IVb (V+, A+,C)	16132,585	4534,032	4534,032	-12358,387	-12358,387	185,018	-3071,289

### 7.6.6.3 Stati limite di fessurazione

Combinazione	N (kN)	Mt (kN)	M1 (kN)	MI (kNm)	M2 (kNm)	Ht (kN)	HI (kN)
FR1a (A+)	16132,59	3397,51	3397,51	-12358,39	-12358,39	0,00	-3071,29
FR2b (A+,F+)	16155,12	3397,51	3397,51	-13312,44	-13312,44	0,00	-3363,79

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

QP (A+)	14129,32	0,00	0,00	-8153,53	-8153,53	0,00	-3071,29
---------	----------	------	------	----------	----------	------	----------

#### 7.6.6.4 Stati limite ultimi (STRU)

Combinazione	N (kN)	Mt (kN)	M1 (kN)	MI (kNm)	M2 (kNm)	Ht (kN)	HI (kN)
SLU.1-gr1-I <sub>(V+, A+)</sub> =g+q5*0.9	14129,32	728,36	728,36	-8153,53	-8153,53	158,14	-3071,29
SLU.1-gr1-I <sub>(V+, A+)</sub> =g*1.35+q5*0.9	19074,58	728,36	728,36	-11007,26	-11007,26	158,14	-4146,24
SLU.1-gr1-IIa <sub>(V+, A+)</sub> =g+q1+q2*1.35+0.9*q5	17735,20	7281,02	7281,02	-18765,17	-18765,17	205,53	-4052,87
SLU.1-gr1-IIa <sub>(V+, A+)</sub> =g*1.35+q1*1.35+q2*1.35+0.9*q5	22680,46	7281,02	7281,02	-21618,91	-21618,91	205,53	-5127,82
SLU.1-gr1-IIb <sub>(V+, A+)</sub> =g+q1+q2*1,35+0,9*q5	17735,20	7281,02	7281,02	-15722,27	-15722,27	205,53	-3071,29
SLU.1-gr1-IIb <sub>(V+, A+)</sub> =g*1,35+q1*1,35+q2*1,35+0,9*q5	22680,46	7281,02	7281,02	-18576,01	-18576,01	205,53	-4146,24
SLU.1-gr1-IIc <sub>(V+, A+)</sub> =g+q1+q2*1,35+0,9*q5	14129,32	728,36	728,36	-14239,33	-14239,33	158,14	-5034,45
SLU.1-gr1-IIc <sub>(V+, A+)</sub> =g*1,35+q1*1,35+q2*1,35+0,9*q5	19074,58	728,36	728,36	-17093,06	-17093,06	158,14	-6109,40
SLU.2-gr1-IIa <sub>(V+, A+)</sub> =g+q1+q2*1,013+q3*1,013+0,9*q5	16833,73	5752,14	5752,14	-16112,26	-16112,26	205,53	-3807,47
SLU.2-gr1-IIa <sub>(V+, A+)</sub> =g*1,35+q1*1,35+q2*1,013+q3*1,013+0,9*q5	21778,99	5752,14	5752,14	-18966,00	-18966,00	205,53	-4882,42
SLU.2-gr1-IIb <sub>(V+, A+)</sub> =g+q1+q2*1,35-q3*1,013+0,9*q5	16833,73	7281,02	7281,02	-13830,09	-13830,09	205,53	-3071,29
SLU.2-gr1-IIb <sub>(V+, A+)</sub> =g*1,35+q1*1,35+q2*1,013-q3*1,013+0,9*q5	20665,24	5752,14	5752,14	-16683,82	-16683,82	205,53	-4146,24
SLU.2-gr1-IIc <sub>(V+, A+)</sub> =g+q1+q2*1,013+q3*1,013+0,9*q5	14129,32	728,36	728,36	-12717,88	-12717,88	158,14	-4543,66
SLU.2-gr1-IIc <sub>(V+, A+)</sub> =g*1,35+q1*1,35+q2*1,013+q3*1,013+0,9*q5	19074,58	728,36	728,36	-15571,61	-15571,61	205,53	-5618,61
SLU.3-gr2a-IIIIa <sub>(V+, A+, F-)</sub>	16793,16	5752,14	5752,14	-14565,26	-14565,26	205,53	-3280,97

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$j = g + q1 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$							
SLU.3-gr2a-IIIa <sub>(V+, A+, F-</sub> $j = g * 1,35 + q1 * 1,35 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	21738,42	5752,14	5752,14	-17419,00	-17419,00	205,53	-4355,92
SLU.3-gr2a-IIIa <sub>(V+, A+, F+)</sub> $F+ = g + q1 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	14129,32	5752,14	5752,14	-17829,56	-17829,56	205,53	-3807,47
SLU.3-gr2a-IIIa <sub>(V+, A+, F+)</sub> $F+ = g * 1,35 + q1 * 1,35 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	21819,56	5752,14	5752,14	-20683,30	-20683,30	205,53	-4882,43
SLU.3-gr2a-IIIb <sub>(V+, A+, F+)</sub> $F+ = g + q1 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	16874,30	5752,14	5752,14	-15547,39	-15547,39	205,53	-3597,79
SLU.3-gr2a-IIIb <sub>(V+, A+, F+)</sub> $F+ = g * 1,35 + q1 * 1,35 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	21819,56	5752,14	5752,14	-18401,12	-18401,12	205,53	-4672,74
SLU.3-gr2a-IIIb <sub>(V+, A+, F-</sub> $j = g + q1 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	16874,30	5752,14	5752,14	-12283,09	-12283,09	205,53	-2544,79
SLU.3-gr2a-IIIb <sub>(V+, A+, F-</sub> $j = g * 1,35 + q1 * 1,35 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	21819,56	5752,14	5752,14	-15136,82	-15136,82	205,53	-3619,74
SLU.3-gr2a-IIIc <sub>(V+, A+, F+)</sub> $F+ = g + q1 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	14169,886	728,363	728,36	-	-14435,18	158,143	-5070,159
SLU.3-gr2a-IIIc <sub>(V+, A+, F+)</sub> $F+ = g * 1,35 + q1 * 1,35 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	19115,147	728,363	728,36	-	-17288,91	158,143	-6145,111
SLU.3-gr2a-IIIc <sub>(V+, A+, F-</sub> $j = g + q1 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	14169,886	728,363	728,36	-	-11170,88	158,143	-4017,159
SLU.3-gr2a-IIIc <sub>(V+, A+, F-</sub> $j = g * 1,35 + q1 * 1,35 + q2 * 1,013 + q3 * 1,35 + 0,9 * q5$	19115,147	728,363	728,36	-	-14024,61	158,143	-5092,111
SLU.4-gr2b-IVa <sub>(V+, A+, C)</sub> $A+, C) = g + q1 + q2 * 1,013 + q3 * 1,013 + q4 * 1,35 + 0,9 * q5$	16833,73	6237,49	6237,49	-16112,26	-16112,26	270,33	-3807,47
SLU.4-gr2b-IVa <sub>(V+, A+, C)</sub> $C) = g * 1,35 + q1 * 1,35 + q2 * 1,013 + q3 * 1,013 + q4 * 1,35 + 0,9 * q5$	21778,99	6237,49	6237,49	-18966,00	-18966,00	270,33	-4882,43
SLU.4-gr2b-IVb <sub>(V+, A+, C)</sub> $C) = g + q1 + q2 * 1,013 + q3 * 1,013 + q4 * 1,35 + 0,9 * q5$	16833,73	6237,49	6237,49	-13830,09	-13830,09	270,33	-3071,29

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

SLU.4-gr2b-IVb <sub>(V+, A+,</sub> $c_1=g*1,35+q_1*1,35+q_2*1,013+q_3*1,013+q_4*1,35+0,9*q_5$	21778,99	6237,49	6237,49	-16683,82	-16683,82	270,33	-4146,24
SLU.4-gr2b-IVc <sub>(V+, A+,</sub> $c_1=g+q_1+q_2*1,013+q_3*1,013+q_4*1,35+0,9*q_5$	14129,318	1213,715	1213,72	-12717,877	-12717,88	222,943	-4543,659
SLU.4-gr2b-IVc <sub>(V+, A+,</sub> $c_1=g*1,35+q_1*1,35+q_2*1,013+q_3*1,013+q_4*1,35+0,9*q_5$	19074,579	1213,715	1213,72	-15571,612	-15571,61	222,943	-5618,611
Provv.=g+q <sub>2</sub> *1,35	10829,32	0,00	0,00	-4429,63	-4429,63	0,00	-4104,45
Provv.=g*1,35+q <sub>2</sub> *1,35	14619,58	0,00	0,00	-3849,97	-3849,97	0,00	-4853,90

#### 7.6.6.5 Stati limite ultimi (GEO)

Combinazione	N (kN)	Mt (kN)	M1 (kN)	MI (kNm)	M2 (kNm)	Ht (kN)	HI (kN)
SLU.1-GEO-gr1-I <sub>(V+, A+)</sub> =g+q <sub>5</sub> *0,69	14129,318	558,411	558,411	-8153,529	-8153,529	121,243	-3071,289
SLU.1-GEO-gr1-IIa <sub>(V+, A+)</sub> =g+q <sub>1</sub> +q <sub>2</sub> *1,15+0,69*q <sub>5</sub>	17200,994	6103,066	6103,066	-17193,075	-17193,075	157,57116	-3907,449
SLU.1-GEO-gr1-IIb <sub>(V+, A+)</sub> =g+q <sub>1</sub> +q <sub>2</sub> *1,15+0,69*q <sub>5</sub>	17200,994	6103,066	6103,066	-14600,978	-14600,978	157,57116	-3071,289
SLU.1-GEO-gr1-IIc <sub>(V+, A+)</sub> =g+q <sub>1</sub> +q <sub>2</sub> *1,15+0,69*q <sub>5</sub>	14129,318	558,411	558,411	-13337,727	-13337,727	121,24266	-4743,611
SLU.2-GEO-gr1-IIa <sub>(V+, A+)</sub> =g+q <sub>1</sub> +q <sub>2</sub> *1,15+0,69*q <sub>5</sub>	17200,994	6893,022	6893,022	-17193,075	-17193,075	157,57116	-3907,4494
SLU.2-GEO-gr1-IIb <sub>(V+, A+)</sub> =g+q <sub>1</sub> +q <sub>2</sub> *1,15+0,69*q <sub>5</sub>	17200,994	6103,066	6103,066	-14600,978	-14600,978	157,57116	-3071,289

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

SLU.2-GEO-gr1-Illc <sub>(V+, A+)</sub> A+)=g+q1+q2*1,15+0,69*q5	14129,318	893,557	893,557	- 13337,727	- 13337,727	157,57116	-4743,611
SLU.3-GEO-gr2a-IIIa <sub>(V+, A+, F-)</sub> )=g+q1+q2*1,15-q3*0.862+0,69*q5	17175,076	6103,066	6103,066	- 16204,715	- 16204,715	157,57116	- 3571,0744
SLU.3-GEO-gr2a-IIIa <sub>(V+, A+, F+)</sub> F+)=g+q1+q2*1,15+q3*0.862+0,69*q5	17226,912	6103,066	6103,066	- 18290,239 9	- 18290,240	157,57116	- 4243,8244
SLU.3-GEO-gr2a-IIIb <sub>(V+, A+, F+)</sub> F+)=g+q1+q2*0.862+q3*1,15+0,69*q5	16433,075	4800,689	4800,689	- 14379,465	- 14379,465	157,571	-3519,789
SLU.3-GEO-gr2a-IIIb <sub>(V+, A+, F-)</sub> )=g+q1+q2*0.862-q3*1,15+0,69*q5	16433,075	4800,689	4800,689	- 11598,765	- 11598,765	157,571	-2622,789
SLU.3-GEO-gr2a-IIIc <sub>(V+, A+, F+)</sub> F+)=g+q1+q2*0.862+q3*1,15+0,69*q5	14163,876	558,411	558,411	- 13504,563	- 13504,563	121,243	-4774,030
SLU.3-GEO-gr2a-IIIc <sub>(V+, A+, F-)</sub> )=g+q1+q2*0.862-q3*1,15+0,69*q5	14163,876	558,411	558,411	- 10723,863	- 10723,863	121,243	-3877,030
SLU.4-GEO-gr2b-IVa <sub>(V+, A+, C)</sub> A+,C)=g+q1+q2*0.862+q4*1,15+0,69*q5	16433,075	5214,1368	5214,137	- 14933,188 7	- 14933,189	212,77116	- 3698,4093
SLU.4-GEO-gr2b-IVb <sub>(V+, A+, C)</sub> C)=g+q1+q2*0.862+q4*1,15+0,69*q5	16433,075	5214,137	5214,137	- 12989,115	- 12989,115	212,771	-3071,289
SLU.4-GEO-gr2b-IVc <sub>(V+, A+, C)</sub> C)=g+q1+q2*0.862+q4*1,15+0,69*q5	14129,318	971,859	971,859	- 12041,677	- 12041,677	176,443	-4325,53
Prov.-GEO=g+q2*1,15	10829,318	0	0,000	- 3528,0267	-3528,027	-3813,611	-2008,355

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

C.Perm.-GEO=g	14129,318	0	0,000	-8153,529	-8153,529	0	-3071,289
---------------	-----------	---	-------	-----------	-----------	---	-----------

Combinazione	N (kN)	Mt (kN)	M1 (kN)	MI (kNm)	M2 (kNm)	Ht (kN)	HI (kN)
RAR-GEO-gr1- I (V+, A+)	14129,318	809,292	809,292	-8153,529	-8153,529	175,714	-3071,289
RAR-GEO-gr1- IIa (V+, A+)	16800,341	5307,014	5307,014	- 16014,004	- 16014,004	137,0184	-3798,385
RAR-GEO-gr1-IIb (V+, A+)	16800,341	5307,014	5307,014	- 13760,006	- 13760,006	137,0184	-3071,289
RAR-GEO-gr1- IIc (V+, A+)	14129,318	485,575	485,575	- 12661,527	- 12661,527	105,4284	-4525,482
RAR-GEO-gr2a- IIIa (V+, A+,F+)	16162,635	4174,512	4174,512	- 15320,960	- 15320,960	137,0184	-4006,611
RAR-GEO-gr2a- IIIa (V+, A+,F-)	16102,535	4174,512	4174,512	- 12776,810	- 12776,810	137,0184	-3226,611
RAR-GEO-gr2a-IIIb (V+, A+,F+)	16132,585	4174,512	4174,512	- 13567,387	- 13567,387	137,0184	-3461,289
RAR-GEO-gr2a-IIIb (V+, A+,F-)	16132,585	4174,512	4174,512	- 11149,387	- 11149,387	137,0184	-2681,289
RAR-GEO-gr2a- IIIc (V+, A+,F+)	14129,318	485,575	485,575	- 12743,528	- 12743,528	105,428	-4551,934
RAR-GEO-gr2a- IIIc (V+, A+,F-)	14129,318	485,575	485,575	- 10325,528	- 10325,528	105,428	-3771,934
RAR-GEO-gr2b- IVa (V+, A+,C)	16132,585	4534,032	4534,032	- 14048,885	- 14048,885	185,018	-3616,611
RAR-GEO-gr2b- IVb (V+, A+,C)	16132,585	4534,032	4534,032	- 12358,387	- 12358,387	185,018	-3071,289
Provv.-GEO	10829,318	0,000	0,000	-2851,827	-2851,827	0,000	-3595,482
C.Perm. (A+)-GEO	14129,318	0,000	0,000	-5270,529	-5270,529	0,000	-2141,289

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.6.6.6 Condizione sismica

#### 7.6.6.6.1 Sollecitazioni nel baricentro fondazione per sisma longitudinale

Le azioni riportate nella tabella seguente sono dovute alla inerzia del complesso spalla, nonché alle spinte delle terre in condizioni statiche e dinamiche. Le azioni della tabella seguente derivano dai singoli contributi presi con la loro eccentricità rispetto al baricentro della fondazione.

	M <sub>l</sub> (kNm)	M <sub>t</sub> (kNm)	N (kN)	H <sub>l</sub> (kN)	H <sub>t</sub> (kN)
Spinta terre	2612,21	0,0	0,0	1284,69	0,0
Incremento dinamico spin.	4218,79	0,00	0,0	1383,21	0,00
Inerzia risvolti+orecchie	1277,67	383,30	1043,19	287,96	86,39
Inerzia fusto+paraghiaia	1460,12	438,04	1772,16	489,18	146,75
Inerzia terreno imbarcato	0,00	0,00	4160,86	1148,55	344,56
Azioni da impalcato	7125,00	427,50	3510,00	2500,00	150,00
Inerzia fondazione	0.00	0.00	3792,80	1092,17	327,651

Le sollecitazioni risultanti applicate nel baricentro della fondazione, sono le seguenti:

	M <sub>l</sub> (kNm)	M <sub>t</sub> (kNm)	N (kN)	H <sub>l</sub> (kN)	H <sub>t</sub> (kN)
Risultanti	21634,39	1248,839	14279,0	9119,37	1055,356

#### 7.6.6.6.2 Sollecitazioni nel baricentro fondazione per sisma trasversale

Le azioni riportate nella tabella seguente sono dovute alla inerzia del complesso spalla, nonché alle spinte delle terre in condizioni statiche e dinamiche. Le azioni riportate nella tabella seguente derivano dai singoli contributi presi con la loro eccentricità rispetto al baricentro della fondazione.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

	M <sub>i</sub> (kNm)	M <sub>t</sub> (kNm)	N (kN)	H <sub>i</sub> (kN)	H <sub>t</sub> (kN)
Spinta terre	2612,21	0,0	0,0	1284,69	0,0
Incremento dinamico spin.	1265,64	0,00	0,0	414,96	0,00
Inerzia risvolti+orecchie	383,30	1277,67	1043,19	86,39	287,96
Inerzia fusto+paraghiaia	438,04	1460,12	1772,16	146,75	489,18
Inerzia terreno imbarcato	0,00	0,00	4160,86	344,56	1148,55
Azioni da impalcato	2137,50	1425,00	3510,00	750,00	500,00
Inerzia fondazione	0.00	0.00	3792,80	327,65	1092,17

Le sollecitazioni risultanti applicate nel baricentro della fondazione, sono le seguenti:

	M <sub>i</sub> (kNm)	M <sub>t</sub> (kNm)	N (kN)	H <sub>i</sub> (kN)	H <sub>t</sub> (kN)
Risultanti	11777,28	4162,80	14279,02	4288,62	3517,85

#### 7.6.6.6.3 Sollecitazioni nel baricentro fondazione per sisma verticale

Le azioni riportate nella tabella seguente sono dovute alla inerzia del complesso spalla, nonché alle spinte delle terre in condizioni statiche e dinamiche. Le azioni riportate nella tabella seguente derivano dai singoli contributi presi con la loro eccentricità rispetto al baricentro della fondazione.

	M <sub>i</sub> (kNm)	M <sub>t</sub> (kNm)	N (kN)	H <sub>i</sub> (kN)	H <sub>t</sub> (kN)
Spinta terre	2612,21	0,0	0,0	1284,69	0,0
Incremento dinamico spin.	1265,64	0,00	0,0	414,96	0,00
Inerzia risvolti+orecchie	383,30	383,30	1143,98	86,39	86,39
Inerzia fusto+paraghiaia	438,04	438,04	1943,38	146,75	146,75
Inerzia terreno imbarcato	0,00	0,00	4562,85	344,56	344,56
Azioni da impalcato	2137,50	427,50	4000,00	750,00	150,00
Inerzia fondazione	0.00	0.00	3792,80	327,65	327,65

Le sollecitazioni risultanti applicate nel baricentro della fondazione, sono le seguenti:

PROGETTISTA

**PIACENTINI  
INGEGNERI**  
via Ostiense 14 40133 CASALECCHIO DI RENO (BO)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

	$M_l$ (kNm)	$M_t$ (kNm)	$N$ (kN)	$H_l$ (kN)	$H_t$ (kN)
Risultanti	12427,15	1248,839	16535,2	4288,62	1055,356

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 7.7 SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Nel presente paragrafo, vengono calcolate le sollecitazioni dei vari elementi strutturali componenti il complesso spalla.

### 7.7.1 Platea di fondazione

Per quanto riguarda le sollecitazioni che interessano la fondazione in direzione trasversale, si può assumere che i muri di risvolto, incastrati sulla stessa, trasmettano una tenso-flessione.

Data la geometria della fondazione, in direzione longitudinale, le sollecitazioni sono dovute all'incastro della stessa con il fusto.

E' evidente che questo schema di funzionamento è ampiamente cautelativo, tenendo presente che la fondazione è una lastra e che quindi il suo comportamento è spaziale.

Data la coincidenza degli assi appoggi impalcato e la prima fila di pali, la struttura di fondazione ha un comportamento prettamente a struttura tozza, pertanto saranno eseguite verifiche a punzonamento per la fila di pali posteriori.

Data la posizione della prima fila di pali rispetto al fusto non sono significative veriche.

Si prevederà tuttavia nel basamento una conveniente armatura.

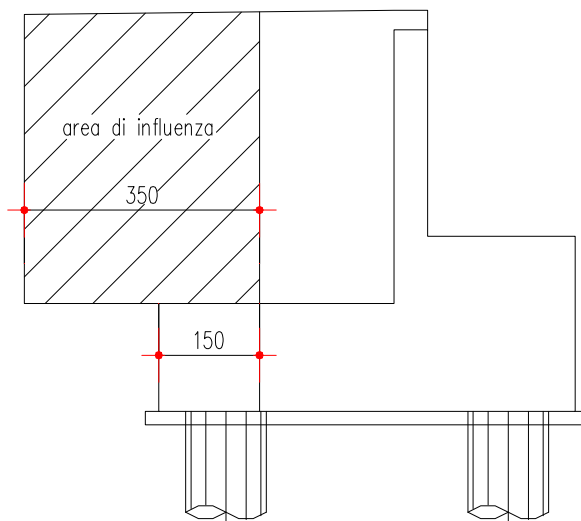
#### Direzione trasversale

Le sollecitazioni che interessano la fondazione sono, quelle trasmesse dai muri di risvolto, ipotizzando per questi un comportamento a mensola verticale incastrata alla base, come da schema seguente:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



Le sollecitazioni inerenti la prima fascia di muro a filo orecchia (ipotizzando che le sollecitazioni derivanti dall'orecchia vengano assorbiti dalla prima fascia di muro di risvolto) sono:



Il calcolo è fatto con schemi statici semplici, ribaltando alla fondazione le sollecitazioni alla base dei risvolti, che quindi diventano le sollecitazioni della stessa all'attacco con i risvolti.

Larghezza di calcolo della sezione a flessione  $b_m = 1,5m$

Sollecitazioni allo SLU:  $M = 2155,427 \text{ kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Sollecitazioni allo SLE:

$$N=+930,794 \text{ kN/m}$$

$$M_{RAR}=1596,612 \text{ kNm/m}$$

$$N_{RAR}=+689,477 \text{ kN/m}$$

$$M_{FR}=1311,490 \text{ kNm/m}$$

$$N_{FR}=+ 689,477 \text{ kN/m}$$

$$M_{QP}=456,124 \text{ kNm/m}$$

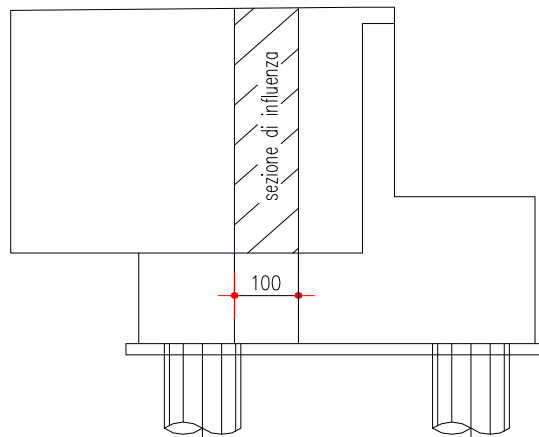
$$N_{QP}=+288,08 \text{ kN/m}$$

Sollecitazioni in condizione Sismica:

$$M=1073,41 \text{ kNm/m}$$

$$N=+465,70 \text{ kN/m}$$

Le sollecitazioni che interessano la base del muro di risvolto per la restante parte (sezione corrente):



Larghezza di calcolo della sezione a flessione

$$b_m = 1,0 \text{ m}$$

Sollecitazioni allo SLU:

$$M= 615,836 \text{ kNm/m}$$

$$N=+265,941 \text{ kN/m}$$

Sollecitazioni allo SLE:

$$M_{RAR}=456,175 \text{ kNm/m}$$

$$N_{RAR}=+196,993 \text{ kN/m}$$

$$M_{FR}=374,71 \text{ kNm/m}$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$$N_{FR}=+168,32 \text{ kN/m}$$

$$M_{QP}=130,32 \text{ kNm/m}$$

$$N_{QP}=+82,31 \text{ kN/m}$$

Sollecitazioni in condizione Sismica:

$$M=370,62 \text{ kNm/m}$$

$$N=+152,50 \text{ kN/m}$$

#### Direzione longitudinale - zattera posteriore

Le sollecitazioni che interessano la zattera posteriore sono ricavate per differenza tra la sollecitazione alla base del fusto ed il momento dello sbalzo anteriore (nel caso in esame non è trascurabile), dovendo il nodo essere in equilibrio tra le sollecitazioni applicate allo stesso.

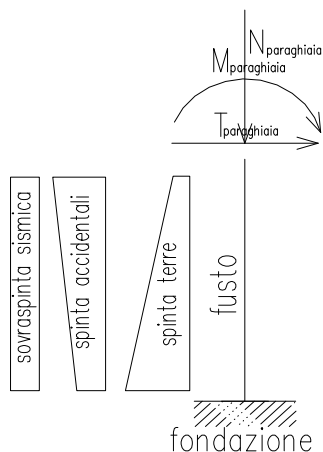
La condizione che genera le massime sollecitazioni sulla zattera posteriore, è dovuta alla condizione provvisoria, o meglio quella in cui l'impalcato non è ancora posato e la spalla risulta già rinterrata e quindi presente l'accidentale ripartito di norma.

Il momento che interessa la zattera posteriore, se di segno positivo tende le fibre di estradosso della fondazione, altrimenti quelle di intradosso.

Lo schema statico di calcolo adottato per il calcolo delle sollecitazioni alla base del fusto, e quindi la trasmissione delle stesse alla fondazione, è costituito da uno schema a mensola verticale incastrata nella fondazione.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



Da semplici calcoli si ricavano le sollecitazioni agenti alla base del fusto, di seguito raggruppate per condizioni di carico:

### SLU

$M_{fust} =$	526,37	kNm/m
$M_{sbalz. Ant.} =$	-22,98	kNm/m
$M_{zat. post.} =$	503,39	kNm/m

### SIS

$M_{fust} =$	526,18	kNm/m
$M_{sbalz. Ant.} =$	-37,97	kNm/m
$M_{zat. post.} =$	488,21	kNm/m

### RAR

$M_{fust} =$	377,61	kNm/m
$M_{sbalz. Ant.} =$	-42,54	kNm/m
$M_{zat. post.} =$	335,08	kNm/m

### FR

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$M_{fust} =$	376,59	kNm/m
$M_{sbalz. Ant.} =$	-39,82	kNm/m
$M_{zat. post.} =$	336,77	kNm/m

**QP**

$M_{fust} =$	146,60	kNm/m
$M_{sbalz. Ant.} =$	-27,47	kNm/m
$M_{zat. post.} =$	119,13	kNm/m



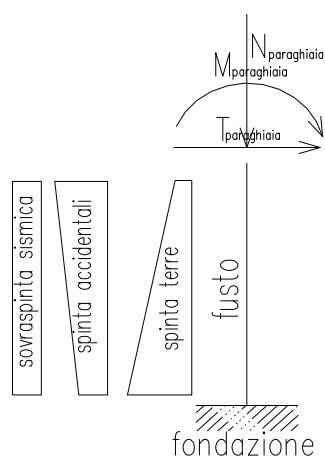
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.7.2 Fusto spalla

Data la geometria della spalla è plausibile il comportamento a mensola incastrata nella fondazione.

Il calcolo delle sollecitazioni viene istituito trascurando, a favore di sicurezza, il contributo fornito dalle spinte relative al terreno di valle.



Effetto dei carichi permanenti relativi all' elevazione

	<b>N (kN/m)</b>	<b>e (kN/m)</b>	<b>MI (kN/m)</b>	<b>TI (kN/m)</b>
paraghiaia	43,750	1,10	48,125	
fusto spalla	67,500	0,00	0,000	
baggioli	2,075	-0,35	-0,726	
totali=	<b>113,325</b>		<b>47,399</b>	

considerando gli incrementi dovuti ai carichi verticali aggiuntivi risulta:

$$N = 113,325 \text{ kN/m}$$

$$M = 47,399 \text{ kNm/m}$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$T = 0,000 \text{ kN/m}$

Elenco dei carichi elementari

- A) = Peso della spalla + az. aggiuntive permanenti
- B) = Spinta terreno di monte
- C) = Azioni permanenti da impalcato
- C')= Azioni permanenti da impalcato senza attrito e az. agg.
- D) = Carico accidentale sull'impalcato
- E) = Azione di frenatura
- F) = Carico accidentale sul rilevato contemporaneo all'accidentale sull'impalcato
- G) = Carico accidentale sul rilevato in assenza di accidentale sull'impalcato
- H) = Azioni sismiche longitudinali
- I) = Azioni sismiche verticali
- L) = Squilibrio verticale frenatura

	<b>P (kN/m)</b>	<b>MI (kN/m)</b>	<b>TI (kN/m)</b>
A	113,325	47,399	0,000
B	0,000	-118,360	-77,191
C	216,110	-151,768	-60,904
C'	216,110	-75,639	0,000
D	174,92	-61,222	0,000
E	0,000	-38,310	-25,540
F	0,000	-81,254	-35,328
G	0,000	-306,653	-111,751
H	412,68	526,18	375,28

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

I	412,68	526,18	375,28
L	1,968	-0,689	0,000

*Sollecitazioni nella sezione di base*

#### STATI LIMITE DI ESERCIZIO, PROVVISORIA (RAR)

Condizione di carico	N (kN/m)	MI (kN/m)	TI (kN/m)
impalcato e rilevato carichi+frenatura (A+B+C+D+E+F+L)	506,323	-404,204	-198,963
rilevato sovraccarico in assenza di impalcato (A+B+G)	113,325	-377,614	-188,942

#### STATI LIMITE DI ESERCIZIO-FESSURAZIONE

Condizione di carico	N (kN/m)	MI (kN/m)	TI (kN/m)
Fessurazione FRa (A+B+C+(D+F)*ψ1)	460,625	-253,457	-103,687
Fessurazione FRb (A+B+C'+D*ψ1)	460,625	-192,517	-77,191
Fessurazione FRc (A+B+C'+G*ψ1)	329,435	-376,590	-161,005
Fessurazione QP (A+B+C'+(D+F)*ψ2)	329,435	-146,600	-77,191

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## STATI LIMITE ULTIMI (STR)

Condizione di carico		N (kN/m)	MI (kN/m)	TI (kN/m)
impalcato e rilevato carichi+frenatura (A+B+C+D+E+F+L)*1,35	Nmax	682,872	-532,513	-259,980
impalcato e rilevato carichi+frenatura (A+B*1,35+C*1,35+D*1,35+E*1,35+F*1,35 +L*1,35)	Mmax	643,208	-549,103	-259,980
impalcato e rilevato carichi+frenatura (A*1,35+B+C+D+E+F+L)	Tmax	545,987	-387,614	-198,963
rilevato sovraccarico in assenza di impalcato (A+B+G)*1,35	Nmax	152,989	-509,779	-255,072
rilevato sovraccarico in assenza di impalcato (A+B*1,35+G*1,35)	Mmax	113,325	-526,369	-255,072
rilevato sovraccarico in assenza di impalcato (A*1,35+B+G)	Tmax	152,989	-361,024	-188,942

## CONDIZIONE SISMICA

Elenco dei dati, non precedentemente definiti, utilizzati nelle formule parametriche per il calcolo delle azioni sismiche:

$$h_t = 4,5\text{m}$$

$$h_{fust} = 1,00\text{m}$$

$$h_p = 3,5\text{m}$$

$$P_{imp.} = 3300,00\text{kN}$$

$$F_{cor.} = 0\text{kN}$$

Le sollecitazioni agenti alla base del fusto generate dai vari contributi, sono di seguito riportati:

· Inerzia (fusto+paraghiaia)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$$M = ((\gamma_{cls} \times h_p \times s_p \times L_p \times a_g / g \times S \times \gamma_i) \times (h_p / 2 + h_{fust}) + (\gamma_{cls} \times h_{fust} \times s_f \times L_f \times a_g / g \times S \times \gamma_i) \times h_{fust} / 2) / (L_f - s_r \times 2) =$$

$$51,05 \text{ kNm/m}$$

$$N = (\gamma_{cls} \times s_p \times h_p + \gamma_{cls} \times s_f \times h_{fust} + F_{cor.}) / L_f + P_{imp} / (L_f - s_r \times 2) =$$

$$359,93 \text{ kN/m}$$

$$T = (\gamma_{cls} \times h_p \times s_p \times L_p \times a_g / g \times S \times \gamma_i + \gamma_{cls} \times h_{fust} \times s_f \times L_f \times a_g / g \times S \times \gamma_i) / (L_f - s_r \times 2) =$$

$$36,86 \text{ kN/m}$$

· Spinta terre

$$p_{tf} = (\gamma \times h_t \times k_0) =$$

$$20,35 (\text{kN/m}^2) / \text{m}$$

$$M = (\gamma \times h_t \times k_0 \times h_t^2) / 6 =$$

$$68,68 \text{ kNm/m}$$

$$T = p_{tf} \times h_t / 2 =$$

$$45,79 \text{ kN/m}$$

· Incremento spinta dovuto al sisma

$$M = (S \times a_g / g \times \gamma \times h_t^2 \times \gamma_i) \times h_t / 2 =$$

$$96,96 \text{ kNm/m}$$

$$T = (S \times a_g / g \times \gamma \times h_t^2 \times \gamma_i) =$$

$$43,09 \text{ kN/m}$$

· Azione dovuta all'impalcato

$$T_{Is} =$$

$$2500,00 \text{ kNm/m}$$

$$M = T_{Is} \times (h_{fust} + h_b) / (L_f - s_r \times 2) =$$

$$235,49 \text{ kNm/m}$$

$$T = T_{Is} / (L_f - s_r \times 2) =$$

$$188,39 \text{ kN/m}$$

	MI (kNm/m)	N (kN/m)	HI (kN/m)
Risultante	526,18	412,68	375,28

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

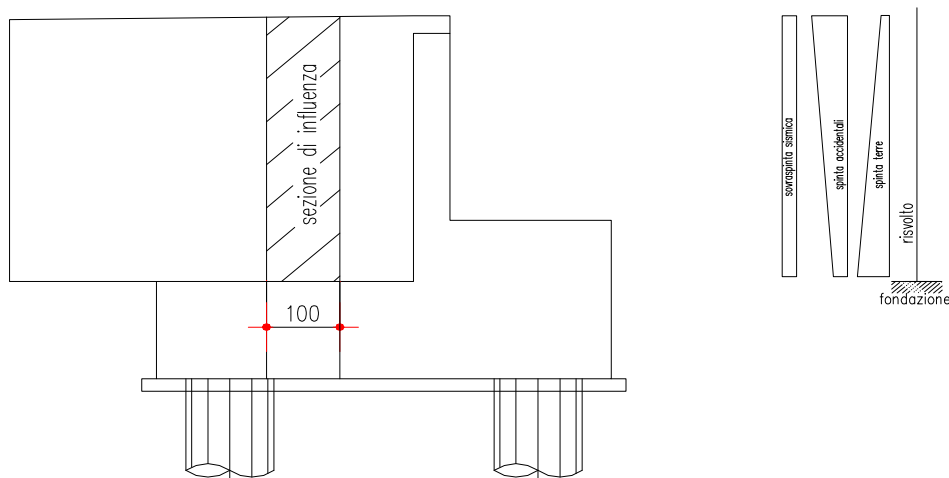
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.7.3 Muri di risvolto

Per il calcolo delle sollecitazioni che interessano le fibre verticali, si considera il funzionamento a mensola verticale incastrata nella fondazione. Il muro oltre a ricevere le azioni trasmesse dal terreno presente sulla platea di fondazione, riceve anche le azioni trasmesse dalle orecchie. Cautelativamente si assume che tali azioni siano assorbite da una parte di muro avente larghezza  $b=1.5\text{m}$ .

Le sollecitazioni che interessano le fibre orizzontali, sono state valutate tramite il modello di calcolo "A" con modellazione FEM.

#### 7.7.3.1 Calcolo nello schema di mensola verticale incastrata alla base (sezione corrente)



Con riferimento ad un sovraccarico sul rilevato dato dalla ripartizione dallo schema di carico 1 le pressioni e le sollecitazioni sono le seguenti:

Come azioni variabili da traffico gravante sul rilevato si assume lo schema di carico 1. Lo schema 1 prevede:

- ✓ il carico  $Q_{1,k}$  costituito da un mezzo convenzionale da 600kN a due assi da 300 kN ognuno (carico tandem) posti ad un interasse di 1.20m lungo il senso di marcia e caratterizzati da una larghezza di 2.40m (comprese le dimensioni delle impronte)
- ✓ il carico ripartito  $q_{1,k}$  da 9kN/m<sup>2</sup>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## STATO LIMITE ULTIMO

Lunghezza mensola=	4,75	m
Pressione alla base=	60,182	kN/m <sup>2</sup>
Pressione alla sommità=	51,793	kN/m <sup>2</sup>
Momento alla base=	615,836	kNm/m
Taglio alla base=	265,941	kN/m
Sforzo normale alla base=	118,750	kN/m

## STATI LIMITE DI ESERCIZIO (RARA)

Lunghezza mensola=	4,75	m
Pressione alla base=	44,580	kN/m <sup>2</sup>
Pressione alla sommità=	38,365	kN/m <sup>2</sup>
Momento alla base=	456,175	kNm/m
Taglio alla base=	196,993	kN/m
Sforzo normale alla base=	118,750	kN/m

## STATI LIMITE DI ESERCIZIO (FR)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Pressione alla base=	42,10	kN/m <sup>2</sup>
Pressione alla sommità=	28,77	kN/m <sup>2</sup>
Momento alla base=	374,71	kNm/m
Taglio alla base=	168,32	kN/m
Sforzo normale alla base=	118,75	kN/m

## STATI LIMITE DI ESERCIZIO (QP)

palla <sub>base</sub> =	34,66	kN/m <sup>2</sup>
p <sub>in sommità</sub> =	0,00	kN/m <sup>2</sup>
Momento alla base=	130,32	kNm/m
Taglio alla base=	82,31	kN/m
Sforzo normale alla base=	118,75	kN/m

## CONDIZIONI SISMICHE

·Inerzia (risvolti)

$$M=(\gamma_{cls} \times l_r \times s_r \times a_g/g \times S \times \gamma_i) \times l_r/2= 175,82 \text{ kNm/m}$$

$$T=(\gamma_{cls} \times l_r \times s_r \times a_g/g \times S \times \gamma_i)= 53,48 \text{ kN/m}$$

·Spinta terre

$$p_{tr}=\gamma \times y_b \times k= 21,48 \text{ kN/m}^2$$

$$M= p_{tr} \times l_r^2/2= 80,77 \text{ kNm/m}$$

$$T= p_{tr} \times l_r 51,01 \text{ kN/m}$$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

·Incremento spinta dovuto al sisma

$$M = (S \times a_g/g \times \gamma \times (h_r + h_o) \times \gamma_l) \times l_r^2 / 2 \quad 114,03 \text{ kNm/m}$$

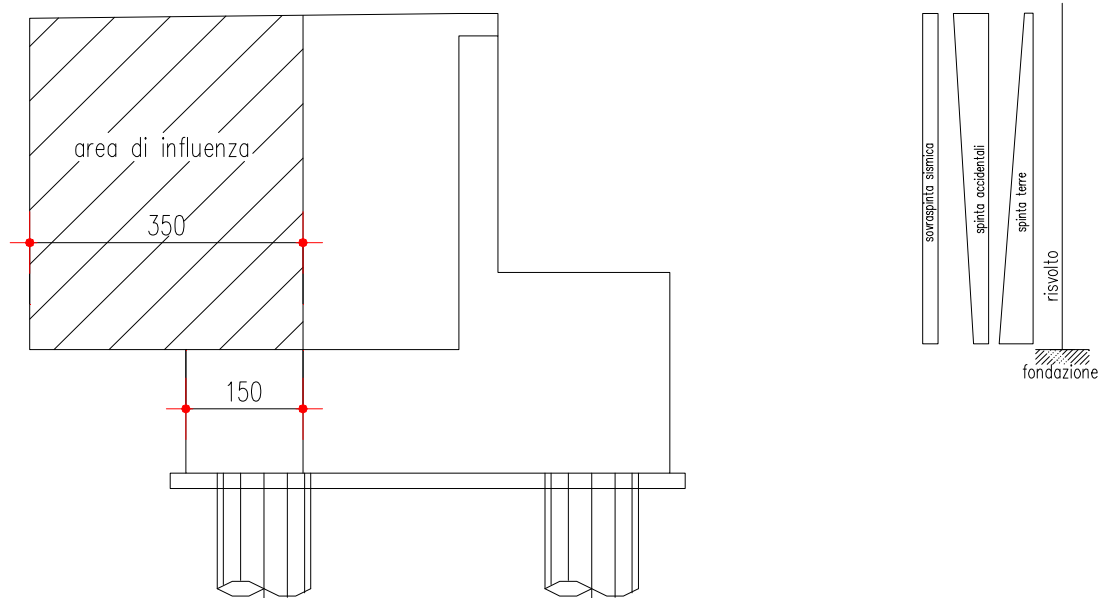
$$T = (S \times a_g/g \times \gamma \times (h_r + h_o) \times \gamma_l) \times l_r = \quad 48,01 \text{ kN/m}$$

	$M_{\text{tot}}$ (kNm/m)	$T_{\text{tot}}$ (kN/m)
Risultante muro sotto sisma	<b>370,62</b>	<b>152,50</b>
Risultante muro sopra sisma	<b>-9,36</b>	<b>7,38</b>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.7.3.2 Calcolo nello schema di mensola verticale incastrata alla fondazione (sezione a filo orecchia )

Come già detto la sezione resistente su cui viene eseguita la verifica ha una larghezza  $b=1.5m$ .



Le sollecitazioni generate dalle azioni agenti sul risvolto sono:

STATO LIMITE ULTIMO

lunghezza orecchia=	2.00	m
Momento alla base=	2155,427	kNm/m

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Taglio alla base=	930,794	kN/m
Sforzo normale alla base=	415,625	kN/m

## STATI LIMITE DI ESERCIZIO (RARA)

lunghezza orecchia=	2,00	m
Momento alla base=	1596,612	kNm/m
Taglio alla base=	689,477	kN/m
Sforzo normale alla base=	415,625	kN/m

## STATI LIMITE DI ESERCIZIO (FR)

Momento alla base=	1311,490	kNm/m
Taglio=	689,477	kN/m
Sforzo normale alla base=	415,625	kN/m

## STATI LIMITE DI ESERCIZIO (QP)

Momento alla base=	456,124	kNm/m
Taglio=	288,08	kN/m
Sforzo normale alla base=	415,625	kN/m

## CONDIZIONE SISMICA

M	N	T
(kNm/m)	(kN/m)	(kN/m)

PROGETTISTA

 **PIACENTINI  
INGEGNERI**  
via Ostiense 14 40133 CASALECCHIO DI RENO (BO)



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

1073,41	415,625	465,70
---------	---------	--------

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.7.3.3 Calcolo nello schema di mensola orizzontale (risvolto-paraghiaia)

I risultati del calcolo effettuato con il modello "A" con modellazione FEM, vengono riportati in sintesi tramite mappe di colore, per esteso nell'allegato "CD".

Le sollecitazioni sono state calcolate per le seguenti combinazioni di carico:

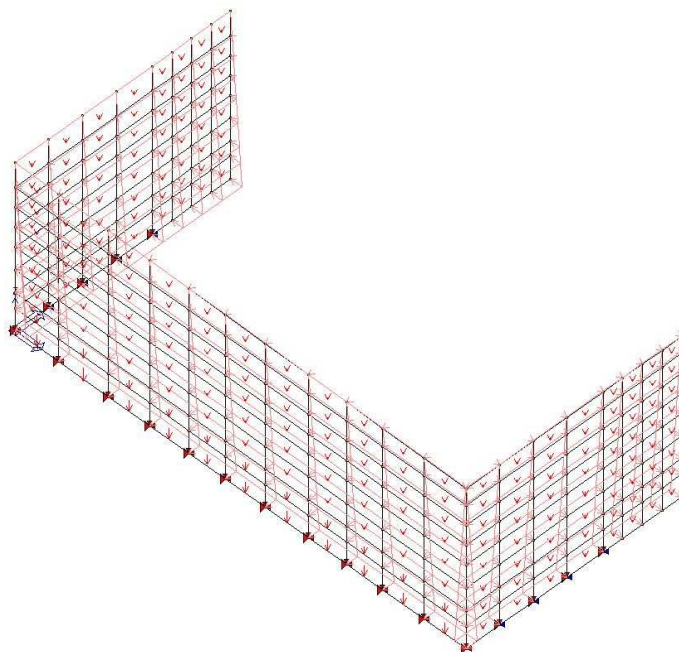
- Stato limite Ultimo;
- Stato limite di Esercizio;
- Condizione Sismica

I carichi applicati al modello di calcolo, sono rappresentati dalle azioni agenti sui muri di risvolto ed il complesso fusto/paraghiaia, per le varie combinazioni di carico che, di seguito sono riassunti:

dove

pa = pressione alla sommità

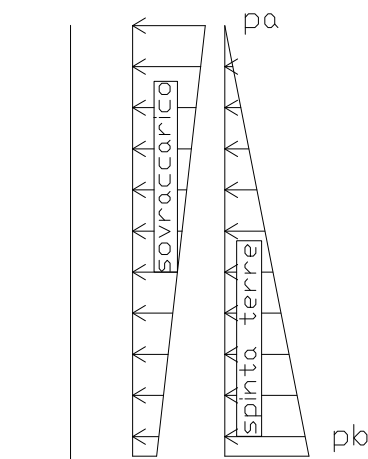
pb = pressione alla base



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

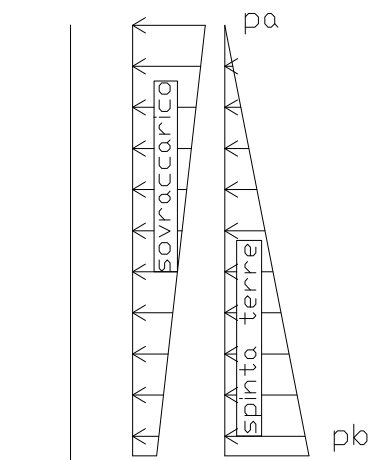
## STATO LIMITE ULTIMO



$$P_{a-SLU} = 51,79 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{b-SLU} = 60,18 \text{ kN/m}^2$$

## STATO LIMITE DI ESERCIZIO



$$P_{a-RAR} = 38,37 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{b-RAR} = 44,58 \text{ kN/m}^2$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

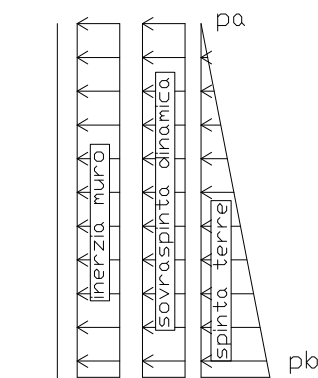
$$P_{a\_FR} = 28,77 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{b\_FR} = 42,10 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{a\_QP} = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{b\_QP} = 34,66 \text{ kN/m}^2$$

### CONDIZIONE SISMICA



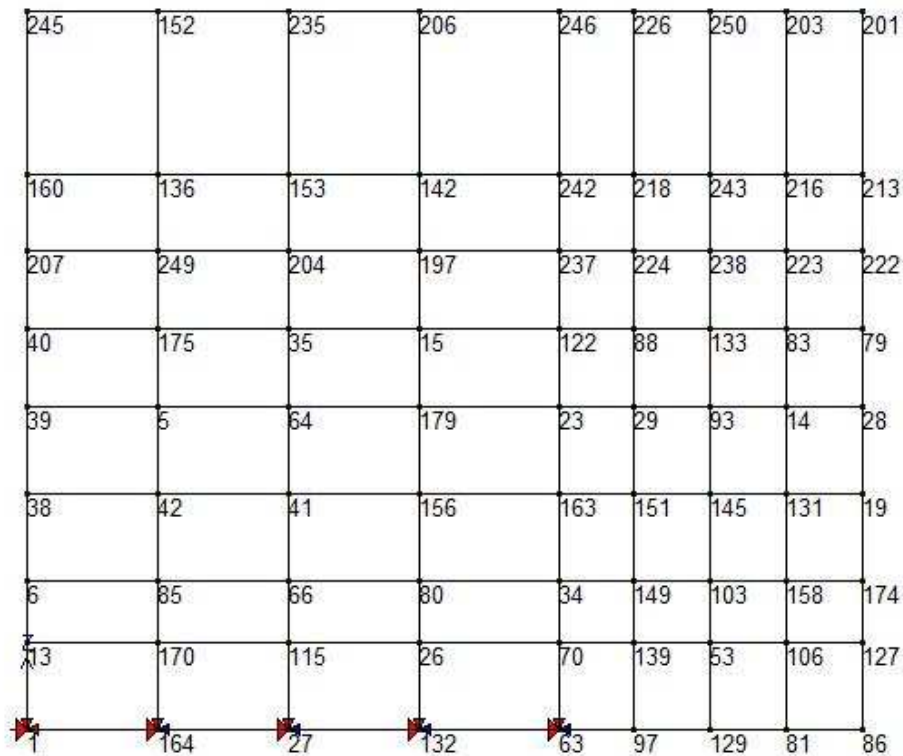
$$P_{a\_SIS} = 11,26 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{b\_SIS} = 42,85 \text{ kN/m}^2$$

Le immagini sono state selezionate dal modello generale, in modo da inquadrare le parti in osservazione per una più immediata lettura delle sollecitazioni.

A tal proposito si riporta un estratto del risolto dimensionante con la sua numerazione dei nodi, che trova riscontro ovviamente, nella modellazione generale fatta per il modello "A".

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA





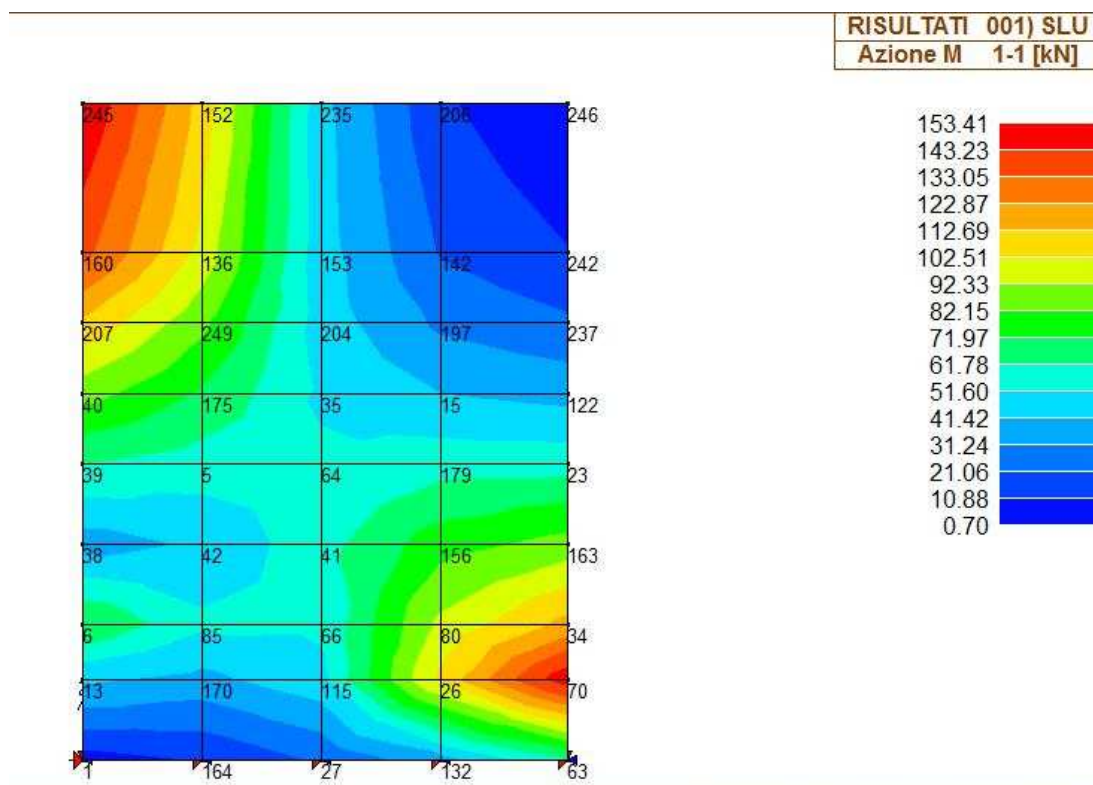
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.7.3.3.1 Attacco risolto-paraghiaia

#### STATO LIMITE ULTIMO

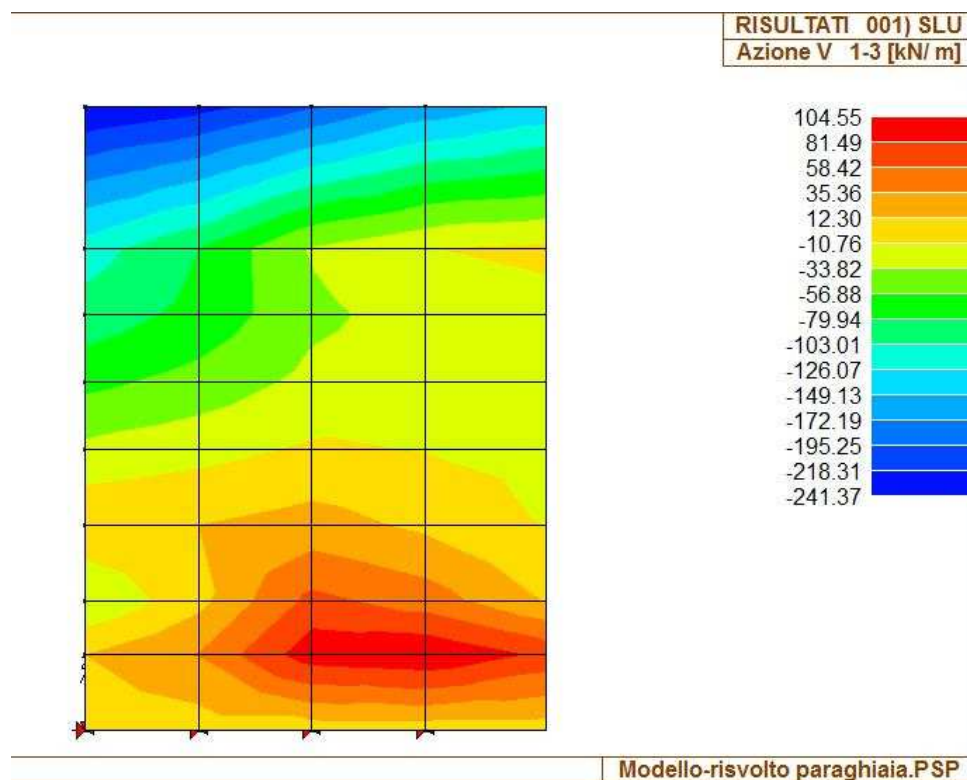
- Sollecitazione flessionale



$M_{SLU}=153.41\text{kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- Sollecitazione di taglio

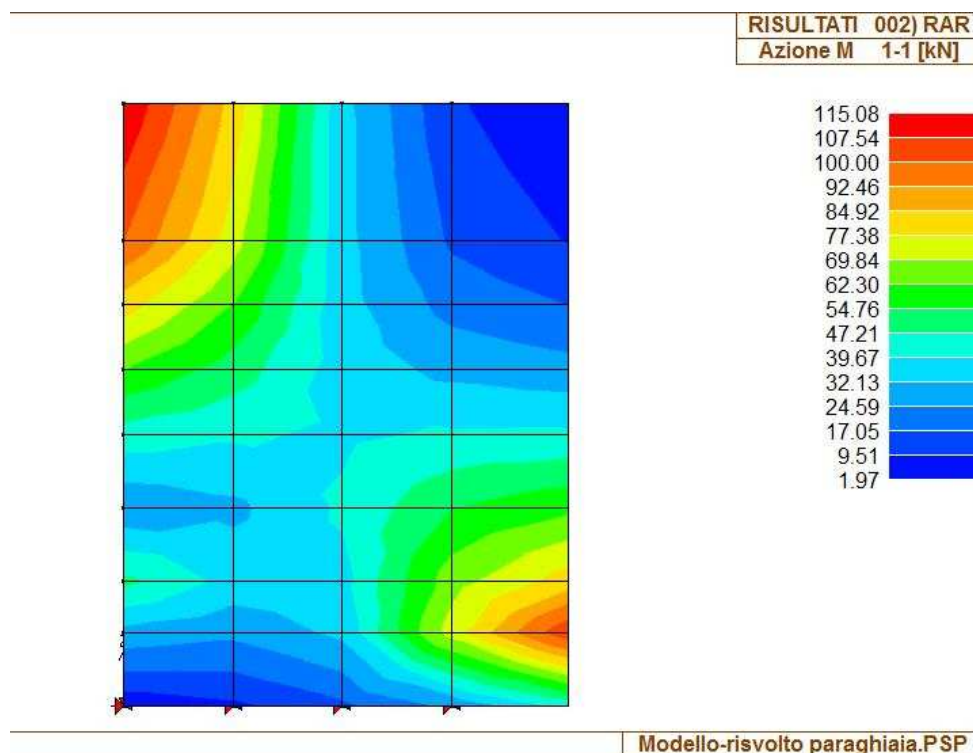


$T_{SLU}=180\text{kN/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### STATO LIMITE DI ESERCIZIO (RARA)

- Sollecitazione flessionale



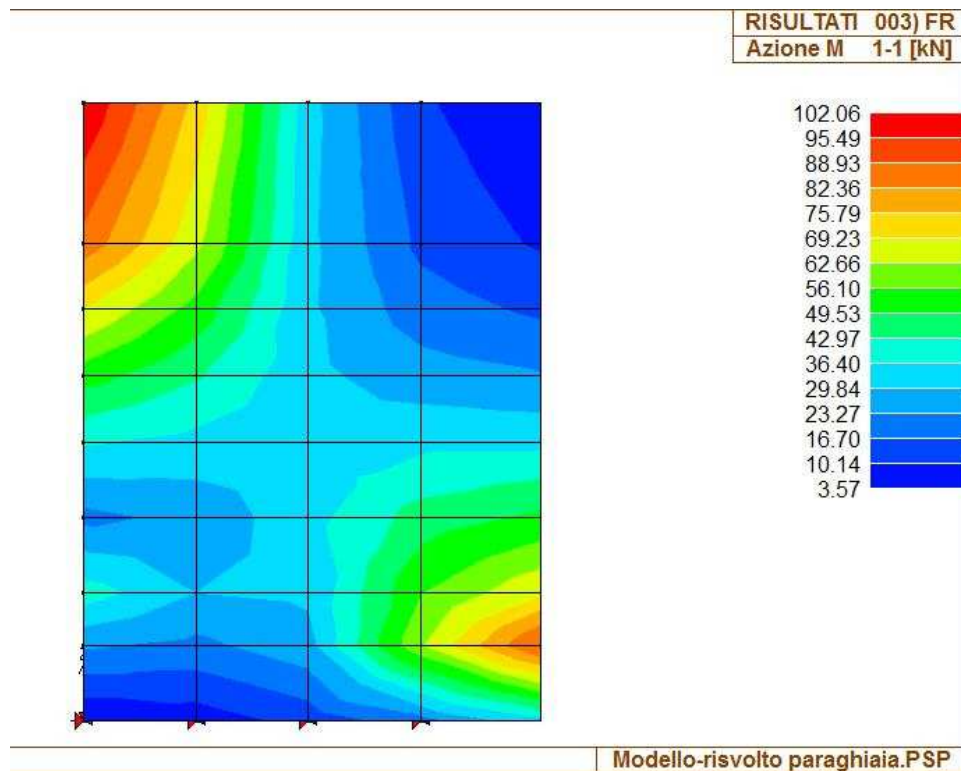
$M_{SLE}=115\text{kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### STATO LIMITE DI ESERCIZIO (FR)

- Sollecitazione flessionale



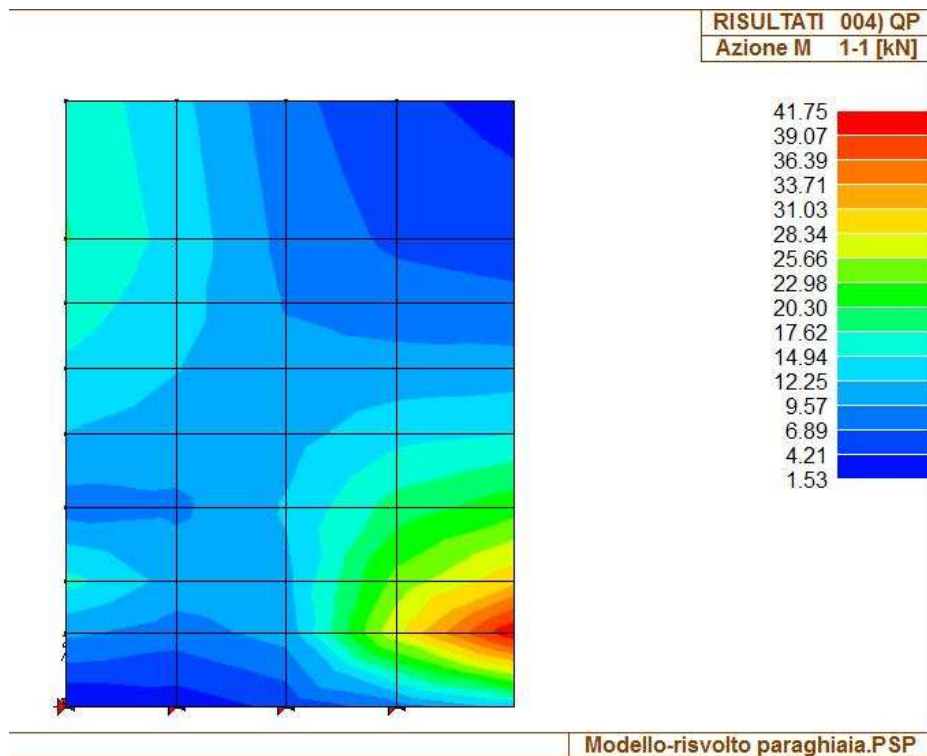
$M_{SLE}=102\text{kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### STATO LIMITE DI ESERCIZIO (QP)

- Sollecitazione flessionale

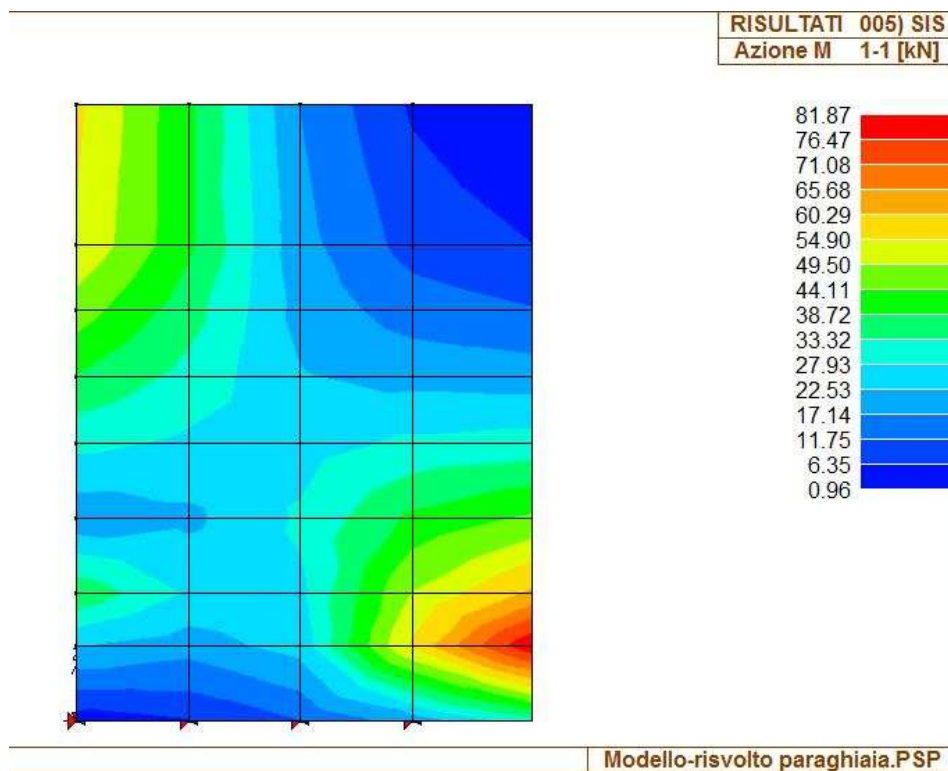


$M_{SLE}=15\text{kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## CONDIZIONE SISMICA

- Sollecitazione flessionale

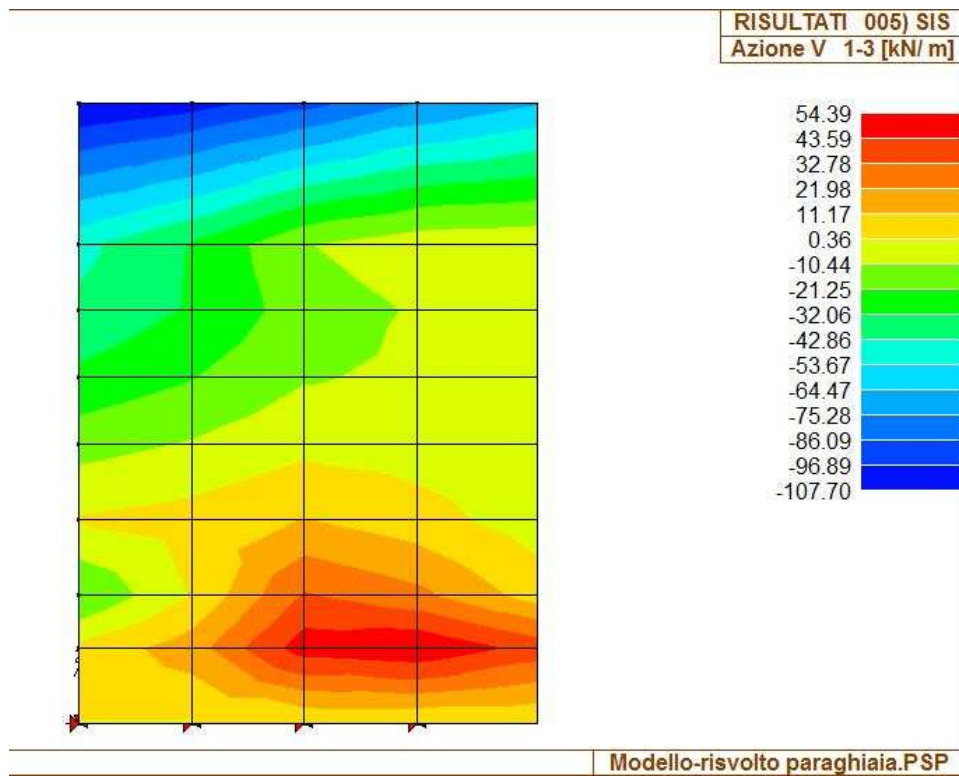


$M_{SIS}=55\text{kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- Sollecitazione di taglio



$T_{SIS}=107.70\text{kN/m}$

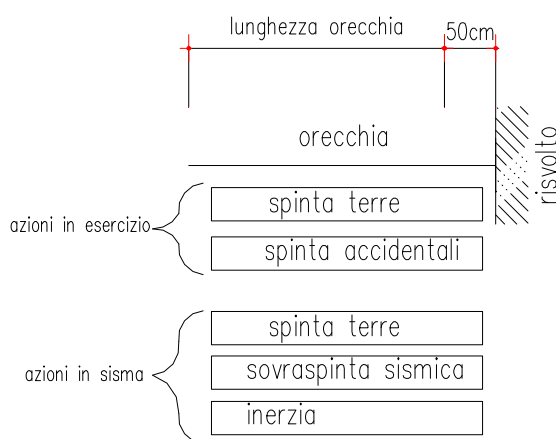
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

#### 7.7.3.4 Orecchia

Le orecchie risultano incastrate ai muri di risvolto; lo schema statico assunto per il calcolo delle sollecitazioni è quello di mensola orizzontale soggetta alle azioni trasmesse dal terreno.

A favore di sicurezza, si assume per il calcolo della mensola, la pressione alla base dell'orecchia.



Ipotizzando che il carico orizzontale trasmesso dall'orecchia al risvolto sia assorbito dal primo metro di quest'ultimo, si assume come lunghezza di calcolo teorica della mensola la sua dimensione incrementata di 50cm.

altezza dell'orecchia=	4,750	m
Lunghezza della mensola =	2,000	m

Le sollecitazioni sono ricavate con le seguenti espressioni:

$$M = q \cdot l^2 / 2 \quad (\text{kNm/m})$$

$$T = q \cdot l \quad (\text{kN/m})$$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## STATO LIMITE DI ESERCIZIO (RARA)

Pressione alla base=	58,800	kN/m <sup>2</sup>
Momento =	183,751	kNm/m
Taglio =	117,601	kN/m

## STATO LIMITE ULTIMO

Pressione alla base=	79,380	kN/m <sup>2</sup>
Momento =	248,064	kNm/m
Taglio =	158,761	kN/m

## STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

CONDIZIONI DI FESSURAZIONE FR ( $\Psi_1=0.75$ )		
Pressione alla base=	52,764	kN/m <sup>2</sup>
Momento =	164,888	kNm/m
Taglio =	105,528	kN/m
CONDIZIONI DI FESSURAZIONE QP ( $\Psi_2=0.00$ )		
Pressione alla base=	34,656	kN/m <sup>2</sup>
Momento =	108,300	kNm/m
Taglio =	69,312	kN/m

## CONDIZIONE SISMICA

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Dati geometrici			M (kNm/m)	N (kN/m)	T (kN/m)
$h_0$	4,75	m			
$L_0$	2,00	m			
$S_0$	1,00	m			
$p = g_{cls} \times l_0 \times s_0 \times a_{g/g} \times S \times g_l + 0,5 \times (K - k_a) \times g_t \times h_0 \times g_i + g \times h_0 \times k =$	45,99	$kN/m^2$	(pressione alla base)		
$M = p \times (l_0 + 0,50)^2 / 2$	143,70	$kN/m$			
$T = p \times l_0$	91,97	$kN/m$			
totale			143,70		91,97

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

#### 7.7.4 Paraghiaia

Il calcolo delle sollecitazioni viene istituito con riferimento alla condizione di massimo sovraccarico sul rilevato e con azione frenante concentrata sulla sommità del paraghiaia. Si considera che agisca direttamente sul paraghiaia l'azione frenante data da un'asse da 30 t costituenti il Q1k, ripartita su una larghezza pari all'ingombro delle ruote del Q1k aumentata della quantità derivante da una ripartizione a 45° sull'altezza del paraghiaia.

Come azioni variabili da traffico gravante sul rilevato si assume lo schema di carico 1. Lo schema 1 prevede:

- ✓ il carico  $Q_{1,k}$  costituito da un mezzo convenzionale da 600kN a due assi da 300 kN ognuno (carico tandem) posti ad un interasse di 1.20m lungo il senso di marcia e caratterizzati da una larghezza di 2.40m (comprese le dimensioni delle impronte)
- ✓ il carico ripartito  $q_{1,k}$  da 9kN/m<sup>2</sup>

Si esamina la sezione d'incastro nel fusto ed inoltre la sezione di incastro col risvolto, essendo questa in regime di tenso-flessione.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

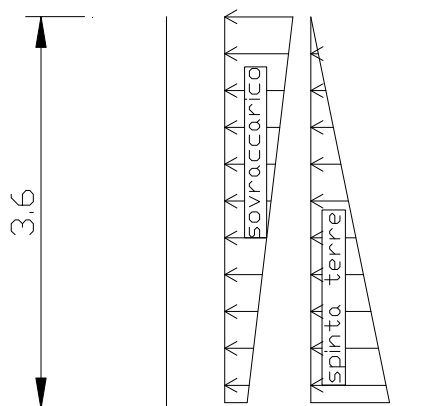
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

#### 7.7.4.1 Sezione d'incastro sul fusto

Le sollecitazioni alla base del paraghiaia, si ricavano con un semplice schema statico di mensola verticale incastrata nel fusto.

A favore di sicurezza si assume la massima latezza del paraghiaia

Lo schema di calcolo a mensola verticale ed i carichi applicati è il seguente:



Le sollecitazioni sono ricavate con le seguenti espressioni:

$$M = p_{\text{terre}} \cdot l^2 / 6 + (p_{\text{sovr, max}} - p_{\text{sovr, min}}) \cdot l^2 / 3 + p_{\text{sovr, min}} \cdot l^2 / 2 \quad (\text{kNm/m})$$

$$T = p_{\text{terre}} \cdot l / 2 + (p_{\text{sovr, max}} - p_{\text{sovr, min}}) \cdot l / 2 + p_{\text{sovr, min}} \cdot l \quad (\text{kN/m})$$

#### STATO LIMITE DI ESERCIZIO (RARA)

Altezza massima di calcolo paraghiaia h=	3,6	m
$p_a =$	38,37	kN/m <sup>2</sup>
$p_b =$	12,65	kN/m <sup>2</sup>
$M =$	317,28	kNm/m
$T =$	157,85	kN/m

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

N=	45,00	kN/m
----	-------	------

## STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

CONDIZIONI DI FESSURAZIONE FR ( $\Psi_1=0,75$ )		
M=	252,15	kNm/m
T=	64,36	kN/m
N=	45,00	kN/m
CONDIZIONI DI FESSURAZIONE QP ( $\Psi_2=0,00$ )		
M=	56,73	kNm/m
T=	47,28	kN/m
N=	45,00	kN/m

## STATO LIMITE ULTIMO

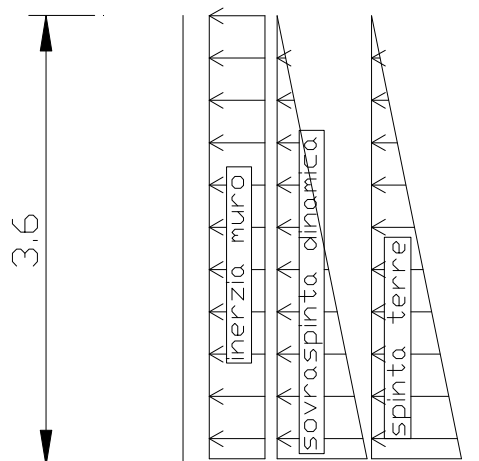
$p_a=$	51,79	kN/m <sup>2</sup>
$p_b=$	17,07	kN/m <sup>2</sup>
M=	405,55	kNm/m
T=	206,77	kN/m
N=	45,00	kN/m

## CONDIZIONE SISMICA

Le sollecitazioni agenti alla base del paraghiaia dovute ai vari contributi, sono di seguito esplicitate, viene inoltre riportato lo schema di calcolo ed i carichi applicati alla struttura:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



#### ·Inerzia

$$M = ((\gamma_{cls} \times h_p \times s_p \times L_p \times a_g / g \times S \times \gamma_i) \times h_p / 2) / (L_p - s_r \times 2) = 25,37 \text{ kNm/m}$$

$$N = \gamma_{cls} \times s_p \times h_p = 43,75 \text{ kN/m}$$

$$T = (\gamma_{cls} \times h_p \times s_p \times L_p \times a_g / g \times S \times \gamma_i) / (L_p - s_r \times 2) = 14,50 \text{ kN/m}$$

#### ·Spinta terre

$$p_{tp} = (\gamma \times h_p \times k) = 15,83 \text{ kN/m}^2$$

$$M = (\gamma \times h_p \times k \times h_p^2) / 6 = 32,31 \text{ kNm/m}$$

$$T = p_{tp} \times h_p / 2 = 27,70 \text{ kN/m}$$

#### ·Incremento spinta dovuto al sisma

$$M = 1/2 \times k \times \gamma \times (h_{fust} + h_p)^2 \times h_p / (h_{fust} + h_p) \times h_p / 2 = 58,65 \text{ kNm/m}$$

$$T = 1/2 \times k \times \gamma \times (h_{fust} + h_p)^2 \times h_p / (h_{fust} + h_p) = 33,52 \text{ kN/m}$$

	MI (kNm/m)	N (kN/m)	HI (kN/m)
Risultante	116,34	43,75	75,71

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

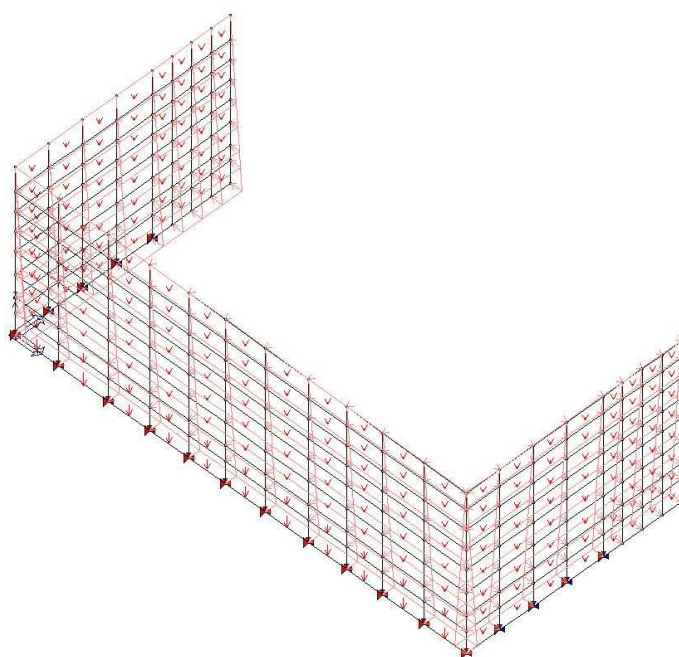
#### 7.7.4.2 Sezione verticale d'incastro con il risvolto

I risultati del calcolo effettuato con il modello "A" con modellazione FEM, vengono riportati in sintesi tramite mappe di colore, per esteso nell'allegato "CD".

Le sollecitazioni sono state calcolate per le seguenti combinazioni di carico:

- Stato limite Ultimo;
- Stato limite di Esercizio;
- Condizione Sismica

I carichi applicati al modello di calcolo, sono rappresentati dalle azioni agenti sui muri di risvolto ed il complesso fusto/paraghiaia, per le varie combinazioni di carico, così come già riportato al paragrafo *"calcolo nello schema di mensola orizzontale (risvolto-paraghiaia)"*

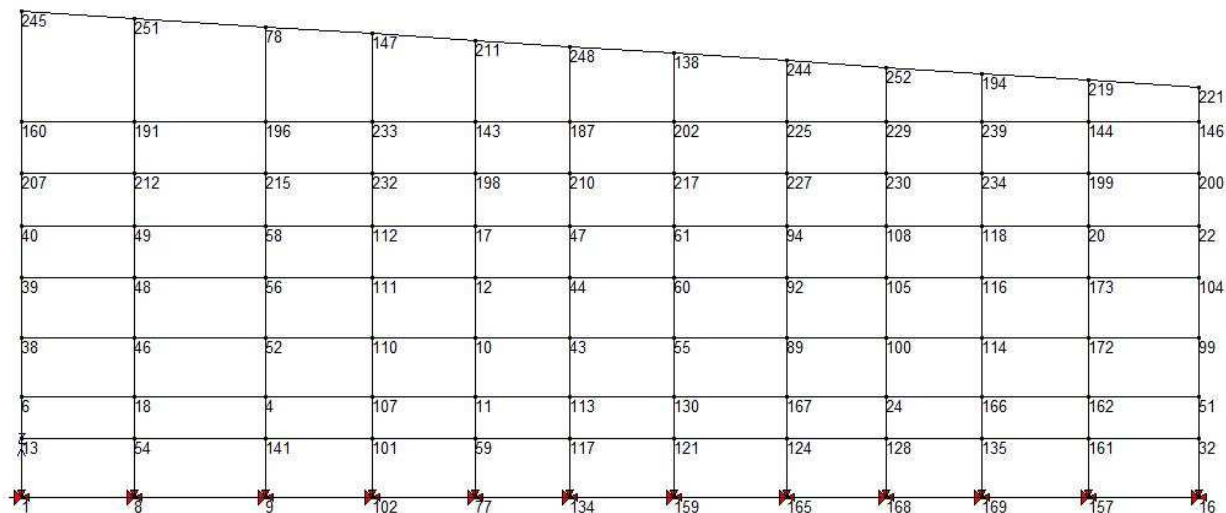


Le immagini sono state selezionate dal modello generale, in modo da inquadrare le parti in osservazione per una più immediata lettura delle sollecitazioni.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

A tal proposito si riporta un estratto del risolto dimensionante con la sua numerazione dei nodi, che trova riscontro ovviamente, nella modellazione generale fatta per il modello "A".





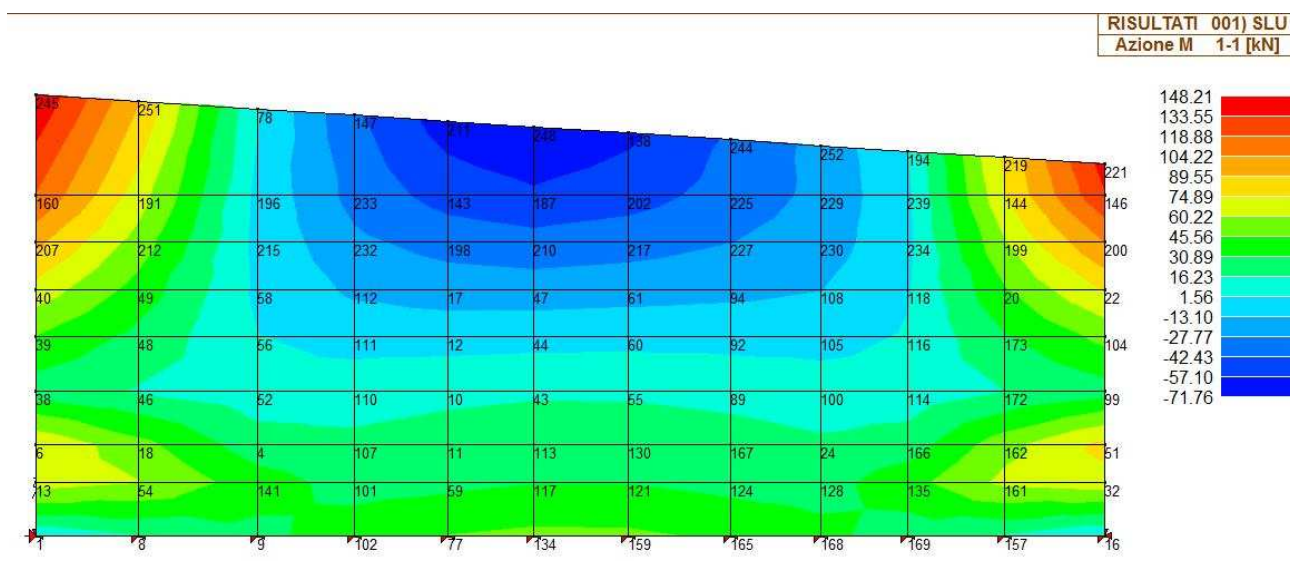
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

I risultati del calcolo effettuato con il modello "A", vengono riportati in sintesi tramite mappe di colore.

### STATO LIMITE ULTIMO

- Sollecitazione flessionale



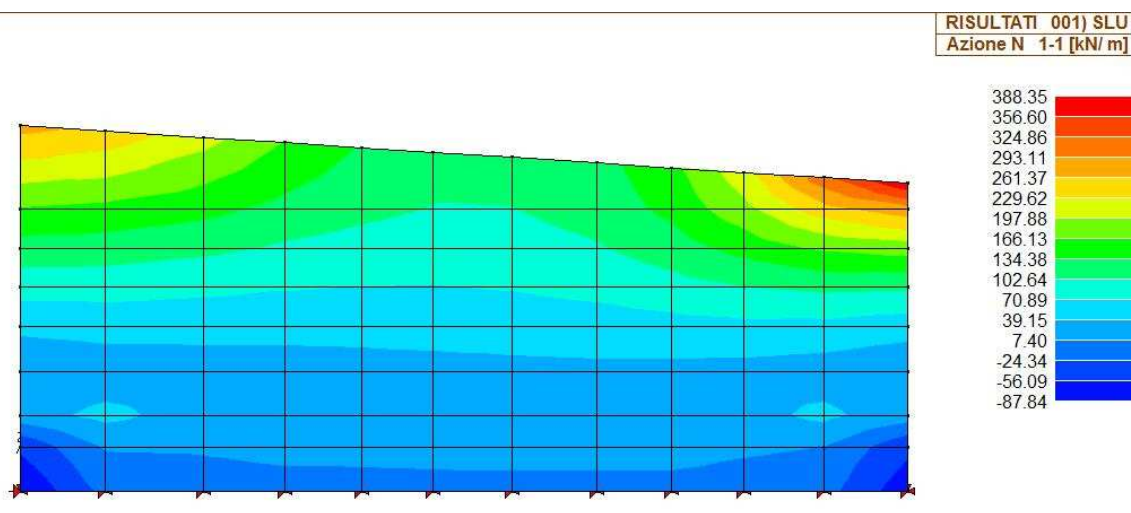
$M_{SLU}=148.21\text{kNm/m}$

$M_{SLU}=-71.76\text{kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- Sollecitazione di sforzo normale (trazione)

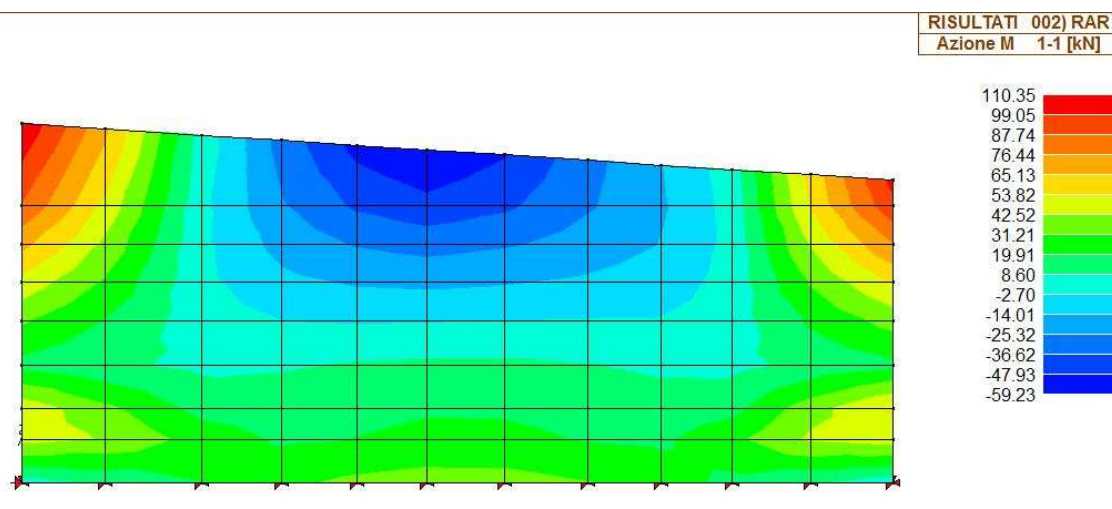


$N_{\text{SLU-attacco,med}} = +285 \text{ kN/m}$

$N_{\text{SLU-mezzeria,med}} = +102 \text{ kN/m}$

### STATO LIMITE DI ESERCIZIO (RARA)

- Sollecitazione flessionale



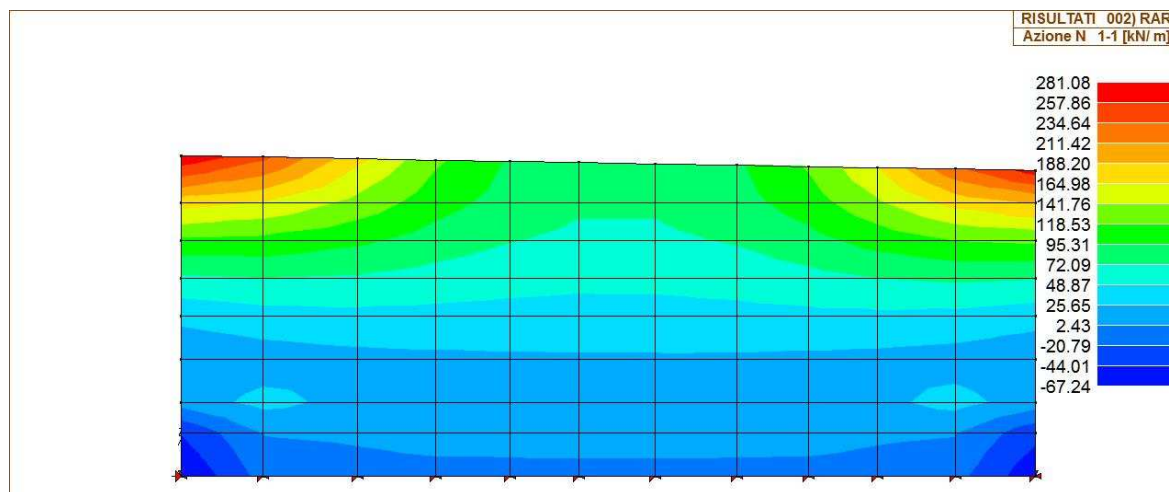
$M_{\text{SLE}} = 110.35 \text{ kNm/m}$

$M_{\text{SLE}} = -59.23 \text{ kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- Sollecitazione di sforzo normale (trazione)

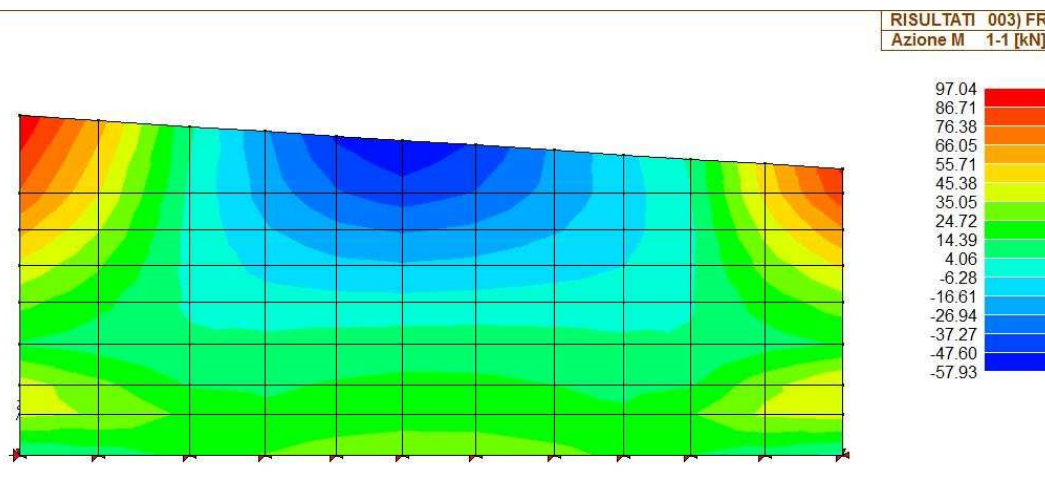


$N_{SLE-attacco,med}=+200\text{kN/m}$

$N_{SLE-mezzeria,med}=+95\text{kN/m}$

### STATO LIMITE DI ESERCIZIO (FR)

- Sollecitazione flessionale

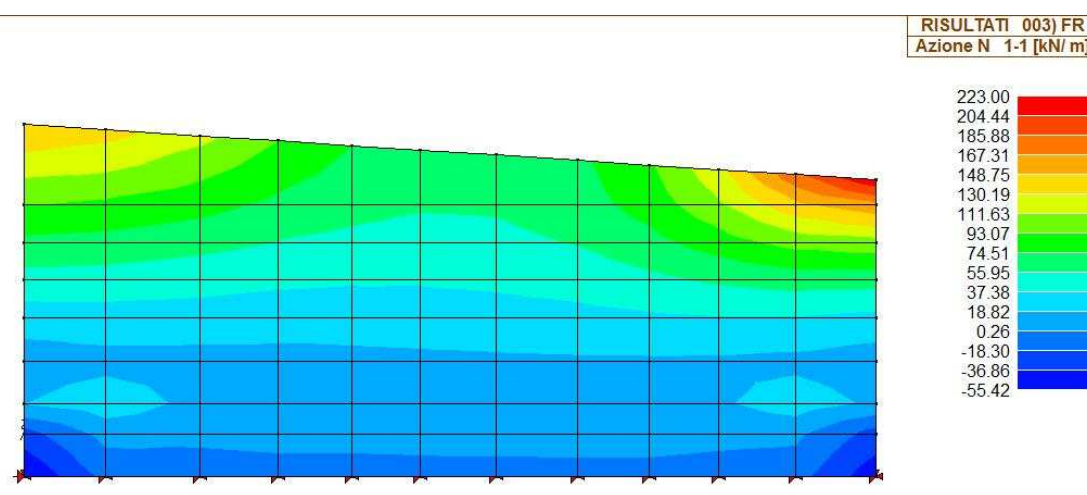


$M_{FR}=97.04\text{kNm/m}$

$M_{FR}=-57.93\text{kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- Sollecitazione di sforzo normale (trazione)

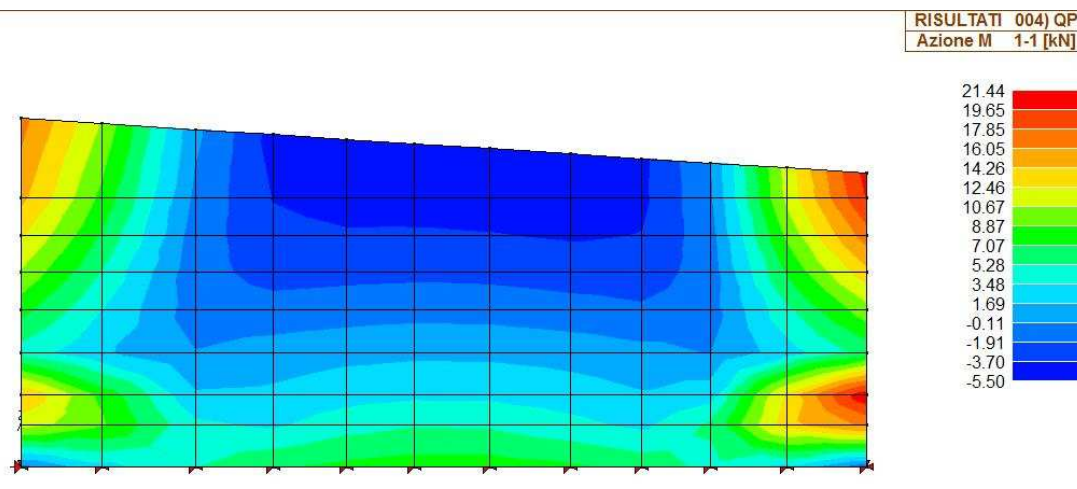


$N_{FR-attacco,med} = +165 \text{ kN/m}$

$N_{FR-mezzeria,med} = +75 \text{ kN/m}$

### STATO LIMITE DI ESERCIZIO (QP)

- Sollecitazione flessionale



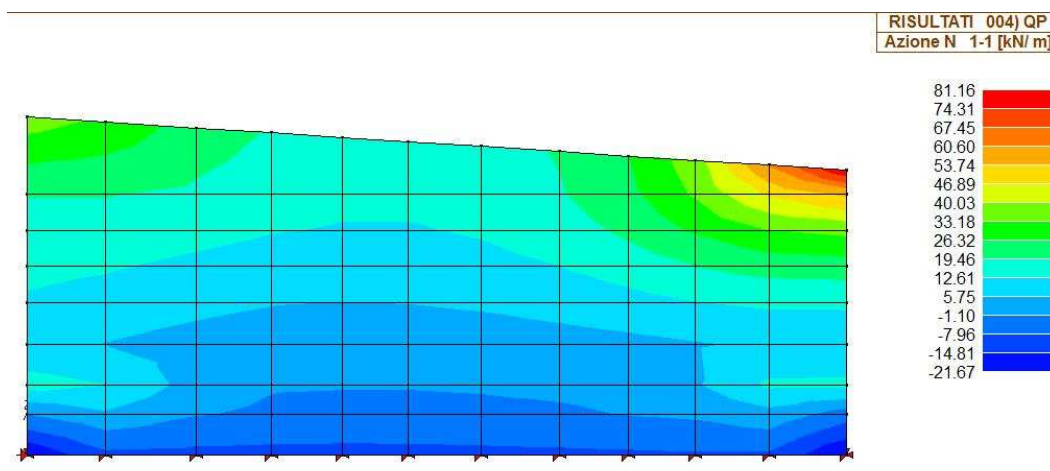
$M_{QP} = 21.44 \text{ kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$M_{QP} = -5.70 \text{ kNm/m}$

- Sollecitazione di sforzo normale (trazione)

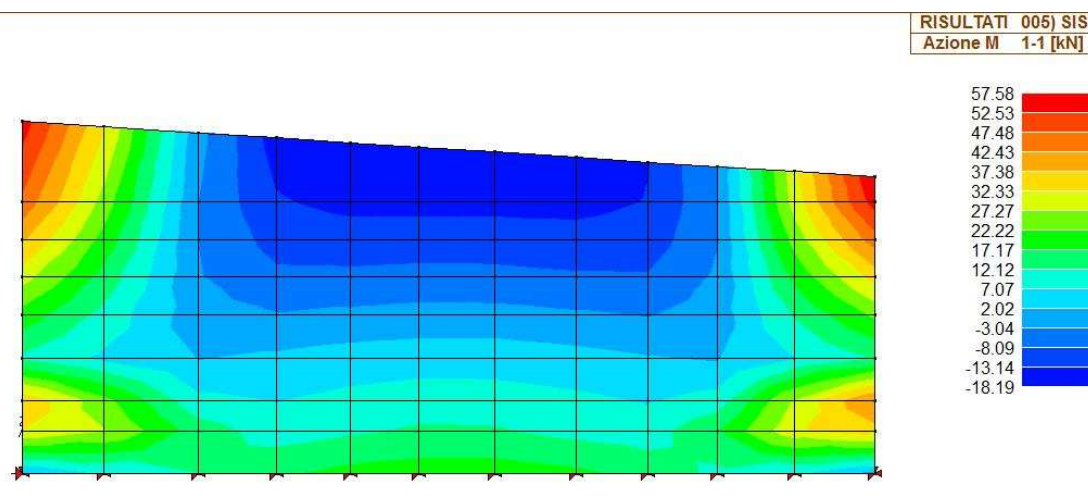


$N_{QP-attacco,med} = +58 \text{ kN/m}$

$N_{QP-mezzeria,med} = +15 \text{ kN/m}$

### CONDIZIONE SISMICA

- Sollecitazione flessionale



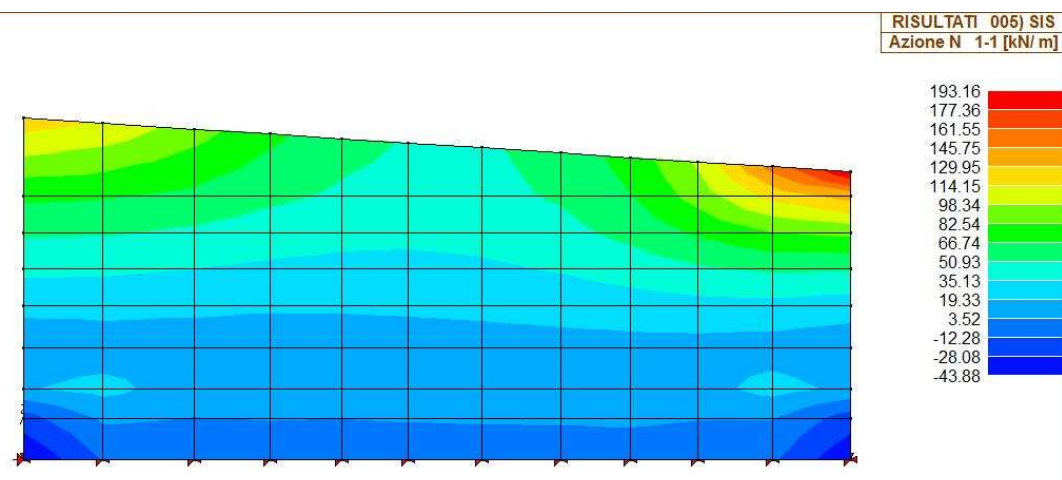
$M_{SIS} = 57.58 \text{ kNm/m}$

$M_{SIS} = -18.19 \text{ kNm/m}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- Sollecitazione di sforzo normale (trazione)



$N_{SIS-attacco,med}=+240\text{kN/m}$

$N_{SIS-mezzeria,med}=+45\text{kN/m}$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.7.1 Baggioli

La verifica dei baggioli viene effettuata considerando l'elemento sollecitato con le azioni provenienti dai dispositivi di appoggio in condizione sismica, in quanto dimensionante.

Si tratta di una struttura tozza, nella quale, come è noto, si formano flussi di tensione di compressione nel calcestruzzo e flussi di tensioni di trazione nelle barre di armatura.

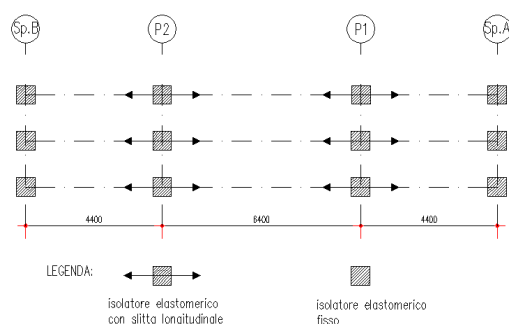
Il dimensionamento delle armature viene effettuato nell'ipotesi che il baggiolo si comporti come un corpo rigido, la cui rottura avviene con formazione di una superficie di scorrimento orizzontale tra baggiolo ed estradosso spalla. Si ipotizza quindi che il meccanismo resistente del baggiolo sia costituito da bielle di calcestruzzo inclinate a  $45^\circ$  diffuse sulla superficie di scorrimento baggiolo-estradosso spalla. Si procede quindi al dimensionamento delle armature verticali che, conseguentemente alla formazione del meccanismo descritto, devono assorbire una azione pari al carico orizzontale trasmesso dall'appoggio.

L'azione trasmessa dalle zanche di ancoraggio dell'apparecchio di appoggio viene riportata al nucleo del corpo rigido mediante predisposizione di apposita armatura di appensione, costituita da staffe orizzontali, disposte in maniera opportuna a seconda della direzione di trasmissione dell'azione.

Nelle verifiche che si riportano in seguito si trascura, in maniera conservativa, l'azione verticale trasmessa dall'apparecchio di appoggio.

#### 7.7.1.1 Riepilogo delle sollecitazioni trasmesse dagli apparecchi di appoggio

Si riportano di seguito per ciascuna tipologia di appoggio il riepilogo delle sollecitazioni massime trasmesse dagli apparecchi di appoggio. Per l'appoggio di tipo fisso e l'appoggio unidirezionale accoppiato con shock transmitter si riportano, con le azioni massime longitudinali, le azioni trasversali concomitanti e viceversa.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- Appoggio fisso:

$$H_{l,max} = 858 \text{ kN} \qquad H_t = 140 \text{ kN}$$

#### 7.7.1.2 Verifica dell'armatura verticale

A favore di sicurezza, la verifica viene eseguita trascurando l'effetto stabilizzante prodotto del carico assiale trasmesso dal dispositivo. Il dimensionamento delle armature verticali, conseguentemente alla formazione del meccanismo descritto sopra, viene effettuato ipotizzando che tali armature debbano assorbire una azione di trazione pari al carico orizzontale trasmesso dall'appoggio. L'azione di calcolo risulta pari a:

$$H = (H_{l,max}^2 + H_{t,max}^2)^{1/2}$$

Si assume il seguente valore, lievemente arrotondato a favore di sicurezza rispetto al valore H effettivo:

$$H = 900 \text{ kN}$$

$$A_{s,min} = \frac{H}{f_{yd}} = \frac{900 \cdot 10^3}{391.3} = 23 \text{ cm}^2$$

Si dispone un'armatura costituita da n°18  $\phi 16$  a due bracci per un'area totale pari a 72.36  $\text{cm}^2$ .

La tensione agente nelle barre risulta:

$$\sigma_{Ed} = \frac{H_{Ed}}{A_s} = \frac{900 \cdot 10^3}{7236} = 124.37 \text{ N/mm}^2 \text{ che risulta minore di } f_{yd} \text{ pertanto la verifica è soddisfatta.}$$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 7.7.1.3 Verifica dell'armatura di appensione

#### 7.7.1.3.1 Direzione longitudinale

Si assume come valore di calcolo della azione trasversale  $H_{t,max}=900$  kN.

Ciascun elemento di ancoraggio trasmette al baggiolo una azione pari a:

$$H_z = \frac{H_{t,max}}{n_z} = \frac{900}{4} = 225 \text{ kN},$$

dove con  $n_z$  si indica il numero di zanche di cui è dotato il dispositivo di appoggio.

L'armatura minima necessaria ad assorbire l'azione trasmessa dalla zanca di ancoraggio risulta:

$$A_{sw,min} = \frac{H_z}{f_{yd}} = \frac{225 \cdot 10^3}{391.3} = 5.75 \text{ cm}^2$$

L'armatura di appensione è costituita da 3 $\phi$ 14 (due bracci) per un'area totale pari a 9.24 cm<sup>2</sup>.

$\sigma_{Ed} = \frac{H_z}{A_{sw}} = \frac{225 \cdot 10^3}{924} = 243 \text{ N/mm}^2$  che risulta minore di  $f_{yd}$  pertanto la verifica è soddisfatta.

#### 7.7.1.3.2 Direzione trasversale

La verifica in direzione longitudinale è superflua in quanto la sollecitazione è inferiore e la quantità di armatura di appensione disposta è uguale nelle due direzioni.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.

569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

**7.7.2 Pali di fondazione**

Dall'analisi delle sollecitazioni sulla palificata nelle diverse combinazioni di carico (paragrafo 7.5.5) effettuata mediante il programma di calcolo GROUP, si riassumono nelle tabelle seguenti le sollecitazioni sui pali nelle combinazioni significative al fine delle verifiche.

Combinazione di carico	dati da inserire in group					spostamenti palificata			palo con Nminimo e soli associate				palo con Nmassimo e soli associate				pali
	N (kN)	M (kNm)	Mx (kNm)	Ti (kN)	Tx (kN)	Dx	Dz	Dv	n palo	Nmin	T	M	n palo	Nmax	T	M	
RAR-gr1- I (V+, A+)	14129	8154	809	3071	176	6.7850E-04	5.5540E-03	-2.8870E-04	5	495.000	292.500	984.897	6	2330.000	353.560	1132.008	6
RAR-gr1- IIa (V+, A+)	16800	16014	5307	3798	137	8.1200E-04	7.1002E-03	-2.6350E-04	5	147.000	362.244	1190.777	6	3180.000	437.275	1380.831	6
RAR-gr1- IIb (V+, A+)	16800	13760	5307	3071	137	8.0920E-04	5.7710E-03	-2.6190E-04	5	375.000	292.303	958.974	6	2980.000	353.340	1111.042	6
RAR-gr1- IIc (V+, A+)	14129	12662	486	4525	105	6.8120E-04	8.2090E-03	-1.7230E-04	5	69.400	432.120	1450.459	6	2760.000	519.134	1660.487	6
RAR-gr2a- IIIa (V+, A+, F+)	16163	15321	4175	4007	137	7.7980E-04	7.4290E-03	-2.5290E-04	5	121.000	382.231	1260.779	6	3110.000	460.261	1460.825	6
RAR-gr2a- IIIb (V+, A+, F+)	16103	12777	4175	3227	137	7.7530E-04	5.9990E-03	-2.5290E-04	5	358.000	307.288	1010.967	6	2860.000	371.324	1171.034	6
RAR-gr2a- IIb (V+, A+, F+)	16133	13567	4175	3461	137	7.7730E-04	6.4290E-03	-2.5290E-04	5	287.000	330.268	1090.896	6	2940.000	398.302	1260.956	6
RAR-gr2a- IIb (V+, A+, F+)	16133	11149	4175	2681	137	7.7580E-04	5.0040E-03	-2.5290E-04	5	525.000	255.347	841.162	6	2700.000	309.389	973.244	6
RAR-gr2a- IIc (V+, A+, F+)	14129	12744	486	4552	105	6.8130E-04	8.2580E-03	-1.7230E-04	5	61.200	434.120	1460.456	6	2760.000	522.133	1670.484	6
RAR-gr2a- IIc (V+, A+, F+)	14129	10326	486	3772	105	6.7980E-04	6.7140E-03	-3.3280E-04	5	223.000	344.471	1141.620	6	3000.000	416.525	1321.720	6
RAR-gr2a- IIa (V+, A+, C)	16133	14049	4534	3617	185	7.7760E-04	6.7140E-03	-3.3280E-04	5	390.000	292.554	965.909	6	2830.000	354.616	1122.026	6
RAR-gr2a- IIb (V+, A+, C)	16133	12358	4534	3071	185	7.7650E-04	5.7170E-03	-3.3280E-04	5	390.000	292.554	965.909	6	2830.000	354.616	1122.026	6
Provv.	10829	2852	0	3595	0	5.1800E-04	6.2420E-03	3.0130E-19	1	364.000	343.000	1180.000	6	1800.000	412.000	1350.000	6
C Perm. (A+)	14129	5271	0	2141	0	6.7670E-04	3.8560E-03	-1.6070E-19	1	822.000	204.000	689.000	6	2000.000	246.000	790.000	6
RAR-GEO-gr1- I (V+, A+)	14129	8154	809	3071	176	6.7850E-04	5.5540E-03	-2.8870E-04	5	495.000	292.500	984.897	6	2330.000	353.560	1132.008	6
RAR-GEO-gr1- IIa (V+, A+)	16800	16014	5307	3798	137	8.1200E-04	7.1002E-03	-2.6350E-04	5	147.000	362.244	1190.777	6	3180.000	437.275	1380.831	6
RAR-GEO-gr1- IIb (V+, A+)	16800	13760	5307	3071	137	8.0920E-04	5.7710E-03	-2.6190E-04	5	375.000	292.303	958.974	6	2980.000	353.340	1111.042	6
RAR-GEO-gr1- IIc (V+, A+)	14129	12662	486	4525	105	6.8120E-04	8.2090E-03	-1.7230E-04	5	69.400	432.120	1450.459	6	2760.000	519.134	1660.487	6
RAR-GEO-gr2a- IIIa (V+, A+, F+)	16163	15321	4175	4007	137	7.7980E-04	7.4290E-03	-2.5290E-04	5	121.000	382.231	1260.779	6	3110.000	460.261	1460.825	6
RAR-GEO-gr2a- IIIb (V+, A+, F+)	16103	12777	4175	3227	137	7.7530E-04	5.9990E-03	-2.5290E-04	5	358.000	307.288	1010.967	6	2860.000	371.324	1171.034	6
RAR-GEO-gr2a- IIb (V+, A+, F+)	16133	13567	4175	3461	137	7.7730E-04	6.4290E-03	-2.5290E-04	5	287.000	330.268	1090.896	6	2940.000	398.302	1260.956	6
RAR-GEO-gr2a- IIb (V+, A+, F+)	16133	11149	4175	2681	137	7.7580E-04	5.0040E-03	-2.5290E-04	5	525.000	255.347	841.162	6	2700.000	309.389	973.244	6
RAR-GEO-gr2a- IIc (V+, A+, F+)	14129	12744	486	4552	105	6.8130E-04	8.2580E-03	-1.7230E-04	5	61.200	434.120	1460.456	6	2760.000	522.133	1670.484	6
RAR-GEO-gr2a- IIc (V+, A+, F+)	14129	10326	486	3772	105	6.7980E-04	6.7140E-03	-3.3280E-04	5	223.000	344.471	1141.620	6	3000.000	416.525	1321.720	6
RAR-GEO-gr2a- IIa (V+, A+, C)	16133	14049	4534	3617	185	7.7760E-04	6.7140E-03	-3.3280E-04	5	390.000	292.554	965.909	6	2830.000	354.616	1122.026	6
RAR-GEO-gr2a- IIb (V+, A+, C)	16133	12358	4534	3071	185	7.7650E-04	5.7170E-03	-3.3280E-04	5	390.000	292.554	965.909	6	2830.000	354.616	1122.026	6
Provv.-GEO	10829	2852	0	3595	0	5.1800E-04	6.2420E-03	3.0130E-19	1	364.000	343.000	1180.000	6	1800.000	412.000	1350.000	6
C Perm. (A+)-GEO	14129	5271	0	2141	0	6.7670E-04	3.8560E-03	-1.6070E-19	1	822.000	204.000	689.000	6	2000.000	246.000	790.000	6
SU1-1-gr1-I (V+, A+)=g+q5*0.9	14129	8154	728	3071	158	6.7850E-04	5.5540E-03	-2.5920E-04	5	499.000	292.401	984.526	6	2330.000	353.448	1131.618	6
SU1-1-gr1-IIa (V+, A+)=g+q1*1.35+q5*0.9	19075	11007	728	4146	158	8.1940E-04	7.5110E-03	-2.5940E-04	5	688.000	395.296	1331.133	6	3130.000	476.333	1531.196	6
SU1-1-gr1-IIb (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q5*0.9	17735	18765	728	4053	206	8.7840E-04	7.6770E-03	-4.0050E-04	5	-32.700	386.518	1261.629	6	3480.000	466.582	1461.755	6
SU1-1-gr1-IIa (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q5*0.9	22680	21619	728	5128	206	6.2200E-03	9.8020E-03	-0.0160E-04	5	162.000	489.409	1581.304	6	4270.000	590.460	1841.393	6
SU1-1-gr1-IIb (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q5*0.9	17735	15722	728	3071	206	8.5690E-04	5.8510E-03	-3.9050E-04	5	303.000	292.684	950.246	6	3200.000	354.766	1102.406	6
SU1-1-gr1-IIb (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q5*0.9	22680	18576	728	4146	206	1.1800E-03	7.9440E-03	-0.0160E-04	5	458.000	395.506	1281.604	6	3970.000	477.569	1481.731	6
SU1-1-gr1-IIc (V+, A+)=g+q1*1.35+q5*0.9	14129	14239	728	5034	158	6.8220E-04	9.1380E-03	-2.5920E-04	5	-98.900	480.247	1601.936	6	2920.000	578.274	1850.986	6
SU1-1-gr1-IIc (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q5*0.9	19075	17093	728	6109	158	6.9390E-04	1.1210E-02	-2.6150E-04	5	87.600	583.203	1940.771	6	3710.000	701.226	2240.809	6
SU1-2-gr1-IIa (V+, A+)=g+q1*1.013+q3*1.013+q5*0.9	16834	16112	5752	3807	206	8.1470E-04	7.1230E-03	-3.7670E-04	5	120.000	363.551	1391.868	6	3210.000	438.619	1381.988	6
SU1-2-gr1-IIa (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q3*1.013+q5*0.9	21779	18986	5752	4882	206	6.1430E-03	9.2560E-03	-3.8690E-04	5	286.000	465.490	1521.428	6	3980.000	561.484	1761.526	6
SU1-2-gr1-IIb (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q3*1.013+q5*0.9	16834	13830	728	3071	206	1.0800E-04	5.7740E-03	-3.8830E-04	5	307.000	292.684	959.239	6	3050.000	354.766	1112.404	6
SU1-2-gr1-IIb (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q3*1.013+q5*0.9	20669	16684	5752	4146	206	1.0600E-03	7.8080E-03	-3.8680E-04	5	395.000	395.506	1291.677	6	3650.000	477.569	1501.790	6
SU1-2-gr1-IIc (V+, A+)=g+q1*1.013+q3*1.013+q5*0.9	14129	12718	728	4544	158	6.8130E-04	8.2430E-03	-2.5920E-04	5	50.500	433.270	1451.039	6	2770.000	522.303	1671.092	6
SU1-2-gr1-IIc (V+, A+)=g+q1*1.35+q2*1.013+q3*1.013+q5*0.9	19075	15572	728	5619	206	7.4100E-04	1.0290E-02	-3.3880E-04	5	229.000	536.373	1791.427	6	3570.000	645.417	2061.507	6
SU1-3-gr2a-IIa (V+, A+, F)=g+q1*1.013+q3*1.35+q5*0.9	16793	14565	5752	3281	206	6.8930E-04	6.1610E-03	-3.7620E-04	5	282.000	312.640	1022.198	6	3070.000	378.717	1192.324	6
SU1-3-gr2a-IIa (V+, A+, F)=g+q1*1.35+q2*1.013+q3*1.35+q5*0.9	21738	17419	5752	4356	206	1.1200E-03	8.2340E-03	-3.8690E-04	5	436.000	415.482	1361.596	6	3830.000	501.542	1571.710	6
SU1-3-gr2a-IIb (V+, A+, F)=g+q1*1.013+q3*1.35+q5*0.9	14129	17830	5752	3807	206	6.8190E-04	7.1770E-03	-3.7600E-04	5	-219.000	363.551	1181.901	6	3040.000	438.619	1372.019	6
SU1-3-gr2a-IIb (V+, A+, F)=g+q1*1.35+q2*1.013+q3*1.35+q5*0.9	21820	20683	5752	4882	206	1.1500E-03	9.3080E-03	-3.8690E-04	5	213.000	465.430	1511.437	6	4070.000	562.483	1751.534	6
SU1-3-gr2a-IIc (V+, A+, F)=g+q1*1.013+q3*1.35+q5*0.9	16874	15547	5752	3598	206	8.1470E-04	6.7420E-03	-3.7720E-04	5	189.000	343.583	1121.996	6	3160.000	414.655	1302.122	6
SU1-3-gr2a-IIc (V+, A+, F)=g+q1*1.35+q2*1.013+q3*1.35+q5*0.9	21820	18401	5752	4673	206	1.1390E-03	8.8350E-03	-3.8690E-04	5	349.000	445.449	1451.497	6	3930.000	538.504	1681.598	6
SU1-3-gr2a-IIb (V+, A+, F)=g+q1*1.013+q3*1.35+q5*0.9	16874	12283	5752	2545	206	8.1180E-04	4.8160E-03	-3.7620E-04	5	514.000	242.825	791.831	6	2860.000	294.922	920.021	6
SU1-3-gr2a-IIc (V+, A+, F)=g+q1*1.35+q2*1.013+q3*1.35+q5*0.9	21820	15137	5752	3620	206	1.0950E-03	6.8430E-03	-3.8690E-04	5	667.000	345.579	1131.914	6	3610.000	417.650	1312.049	6
SU1-3-gr2a-IIc (V+, A+, F)=g+q1*1.013+q3*1.35+q5*0.9	14170	14435	728	5070	158	6.8420E-04	9.2070E-03	-2.5920E-04	5	-110.000	484.245	1620.930	6				

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.

569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BOLOGNA

palo con Mmassimo e soll associate				palo con Tmassimo e soll associate			
n°palo	Mmax	N	T	n°palo	Tmax	N	M
6	1132.008	2330.000	353.560	6	353.560	2330.000	1132.008
6	1380.831	3180.000	437.275	6	437.275	3180.000	1380.831
6	1111.042	2980.000	353.340	6	353.340	2980.000	1111.042
6	1660.487	2760.000	519.134	6	519.134	2760.000	1660.487
6	1460.825	3110.000	460.261	6	460.261	3110.000	1460.825
6	1171.034	2860.000	371.324	6	371.324	2860.000	1171.034
6	1260.956	2940.000	398.302	6	398.302	2940.000	1260.956
6	973.244	2700.000	309.389	6	309.389	2700.000	973.244
6	1670.484	2760.000	522.133	6	522.133	2760.000	1670.484
6	1390.581	2530.000	433.161	6	433.161	2530.000	1390.581
6	1321.720	3000.000	416.525	6	416.525	3000.000	1321.720
6	1122.026	2830.000	354.616	6	354.616	2830.000	1122.026
6	1350.000	1800.000	412.000	6	412.000	1800.000	1350.000
6	790.000	2000.000	246.000	6	246.000	2000.000	790.000
6	1132.008	2330.000	353.560	6	353.560	2330.000	1132.008
6	1380.831	3180.000	437.275	6	437.275	3180.000	1380.831
6	1111.042	2980.000	353.340	6	353.340	2980.000	1111.042
6	1660.487	2760.000	519.134	6	519.134	2760.000	1660.487
6	1460.825	3110.000	460.261	6	460.261	3110.000	1460.825
6	1171.034	2860.000	371.324	6	371.324	2860.000	1171.034
6	1260.956	2940.000	398.302	6	398.302	2940.000	1260.956
6	973.244	2700.000	309.389	6	309.389	2700.000	973.244
6	1670.484	2760.000	522.133	6	522.133	2760.000	1670.484
6	1390.581	2530.000	433.161	6	433.161	2530.000	1390.581
6	1321.720	3000.000	416.525	6	416.525	3000.000	1321.720
6	1122.026	2830.000	354.616	6	354.616	2830.000	1122.026
6	1350.000	1800.000	412.000	6	412.000	1800.000	1350.000
6	790.000	2000.000	246.000	6	246.000	2000.000	790.000
6	1131.618	2330.000	353.448	6	353.448	2330.000	1131.618
6	1531.196	3130.000	476.333	6	476.333	3130.000	1531.196
6	1461.755	3480.000	466.582	6	466.582	3480.000	1461.755
6	1841.393	4270.000	590.460	6	590.460	4270.000	1841.393
6	1102.406	3200.000	354.766	6	354.766	3200.000	1102.406
6	1481.731	3970.000	477.569	6	477.569	3970.000	1481.731
6	1850.986	2920.000	578.274	6	578.274	2920.000	1850.986
6	2240.809	3710.000	701.226	6	701.226	3710.000	2240.809
6	1381.988	3210.000	438.619	6	438.619	3210.000	1381.988
6	1761.526	3980.000	561.484	6	561.484	3980.000	1761.526
6	1112.404	3050.000	354.766	6	354.766	3050.000	1112.404
6	1501.790	3650.000	477.569	6	477.569	3650.000	1501.790
6	1671.092	2770.000	522.303	6	522.303	2770.000	1671.092
6	2061.507	3570.000	645.417	6	645.417	3570.000	2061.507
6	1192.324	3070.000	378.717	6	378.717	3070.000	1192.324
6	1571.710	3830.000	501.542	6	501.542	3830.000	1571.710
6	1372.019	3040.000	438.619	6	438.619	3040.000	1372.019
6	1751.534	4070.000	562.483	6	562.483	4070.000	1751.534
6	1302.122	3160.000	414.655	6	414.655	3160.000	1302.122
6	1681.598	3930.000	538.504	6	538.504	3930.000	1681.598
6	920.021	2860.000	294.922	6	294.922	2860.000	920.021
6	1312.049	3610.000	417.650	6	417.650	3610.000	1312.049
6	1860.980	2940.000	582.272	6	582.272	2940.000	1860.980
6	2250.805	3730.000	705.225	6	705.225	3730.000	2250.805
6	1481.232	2620.000	461.344	6	461.344	2620.000	1481.232
6	1870.969	3410.000	585.271	6	585.271	3410.000	1870.969
6	1383.504	3230.000	439.061	6	439.061	3230.000	1383.504
6	1762.699	4000.000	562.827	6	562.827	4000.000	1762.699
6	1114.397	3030.000	355.320	6	355.320	3030.000	1114.397
6	1503.172	3780.000	477.974	6	477.974	3780.000	1503.172
6	1672.172	2800.000	522.603	6	522.603	2800.000	1672.172
6	2061.745	3580.000	645.488	6	645.488	3580.000	2061.745
6	1540.000	1960.000	470.000	6	470.000	1960.000	1540.000
6	1830.000	2430.000	556.000	6	556.000	2430.000	1830.000
6	790.000	2000.000	246.000	6	246.000	2000.000	790.000
6	1070.000	2700.000	332.000	6	332.000	2700.000	1070.000
6	1130.948	2320.000	353.262	6	353.262	2320.000	1130.948
6	1411.065	3300.000	449.357	6	449.357	3300.000	1411.065
6	1111.387	3090.000	354.452	6	354.452	3090.000	1111.387
6	1740.616	2830.000	544.170	6	544.170	2830.000	1740.616
6	1411.034	3320.000	449.357	6	449.357	3320.000	1411.034
6	1111.387	3090.000	354.452	6	354.452	3090.000	1111.387
6	1751.039	2840.000	545.291	6	545.291	2840.000	1751.039
6	1291.180	3210.000	411.390	6	411.390	3210.000	1291.180
6	1530.967	3410.000	488.328	6	488.328	3410.000	1530.967
6	1281.255	3030.000	405.395	6	405.395	3030.000	1281.255
6	950.692	2760.000	302.530	6	302.530	2760.000	950.692
6	1760.609	2840.000	548.169	6	548.169	2840.000	1760.609
6	1430.749	2570.000	445.208	6	445.208	2570.000	1430.749
6	1342.245	3110.000	426.681	6	426.681	3110.000	1342.245
6	1112.716	2910.000	354.819	6	354.819	2910.000	1112.716
6	1591.419	2720.000	497.394	6	497.394	2720.000	1591.419
6	1733.097	1990.000	511.189	6	511.189	1990.000	1733.097
6	1130.000	2290.000	352.000	6	352.000	2290.000	1130.000
6	1110.004	2780.000	353.000	10	353.000	2580.000	1110.004
6	1220.004	2870.000	386.000	10	386.000	2670.000	1220.004
6	1130.000	2290.000	352.000	6	352.000	2290.000	1130.000
6	3394.488	4020.000	1056.722	6	1056.722	4020.000	3394.488
6	2119.457	3160.000	643.933	6	643.933	3160.000	2119.457
6	1641.762	3070.000	510.075	6	510.075	3070.000	1641.762
6	3394.488	4020.000	1056.722	6	1056.722	4020.000	3394.488
6	2119.457	3160.000	643.933	6	643.933	3160.000	2119.457
6	1641.762	3070.000	510.075	6	510.075	3070.000	1641.762

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### COMBINAZIONE SISMA -STR CON Mmax (STR) SISMA LONGITUDINALE

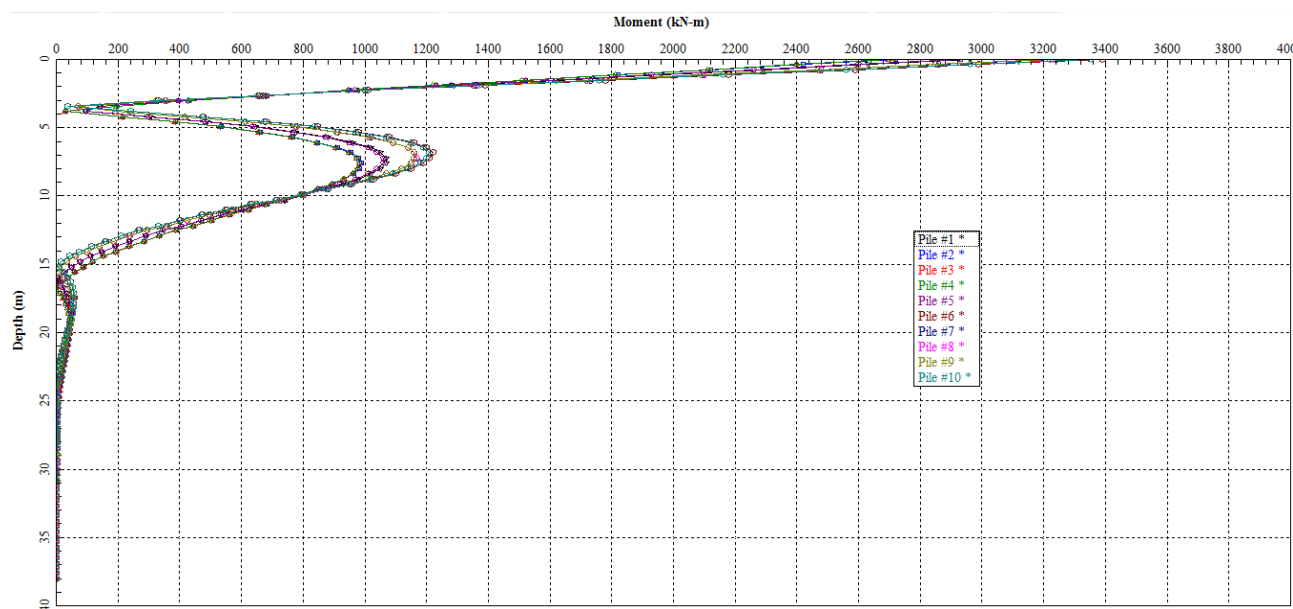
Mmax=3394.49 kNm

Vmax=1056.72 kN

N= 4020.00 kN

Nmin=-1230.00 kN

M=2923.26 kNm



*Figura 2 – Memento-profondità comb SISMA*

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

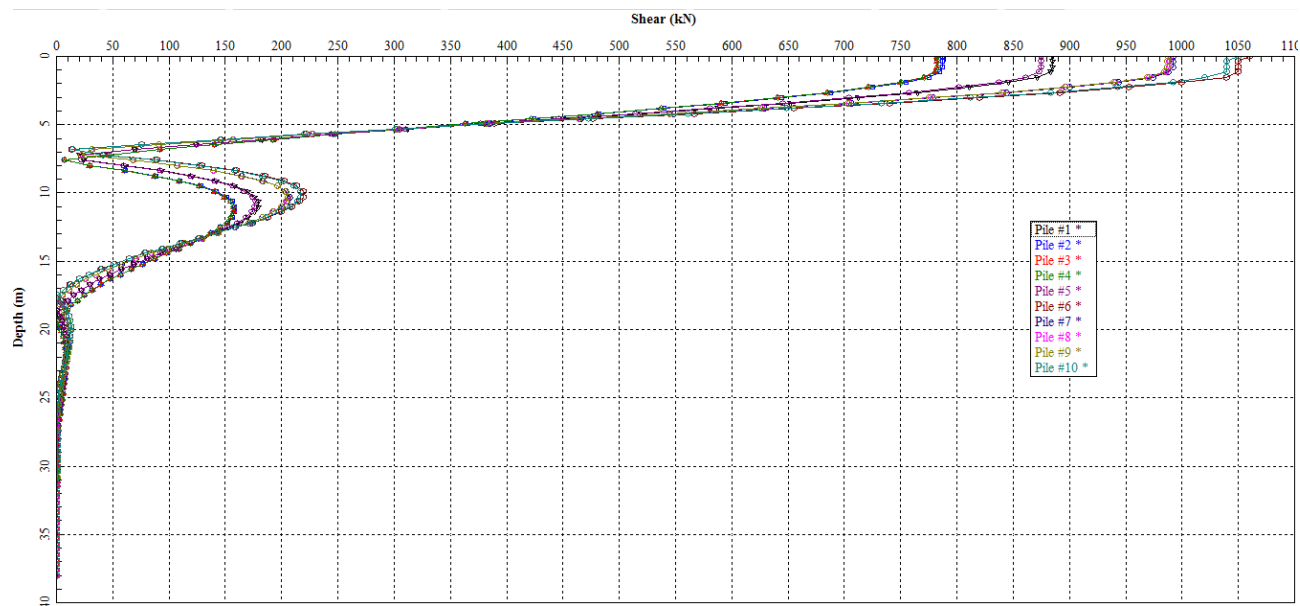


Figura 3 Taglio profondità comb. SISMA

**COMBINAZIONE RARA CON Mmax** : RAR-gr2a- IIIc (V+, A+,F+)

Mmax=1670.00 kNm

Vmax=522.13kN

Nmax=2760 kN; Nmin=61.20kN

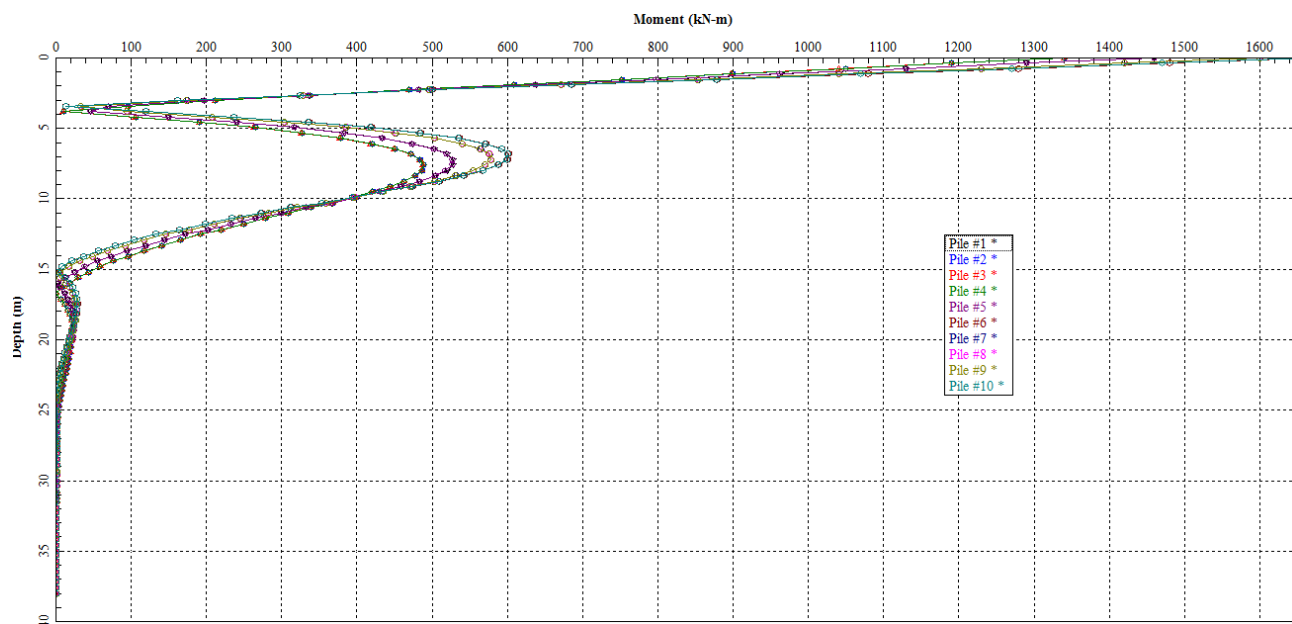


Figura 4 – Momento-profondità comb RARA

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### COMBINAZIONE FR CON Mmax : FR2b (A+,F+)

Mmax=1220.00 kNm

Vmax=386.00 kN

Nmax=2780 kN ; Nmin=356kN

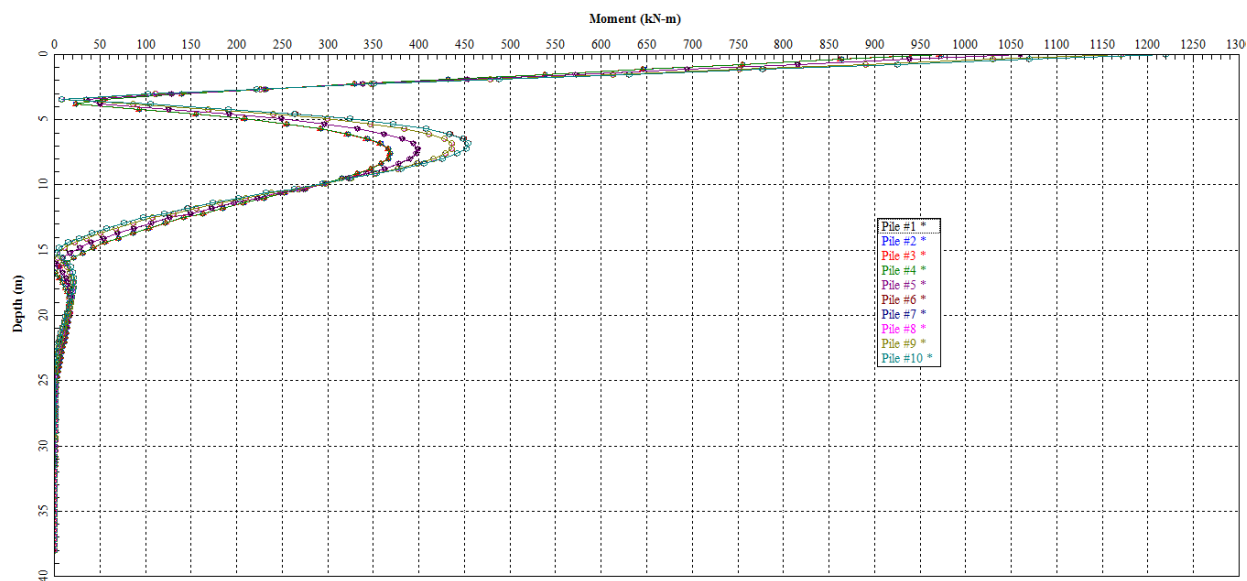


Figura 5 – Momento-profondità comb SLE-Fr

### COMBINAZIONE QP

Mmax=1130 kNm

Nmax=2290 kN

Nmin =539kN

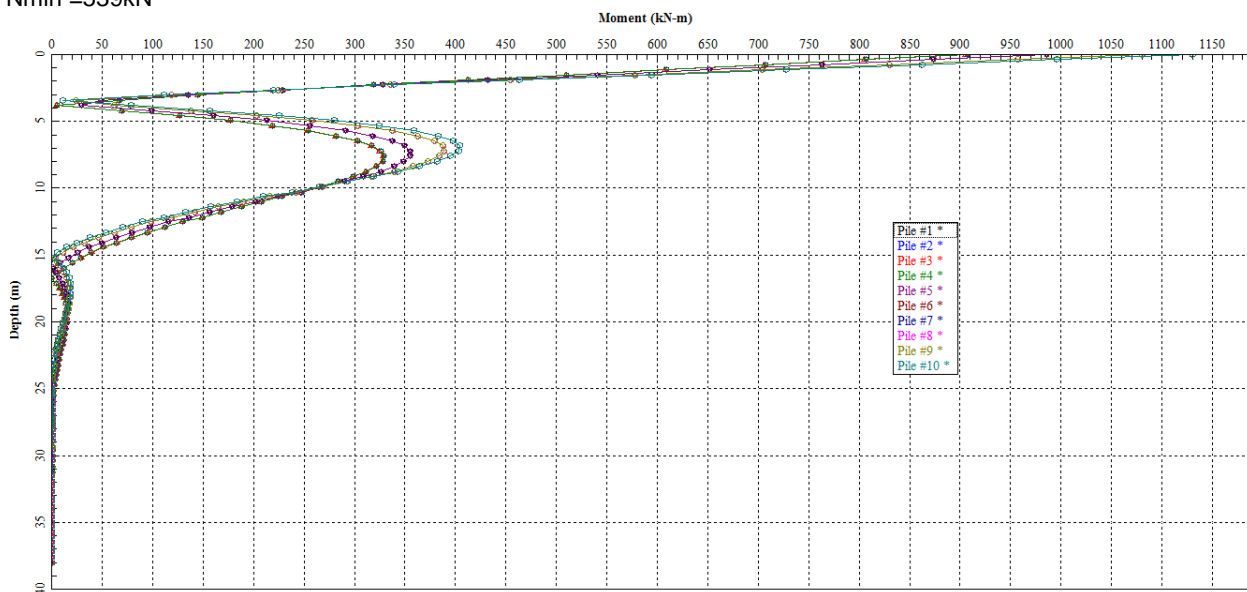
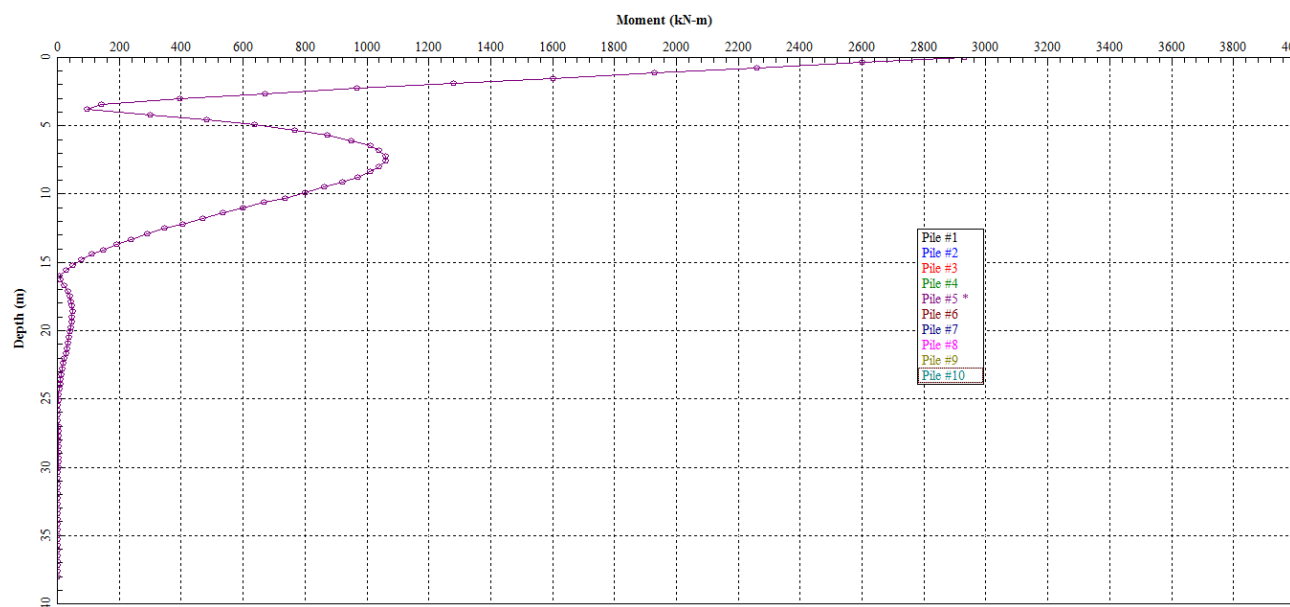


Figura 4 – Momento-profondità comb SLE-Qp

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### MOMENTO SUL PALO 5 in combinazione (STR) SISMA LONGITUDINALE CON Nmin (N=-1230kN)



A favore di sicurezza, per le verifiche nella sezione di riduzione dell'armatura (pos 1 e 2), si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$M_{SLU} = 1200 \text{ kNm}$$

$$N_{SLU} = -1230 \text{ kN}$$

$$T_{SLU} = 230 \text{ kN}$$

$$M_{RAR} = 600 \text{ kNm}$$

$$N_{RAR} = 61.20 \text{ kN}$$

$$M_{FR} = 450 \text{ kNm}$$

$$N_{FR} = 356 \text{ kN}$$

$$M_{QP} = 400 \text{ kNm}$$

$$N_{QP} = 539 \text{ kN}$$

A favore di sicurezza, per le verifiche nella sezione di riduzione dell'armatura (pos 2 e 3), si assumono le seguenti sollecitazioni:

$$M_{SLU} = 50 \text{ kNm}$$

PROGETTISTA



PIACENTINI  
INGEGNERI  
via Ostiense 14 40133 CASALECCHIO DI RENO (BO)



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

 $N_{SLU} = -1230 \text{ kN}$  $T_{SLU} = 40 \text{ kN}$  $M_{RAR} = 40 \text{ kNm}$  $N_{RAR} = 61.20 \text{ kN}$  $M_{FR} = 40 \text{ kNm}$  $N_{FR} = 356 \text{ kN}$  $M_{QP} = 40 \text{ kNm}$  $N_{QP} = 539 \text{ kN}$



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D. M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2).

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente e per le sollecitazioni di esercizio si determina la massima trazione nel calcestruzzo  $\sigma_{ct}$ , confrontandola con la resistenza caratteristica a trazione per flessione  $f_{ctk}$ : se risulta  $\sigma_{ct} < f_{ctk}$  la verifica è soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'EC2, come richiesto dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 e valutata con le sollecitazioni relative alle Combinazioni FR o QP della normativa vigente sui ponti. La massima apertura ammissibile risulta rispettivamente per le strutture in ambiente aggressivo ed armature poco sensibili:

b.1) combinazione di carico Frequante:

$$w_k \leq w_3 = 0.30 \text{ mm}$$

b.2) combinazione di carico quasi permanente:

$$w_k \leq w_2 = 0.20 \text{ mm}$$

Verifica delle tensioni di esercizio: per la condizione di carico Quasi Permanente e Rara, verificando rispettivamente che le tensioni di lavoro siano inferiori ai seguenti limiti:

per la condizione QP si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ ;

per la condizione rara si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ , mentre quelle dell'acciaio  $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.1 PARAGHIAIA

### 8.1.1 Sezione d'incastro con il fusto

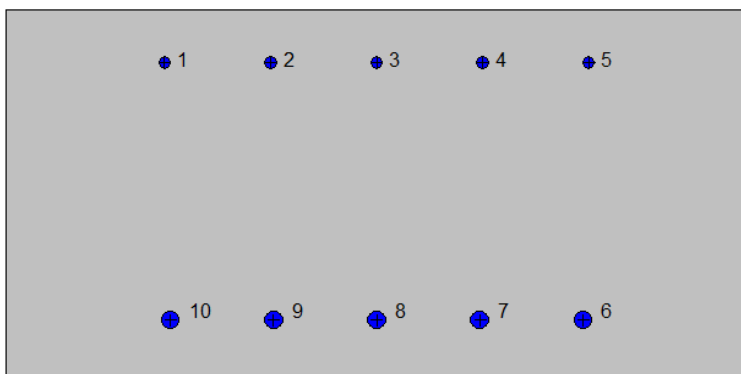
#### 8.1.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione

##### 2SI s.r.l. - ProVLIM - Verifica sezioni



##### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	50,0
3	100,0	50,0
4	100,0	0,0



##### Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	21,3	43,0	2,0	no
2	35,7	43,0	2,0	no
3	50,0	43,0	2,0	no

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

4	64,3	43,0	2,0	no
5	78,7	43,0	2,0	no
6	77,9	8,2	4,5	no
7	63,9	8,2	4,5	no
8	50,0	8,2	4,5	no
9	36,1	8,2	4,5	no
10	22,1	8,2	4,5	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 11 e 12**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente aggressivo

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C32/40**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

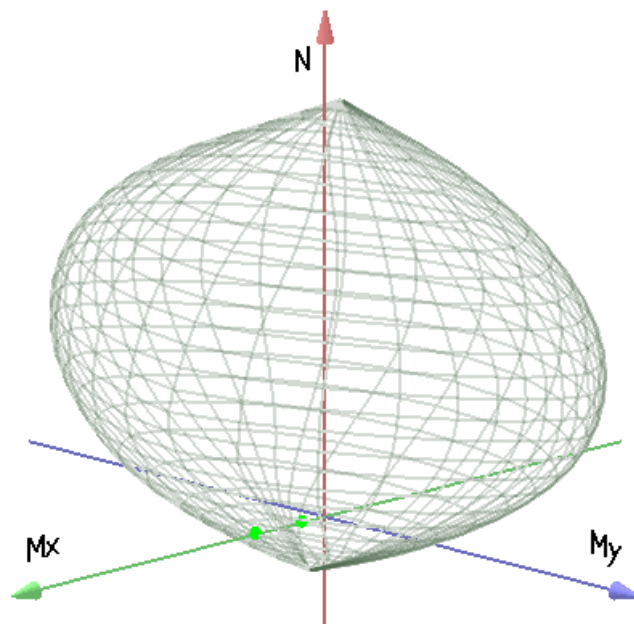
**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 ε<sub>uk</sub> (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA


**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-1278,5	77,9	0,0	Completamente tesa
10685,2	-77,9	0,0	Completamente compressa
0,0	350,1	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-189,6	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	524,0	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-524,0	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	41,3	347,0	0,0	P	42,6	358,1	0,0	0,970	OK
				M	8269,9	346,8	0,0	0,000	
				N	41,3	357,9	0,0	0,970	
5	41,3	116,3	0,0	P	133,0	375,2	0,0	0,310	OK
				M	9575,1	116,2	0,0	0,000	
				N	41,3	357,9	0,0	0,320	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	41,3	347,0	0,0	P	42,6	358,1	0,0	0,970	OK
1	41,3	347,0	0,0	M	8269,9	346,8	0,0	0,000	OK
1	41,3	347,0	0,0	N	41,3	357,9	0,0	0,970	OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b><math>\sigma_a</math></b>	<b><math>\sigma_a/\sigma_{aL}</math></b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	273,6	0,0	41,3	-10102,3	0,51	316495,2	0,88

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	216,1	0,0	41,3	0.40	1,00

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,20$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	43,7	0,0	41,3	-1643,9	0,11	0.00	0,00

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 8.1.1.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo

$V_{sdu}$	189,53	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	41,25	kN
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	32	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1,5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$b_w$	100	cm
$d$	41,80	cm
$A_{sl}$	22,6	cm <sup>2</sup>
$c$	8,20	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1,57	rad
$\theta$	40,95	gradi
$ctg\theta$	1,15	
$\theta_{imposto}$	-	gradi
$A_{sw}$	0,0	cm <sup>2</sup>
passo staffe	0,0	cm
$f_{cd}$	18,133	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd_{0,05}}$	1,356	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391,304	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0,0829	N/mm <sup>2</sup>
verifica senza armatura resistente a taglio		
$V_{Rd}$	224,668	kN

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.1.2 Sezione d'incastro con il risvolto

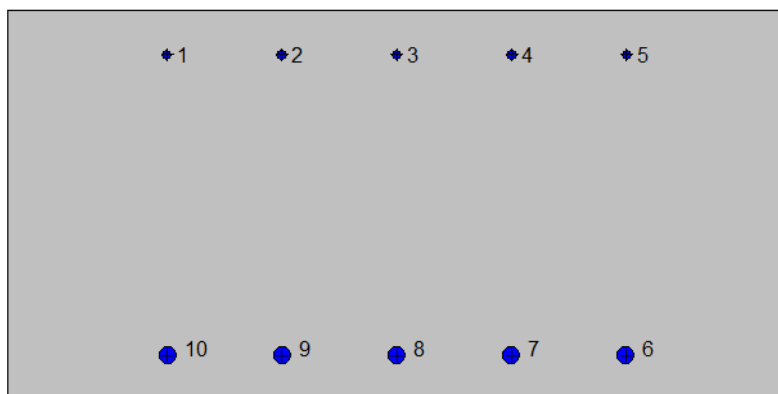
### 8.1.2.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Tenso-Flessione

#### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



#### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	50,0
3	100,0	50,0
4	100,0	0,0



#### Armature:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	20,4	44,4	1,1	no
2	35,2	44,4	1,1	no
3	50,0	44,4	1,1	no
4	64,8	44,4	1,1	no
5	79,6	44,4	1,1	no
6	79,5	5,8	3,1	no
7	64,7	5,8	3,1	no
8	50,0	5,8	3,1	no
9	35,3	5,8	3,1	no
10	20,5	5,8	3,1	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 20 e 21**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente aggressivo

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C32/40**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

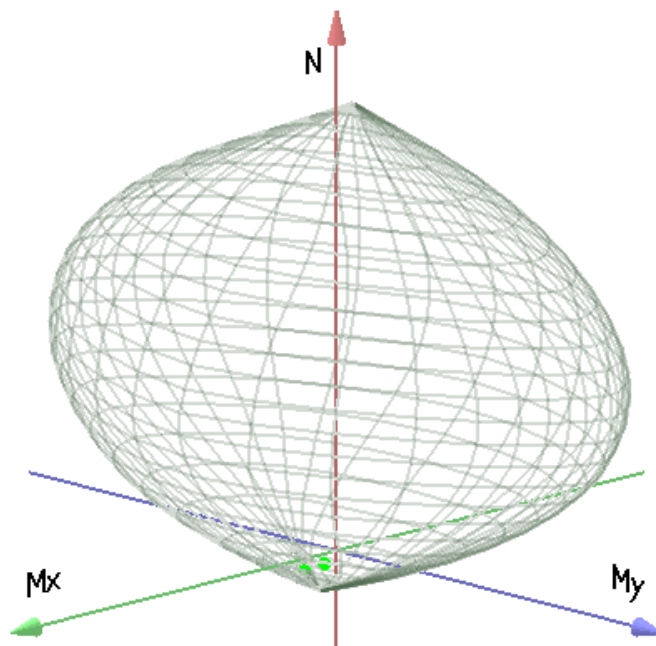
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 εuk (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



#### Caratteristiche limite della sezione:

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-835,9	75,1	0,0	Completamente tesa
10242,6	-75,1	0,0	Completamente compressa
0,0	263,1	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-111,3	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	358,8	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-358,8	Fibre di destra tese

#### Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-285,0	148,2	0,0	P	-360,9	187,7	0,0	0,790	OK
				M	-533,5	148,2	0,0	0,530	
				N	-285,0	204,5	0,0	0,720	
5	-240,0	57,6	0,0	P	-576,1	138,2	0,0	0,420	OK
				M	-765,6	57,6	0,0	0,310	
				N	-240,0	213,8	0,0	0,270	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-285,0	148,2	0,0	P	-360,9	187,7	0,0	0,790	OK
1	-285,0	148,2	0,0	M	-533,5	148,2	0,0	0,530	OK
1	-285,0	148,2	0,0	N	-285,0	204,5	0,0	0,720	OK

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b><math>\sigma_a</math></b>	<b><math>\sigma_a/\sigma_{aL}</math></b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	110,4	0,0	-200,0	-3822,8	0,19	238659,9	0,66

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	97,0	0,0	-165,0	0,00	0,00

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,20$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	21,4	0,0	-58,0	-665,4	0,04	0,00	0,00

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 8.1.3 Sezione di mezzeria (fibre orizzontali)

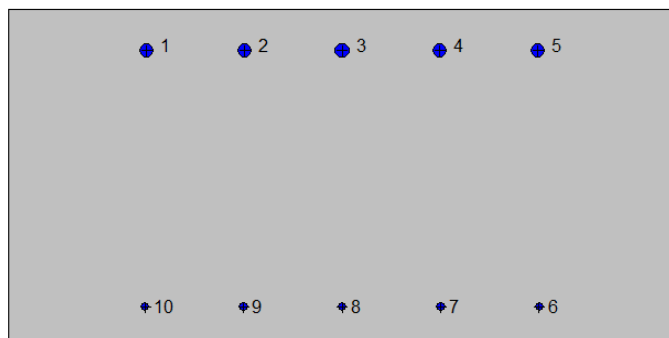
#### 8.1.3.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Tenso-Flessione

#### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



#### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	50,0
3	100,0	50,0
4	100,0	0,0



#### Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	20,7	44,0	3,1	no
2	35,3	44,0	3,1	no
3	50,0	44,0	3,1	no

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

4	64,7	44,0	3,1	no
5	79,3	44,0	3,1	no
6	79,6	5,6	1,1	no
7	64,8	5,6	1,1	no
8	50,0	5,6	1,1	no
9	35,2	5,6	1,1	no
10	20,4	5,6	1,1	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 20 e 21**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente aggressivo

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C32/40**

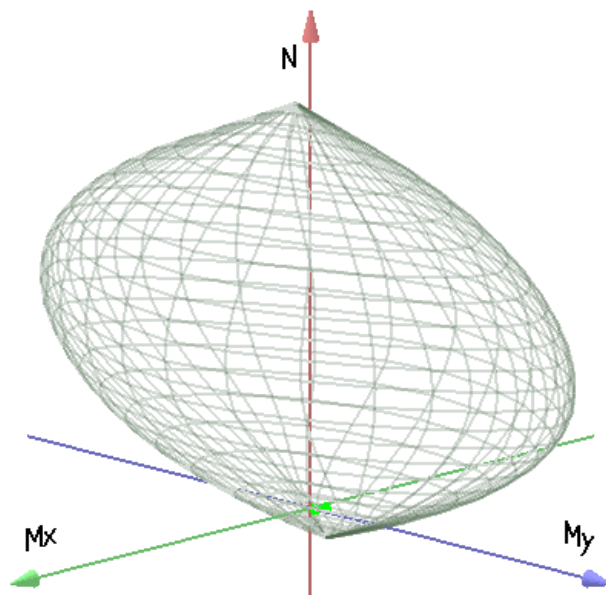
Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 ε<sub>uk</sub> (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-835,9	-73,9	0,0	Completamente tesa
10242,6	73,9	0,0	Completamente compressa
0,0	112,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-261,9	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	359,2	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-359,2	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-102,0	-71,8	0,0	P	-287,9	-202,7	0,0	0,350	OK
				M	-827,6	-71,8	0,0	0,120	
				N	-102,0	-240,9	0,0	0,300	
5	-45,0	-18,2	0,0	P	-425,3	-171,9	0,0	0,110	OK
				M	-607,5	-18,2	0,0	0,070	
				N	-45,0	-252,6	0,0	0,070	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-102,0	-71,8	0,0	P	-287,9	-202,7	0,0	0,350	OK
1	-102,0	-71,8	0,0	M	-827,6	-71,8	0,0	0,120	OK
1	-102,0	-71,8	0,0	N	-102,0	-240,9	0,0	0,300	OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>σc</b>	<b>σc/σcL</b>	<b>σa</b>	<b>σa/σaL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	-59,2	0,0	-95,0	-2111,7	0,11	124648,2	0,35

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure:  $WkL = 0,30$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	-57,9	0,0	-75,0	0,00	0,00

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS:  $\sigma cL = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma c/\sigma cL < 1$ )

Fessure:  $WkL = 0,20$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>σc</b>	<b>σc/σcL</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	-5,7	0,0	-15,0	-181,6	0,01	0,00	0,00

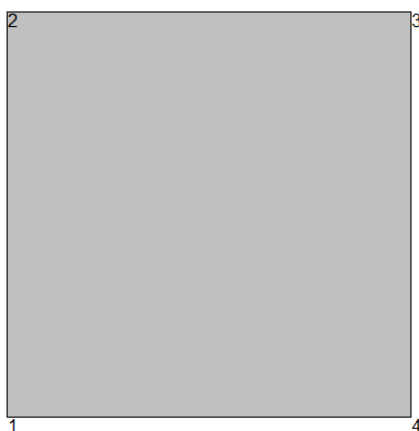
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.2 MURI DI RISVOLTO

### 8.2.1 Sezione di attacco con la platea (sezione corrente)

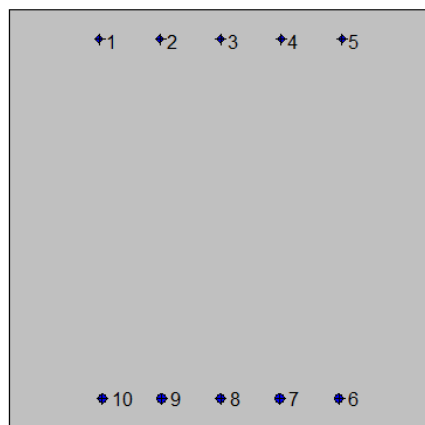
#### 8.2.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione

#### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



#### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	100,0
3	100,0	100,0
4	100,0	0,0



#### Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
------	---	---	------	----------

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	21,3	93,1	1,5	no
2	35,6	93,1	1,5	no
3	50,0	93,1	1,5	no
4	64,4	93,1	1,5	no
5	78,7	93,1	1,5	no
6	78,0	8,0	3,1	no
7	64,0	8,0	3,1	no
8	50,0	8,0	3,1	no
9	36,0	8,0	3,1	no
10	22,0	8,0	3,1	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 15a e 16a e pos. 15c e 16c**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente aggressivo

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C32/40**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

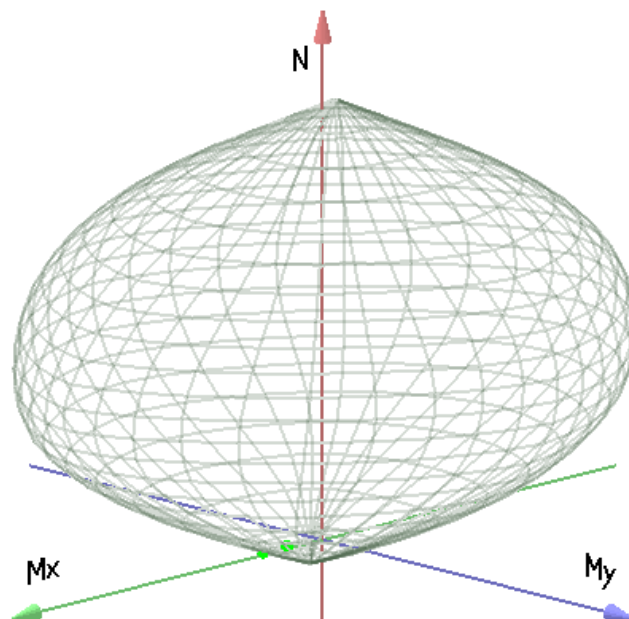
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 εuk (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA


**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-915,8	128,3	0,0	Completamente tesa
19729,2	-128,3	0,0	Completamente compressa
0,0	560,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-303,7	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	428,4	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-428,4	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	118,8	615,8	0,0	P	118,2	613,1	0,0	1,000	OK
				M	130,0	618,3	0,0	0,910	
				N	118,2	613,1	0,0	1,000	
5	118,8	370,6	0,0	P	209,4	653,5	0,0	0,570	OK
				M	18383,5	369,9	0,0	0,010	
				N	118,8	613,3	0,0	0,600	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	118,8	615,8	0,0	P	118,2	613,1	0,0	1,000	OK
1	118,8	615,8	0,0	M	130,0	618,3	0,0	0,910	OK
1	118,8	615,8	0,0	N	118,2	613,1	0,0	1,000	OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	456,2	0,0	118,8	-5545,2	0,28	301832,8	0,84

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	374,7	0,0	118,8	0,00	0,00

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,20$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	130,3	0,0	118,8	-1582,1	0,11	0,00	0,00

#### 8.2.1.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo

$V_{sdu}$	265,94	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	118,75	kN
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	32	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1,5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
bw	100	cm
d	93,00	cm
Asl	15,7	cm <sup>2</sup>
c	7,00	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1,57	rad
$\theta$	40,91	gradi
ctg $\theta$	1,15	
$\theta$ imposto	-	gradi
Asw	0,0	cm <sup>2</sup>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

passo staffe	0,0	cm
$f_{cd}$	18,133	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd_{0,05}}$	1,356	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391,304	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0,1189	N/mm <sup>2</sup>
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	303,218	kN

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.2.2 Sezione di attacco con la platea (sezione a filo orecchia)

Base di calcolo  $b=1.5m$

### 8.2.2.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione

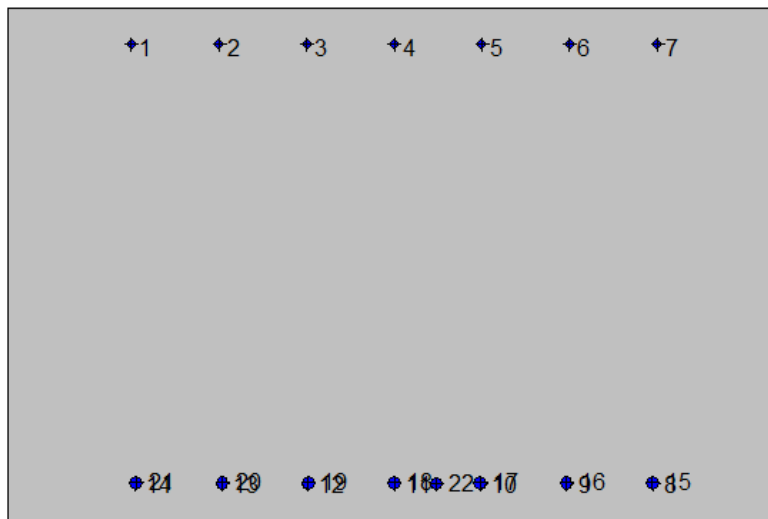
#### **2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni**



#### **Geometria della sezione:**

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	100,0
3	150,0	100,0
4	150,0	0,0

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Armature:**

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	23,9	93,1	1,5	no
2	41,0	93,1	1,5	no
3	58,0	93,1	1,5	no
4	75,0	93,1	1,5	no
5	92,0	93,1	1,5	no
6	109,0	93,1	1,5	no
7	126,1	93,1	1,5	no
8	125,3	8,0	3,1	no
9	108,5	8,0	3,1	no
10	91,8	8,0	3,1	no
11	75,0	8,0	3,1	no
12	58,3	8,0	3,1	no
13	41,5	8,0	3,1	no
14	24,8	8,0	3,1	no
15	125,1	8,2	4,5	no
16	108,4	8,2	4,5	no
17	91,7	8,2	4,5	no
18	75,0	8,2	4,5	no
19	58,3	8,2	4,5	no
20	41,6	8,2	4,5	no
21	24,9	8,2	4,5	no
22	83,1	8,0	3,8	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 15e 15a 16a e pos. 15c e 16c 15f**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente aggressivo

**Materiali:**

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

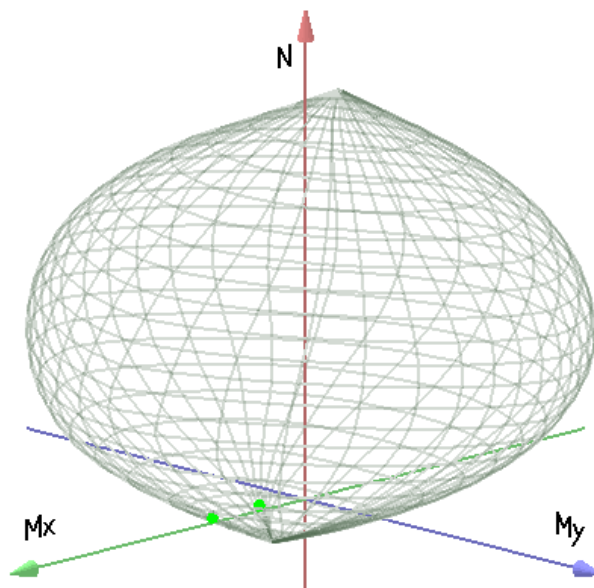
### Calcestruzzo classe: C32/40

$R_{ck}$  (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 $f_{ck}$  (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 $f_{ctm}$  (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 $G$  (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 $E$  (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 $\nu$  (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

### Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

$f_{yk}$  (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 $f_{kt}$  (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{uk}$  (deformazione di rottura) = 0.075  
 $G$  (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 $E$  (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 $\nu$  (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:



### Caratteristiche limite della sezione:

$N_u$	$M_{xu}$	$M_{yu}$	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-2670,1	760,1	-12,0	Completamente tesa
30890,1	-760,1	12,0	Completamente compressa
0,0	1975,7	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-438,2	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	1597,7	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-1621,8	Fibre di destra tese

### Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:  
 Verifica per  $M_{xu}$ ,  $M_{yu}$  e  $N_u$  proporzionali (sigla verifica: P)  
 Verifica con rapporto  $M_{xu}$ ,  $M_{yu}$  assegnato (sigla verifica: M)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N kN	Mx kN m	My kN m	Tipo	Nu kN	Mxu kN m	Myu kN m	Sd/Su	Verif.
1	415,6	2155,4	0,0	P	414,6	2150,1	0,0	1,000	OK
				M	433,4	2157,9	0,0	0,960	
				N	414,6	2150,1	0,0	1,000	
5	415,6	1073,4	0,0	P	911,1	2353,0	0,0	0,460	OK
				M	26021,0	1071,9	0,0	0,020	
				N	415,6	2150,6	0,0	0,500	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N kN	Mx kN m	My kN m	Tipo	Nu kN	Mxu kN m	Myu kN m	Sd/Su	Verif.
1	415,6	2155,4	0,0	P	414,6	2150,1	0,0	1,000	OK
1	415,6	2155,4	0,0	M	433,4	2157,9	0,0	0,960	OK
1	415,6	2155,4	0,0	N	414,6	2150,1	0,0	1,000	OK

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	$\sigma_c$ kN/mq	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$ kN/mq	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato							
2 OK	1596,6	0,0	415,6	-9402,5	0,47	303220,5	0,84

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	Wk mm	Wk/WkL
n. e stato					
3 OK	1311,5	0,0	415,6	0,30	1,00

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,20$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	$\sigma_c$ kN/mq	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk mm	Wk/WkL
n. e stato							
4 OK	456,1	0,0	415,6	-2790,0	0,19	0,00	0,00

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 8.2.2.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo

$V_{sdu}$	930,79	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	415,63	kN
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	32	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1,5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$b_w$	150	cm
$d$	92,00	cm
$A_{sl}$	57,45	cm <sup>2</sup>
$c$	8,00	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1,57	rad
$\theta$	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
$\theta_{imposto}$	21,80	gradi
$A_{sw}$	2,82	cm <sup>2</sup>
passo staffe	20	cm
$f_{cd}$	18,133	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd0,05}$	1,356	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391,304	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0,2782	N/mm <sup>2</sup>
<b>verifica senza armatura resistente a taglio</b>		
$V_{Rd}$	633,180	kN
$V_{Rd,min}$	542,682	kN
$\rho_{sw,min}$	0,001006	
$s_{l,max}$	60,00	cm
$A_{sw,min}$	9,051	cm <sup>2</sup> / $s_{l,max}$
<b>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</b>		
$V_{Rcd}$	3942,394	kN
$V_{Rsd}$	1142,181	kN
$V_{Rd}$	1142,181	kN

Sarà predisposta armatura a taglio in ragione di 1 $\phi$ 12/40x20 costituiti dagli spilli ricoprendo un'area di 2x1.5m

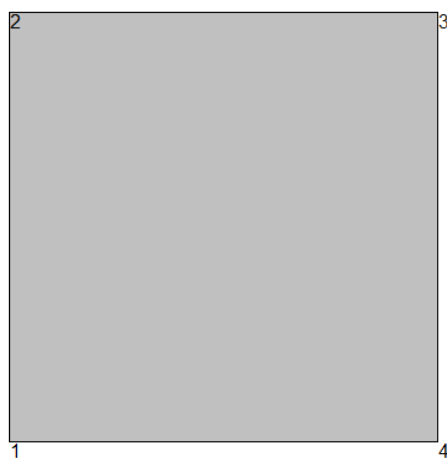


**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 8.2.3 Sezione di attacco con il paraghiaia

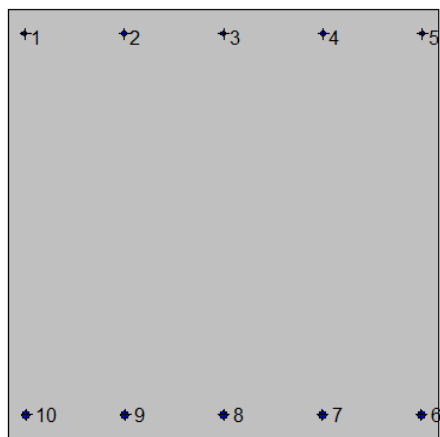
#### 8.2.3.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Flessione

##### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



##### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	100,0
3	100,0	100,0
4	100,0	0,0



##### Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

1	3,7	94,4	1,1	no
2	26,9	94,4	1,1	no
3	50,0	94,4	1,1	no
4	73,1	94,4	1,1	no
5	96,3	94,4	1,1	no
6	96,0	6,0	3,1	no
7	73,0	6,0	3,1	no
8	50,0	6,0	3,1	no
9	27,0	6,0	3,1	no
10	4,0	6,0	3,1	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 25 e 26**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente aggressivo

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C32/40**

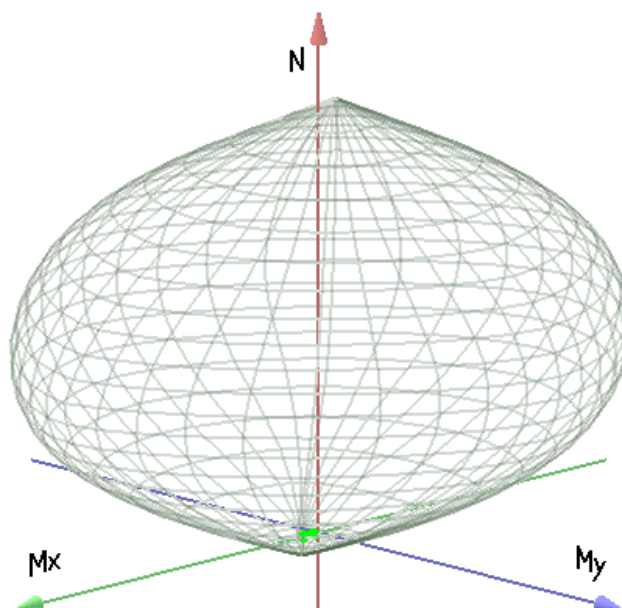
Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 εuk (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-835,9	172,2	0,0	Completamente tesa
19649,3	-172,2	0,0	Completamente compressa
0,0	569,2	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-223,2	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	395,6	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-395,6	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0,0	153,4	0,0	P	0,0	569,2	0,0	0,270	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0,0	569,2	0,0	0,270	
5	0,0	55,0	0,0	P	0,0	569,2	0,0	0,100	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0,0	569,2	0,0	0,100	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0,0	153,4	0,0	P	0,0	569,2	0,0	0,270	OK
1	0,0	153,4	0,0	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK
1	0,0	153,4	0,0	N	0,0	569,2	0,0	0,270	OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>σc</b>	<b>σc/σcL</b>	<b>σa</b>	<b>σa/σaL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	115,1	0,0	0,0	-1343,4	0,07	83320,5	0,23

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	102,0	0,0	0,0	0.00	0,00

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,20$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>σc</b>	<b>σc/σcL</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	15,0	0,0	0,0	-175,1	0,01	0.00	0,00

**8.2.3.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo**

$V_{sdu}$	180	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	0	kN
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	32	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1,5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$b_w$	100	cm
$d$	92,00	cm
$A_{sl}$	15,7	cm <sup>2</sup>
$c$	8,00	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1,57	rad

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

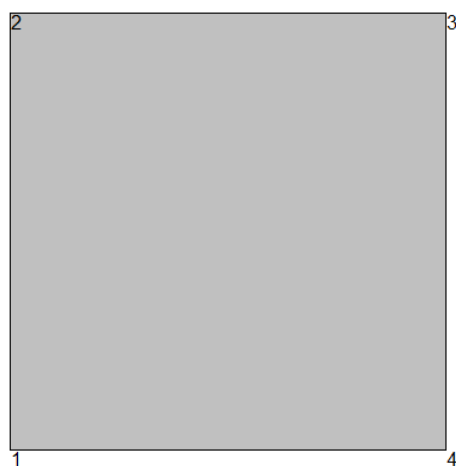
$\theta$	41,07	gradi
$\text{ctg}\theta$	1,15	
$\theta_{\text{imposto}}$	-	gradi
$A_{sw}$	0,0	$\text{cm}^2$
passo staffe	0,0	cm
$f_{cd}$	18,133	$\text{N/mm}^2$
$f_{ctd_{0,05}}$	1,356	$\text{N/mm}^2$
$f_{yd}$	391,304	$\text{N/mm}^2$
$\sigma_{cp}$	0,0000	$\text{N/mm}^2$
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	285,057	kN

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.2.4 Orecchia

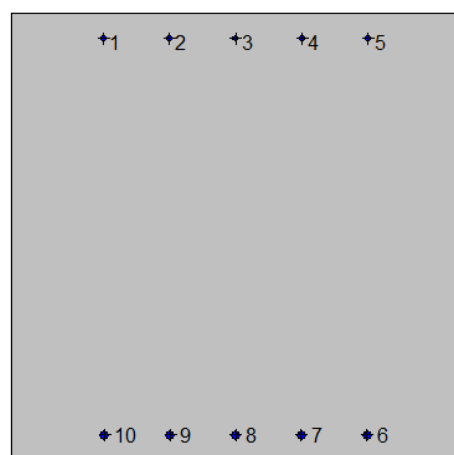
### 8.2.4.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Flessione

#### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



#### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	100,0
3	100,0	100,0
4	100,0	0,0



#### Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

1	20,4	94,4	1,1	no
2	35,2	94,4	1,1	no
3	50,0	94,4	1,1	no
4	64,8	94,4	1,1	no
5	79,6	94,4	1,1	no
6	79,3	6,0	3,1	no
7	64,7	6,0	3,1	no
8	50,0	6,0	3,1	no
9	35,3	6,0	3,1	no
10	20,7	6,0	3,1	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 25 e 26**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente aggressivo

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C32/40**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

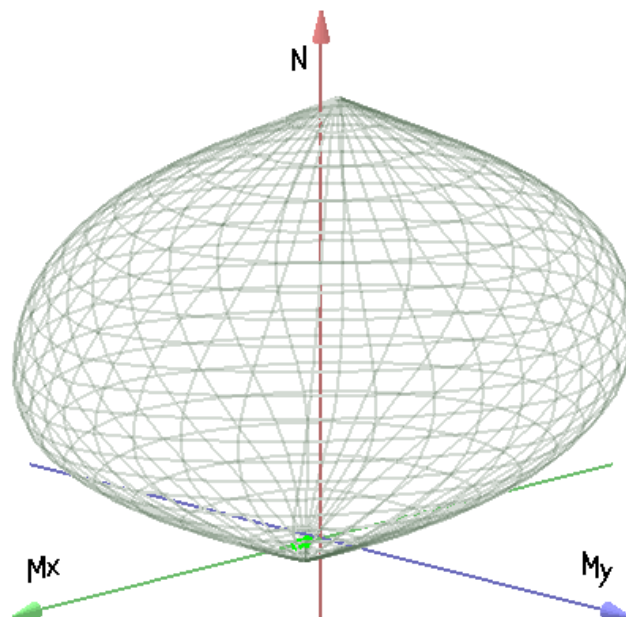
**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 εuk (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA


**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-835,9	172,2	0,0	Completamente tesa
19649,3	-172,2	0,0	Completamente compressa
0,0	569,2	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-223,2	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	387,8	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-387,8	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0,0	248,1	0,0	P	0,0	569,2	0,0	0,440	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0,0	569,2	0,0	0,440	
5	0,0	143,7	0,0	P	0,0	569,2	0,0	0,250	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0,0	569,2	0,0	0,250	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0,0	248,1	0,0	P	0,0	569,2	0,0	0,440	OK
1	0,0	248,1	0,0	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK
1	0,0	248,1	0,0	N	0,0	569,2	0,0	0,440	OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	183,8	0,0	0,0	-2145,1	0,11	133039,2	0,37

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	164,9	0,0	0,0	0,00	0,00

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,20$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	108,3	0,0	0,0	-1264,3	0,08	0,00	0,00

**8.2.4.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo**

$V_{sdu}$	158,8	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	0	kN
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	32	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1,5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
bw	100	cm
d	92,00	cm
Asl	15,7	cm <sup>2</sup>
c	8,00	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1,57	rad

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$\theta$	41,07	gradi
$\text{ctg}\theta$	1,15	
$\theta_{\text{imposto}}$	-	gradi
$A_{sw}$	0,0	$\text{cm}^2$
passo staffe	0,0	cm
$f_{cd}$	18,133	$\text{N/mm}^2$
$f_{ctd_{0,05}}$	1,356	$\text{N/mm}^2$
$f_{yd}$	391,304	$\text{N/mm}^2$
$\sigma_{cp}$	0,0000	$\text{N/mm}^2$
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	285,057	kN

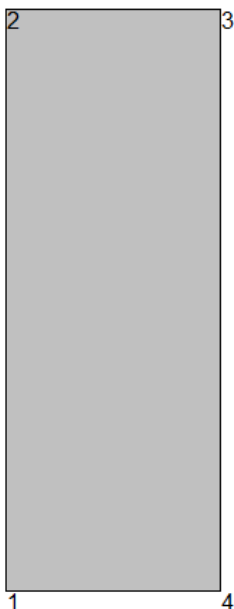
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.3 FUSTO

### 8.3.1 Sezione d'incastro con la fondazione (mensola verticale)

#### 8.3.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione

##### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



##### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	270,0
3	100,0	270,0
4	100,0	0,0

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Armature:**

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	22,1	261,8	4,5	no
2	36,1	261,8	4,5	no
3	50,0	261,8	4,5	no
4	63,9	261,8	4,5	no
5	77,9	261,8	4,5	no
6	78,4	7,4	2,0	no
7	64,2	7,4	2,0	no
8	50,0	7,4	2,0	no
9	35,8	7,4	2,0	no
10	21,6	7,4	2,0	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 11 e 13**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente aggressivo

**Materiali:****Calcestruzzo classe: C32/40**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

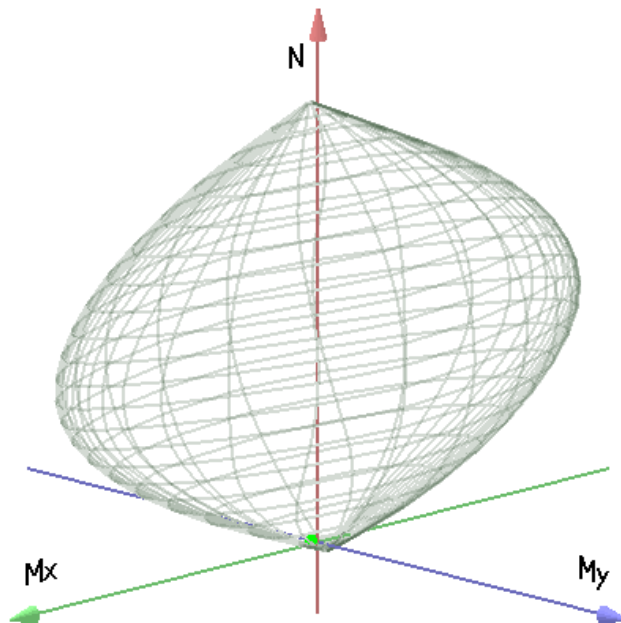
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 ε<sub>uk</sub> (deformazione di rottura) = 0.075

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:



**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-1278,5	-620,4	0,0	Completamente tesa
52074,5	620,4	0,0	Completamente compressa
0,0	1053,5	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-2298,1	0,0	Fibre superiori tese
n.d.	n.d.	n.d.	Fibre di sinistra tese
n.d.	n.d.	n.d.	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:  
 Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)  
 Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)  
 Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	643,2	549,1	0,0	P	20831,5	17783,6	0,0	0,030	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	643,2	1874,7	0,0	0,290	
5	412,7	526,2	0,0	P	8060,8	10277,7	0,0	0,050	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	412,8	1580,7	0,0	0,330	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
5	412,7	526,2	0,0	P	8060,8	10277,7	0,0	0,050	OK
1	643,2	549,1	0,0	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

5      412,7      526,2      0,0      N      412,8      1580,7      0,0      0,330      OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	404,2	0,0	550,7	-553,6	0,03	-7951,8	0,02

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	376,6	0,0	329,4	0,00	0,00

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,20$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	146,6	0,0	329,4	-232,0	0,02	0,00	0,00

**8.3.1.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo**

$V_{sdu}$	375,28	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	412,58	kN
$R_{ck}$	40	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	32	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1,5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

bw	100	cm
d	261,80	cm
Asl	22,6	cm <sup>2</sup>
c	8,20	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1,57	rad
$\theta$	40,86	gradi
ctg $\theta$	1,16	
$\theta$ imposto	-	gradi
Asw	0,01	cm <sup>2</sup>
passo staffe	0,01	cm
$f_{cd}$	18,133	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd_{0,05}}$	1,356	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391,304	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0,1529	N/mm <sup>2</sup>
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	622,700	kN

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.4 PLATEA DI FONDAZIONE

### 8.4.1 Verifica a punzonamento

Data la distribuzione dei pali nella fondazione e la presenza di elementi verticali quali fusto e muri di risvolto, il meccanismo di punzonamento della fondazione può essere attivato dai soli pali n.10-11.

Si esegue la verifica a punzonamento sul palo n°10:

#### 8.4.1.1 Combinazione allo SLU

Carico punzonante	$N_{ed} =$	2050	kN
Sollecitazione flessionale dir. Y	$M_{edy} =$	0	kNm
Sollecitazione flessionale dir. Z	$M_{edz} =$	0	kNm
$R_{ck}$ utilizzato	$R_{ck} =$	30	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$ utilizzato	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>
Lato maggiore pilastro dir y	$c_1 =$	120	cm
Lato minore pilastro dir z	$c_2 =$	120	cm
Perimetro a filo	$u_0 =$	360.00	cm
Perimetro a 2d	$u_1 =$	844.0	cm
Perimetro imposto	$u =$	844	cm
Altezza utile	$d =$	170	cm
Area barra in dir. y	$A_{sx} =$	4.52	cm <sup>2</sup>
Passo armatura in dir. y	$i_y =$	15	cm
Rapporto geometrico d'armatura $\gamma$	$\gamma_y =$	0.0017725	$\leq 0.02$
Area barra in dir. Z	$A_{sz} =$	4.52	cm <sup>2</sup>
Passo armatura in dir. Z	$i_z =$	15	cm



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

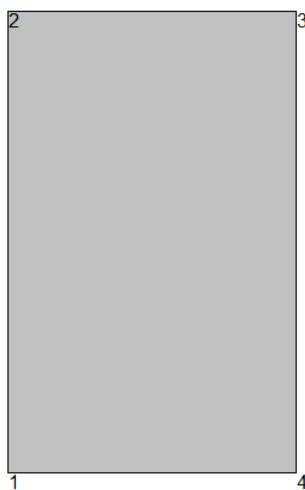
Rapporto geometrico d'armatura $\gamma$	$\gamma_z =$	0.0017725	$\leq 0.02$
Rapporto ideale d'armatura $\gamma$	$\gamma =$	0.0017725	$\leq 0.02$
VERIFICA A FILO PALO			
coeff. riduttivo $\beta$	$\beta =$	1.40	
coeff. riduttivo $\beta$ - imposto	$\beta =$	1.40	
Tensione di punzonamento a filo	$V_{Ed} =$	<b>0.47</b>	N/mm <sup>2</sup>
coefficiente $v$	$v =$	0.63	
Valore di resistenza a taglio-punzonamento ( $0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$ )	$V_{Rd,max} =$	<b>4.46</b>	N/mm <sup>2</sup>
$V_{ed} < V_{Rd,max}$		<b>ok</b>	
VERIFICA LUNGO IL PERIMETRO DI VERIFICA A DISTANZA $2d$			
Tensione di punzonamento a $2d$	$V_{Ed} =$	<b>0.20</b>	N/mm <sup>2</sup>
Valore di resistenza a taglio-punzonamento	$V_{Rdc} =$	<b>0.26</b>	N/mm <sup>2</sup> $\geq$
$V_{ed} < V_{Rdc}$		<b>ok</b>	

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.4.2 Sezione d'incastro con il risvolto (sezione corrente)

### 8.4.2.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Tenso-Flessione

#### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



#### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	160,0
3	100,0	160,0
4	100,0	0,0



#### Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
------	---	---	------	----------

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	21,3	153,0	3,1	no
2	35,7	153,0	3,1	no
3	50,0	153,0	3,1	no
4	64,3	153,0	3,1	no
5	78,7	153,0	3,1	no
6	78,7	7,0	3,1	no
7	64,3	7,0	3,1	no
8	50,0	7,0	3,1	no
9	35,7	7,0	3,1	no
10	21,3	7,0	3,1	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 8 e 2**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente ordinario

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C32/40**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

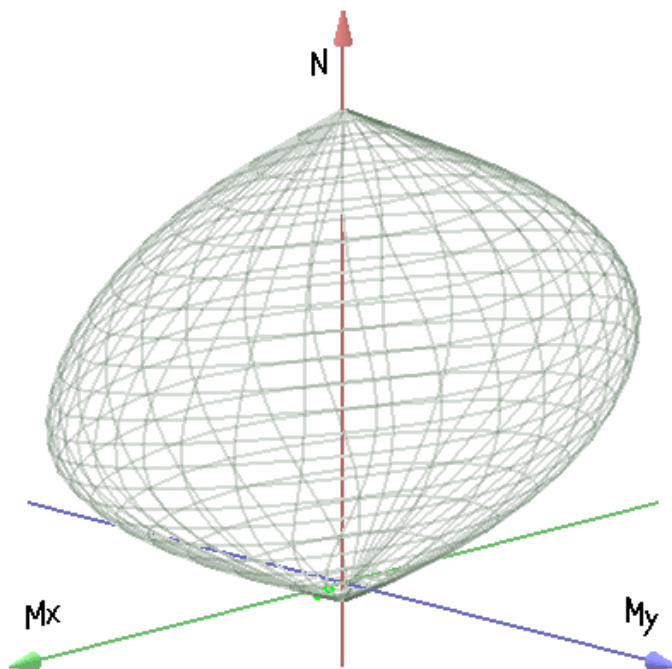
**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 ε<sub>uk</sub> (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA


**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-1229,3	0,0	0,0	Completamente tesa
31330,7	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	937,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-937,6	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	588,9	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-588,9	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-265,9	615,8	0,0	P	-306,9	710,7	0,0	0,870	OK
				M	-435,1	615,9	0,0	0,610	
				N	-265,9	741,0	0,0	0,830	
5	-152,5	370,6	0,0	P	-295,8	718,9	0,0	0,510	OK
				M	-758,4	370,6	0,0	0,200	
				N	-152,5	824,9	0,0	0,450	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-265,9	615,8	0,0	P	-306,9	710,7	0,0	0,870	OK
1	-265,9	615,8	0,0	M	-435,1	615,9	0,0	0,610	OK
1	-265,9	615,8	0,0	N	-265,9	741,0	0,0	0,830	OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b><math>\sigma_a</math></b>	<b><math>\sigma_a/\sigma_{aL}</math></b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	456,2	0,0	-197,0	-2158,0	0,11	260527,8	0,72

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,40$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	374,7	0,0	-168,3	0.00	0,00

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	130,3	0,0	-82,3	-568,2	0,04	0.00	0,00

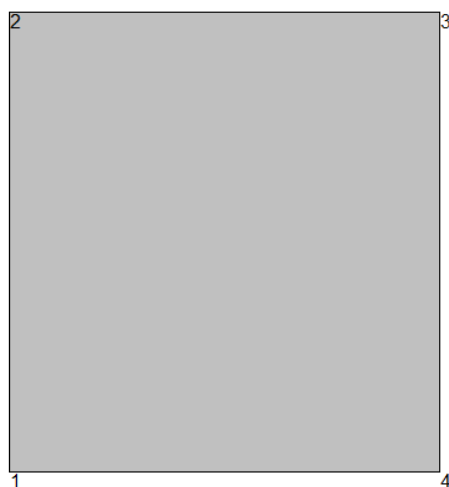
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 8.4.3 Sezione d'incastro con il risvolto (sezione a filo orecchia)

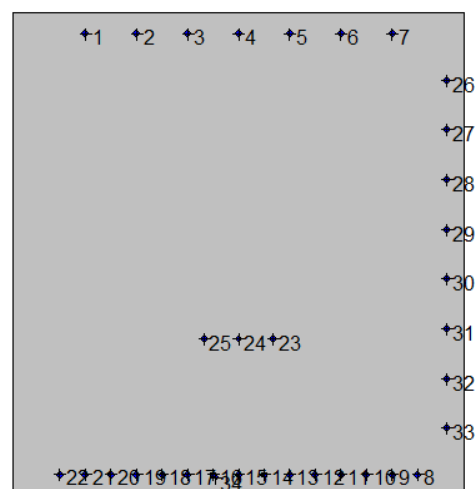
#### 8.4.3.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Tenso-Flessione

##### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



##### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	160,0
3	150,0	160,0
4	150,0	0,0



##### Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
------	---	---	------	----------

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	24,0	153,0	3,1	no
2	41,0	153,0	3,1	no
3	58,0	153,0	3,1	no
4	75,0	153,0	3,1	no
5	92,0	153,0	3,1	no
6	109,0	153,0	3,1	no
7	126,0	153,0	3,1	no
8	134,5	7,0	3,1	no
9	126,0	7,0	3,1	no
10	117,5	7,0	3,1	no
11	109,0	7,0	3,1	no
12	100,5	7,0	3,1	no
13	92,0	7,0	3,1	no
14	83,5	7,0	3,1	no
15	75,0	7,0	3,1	no
16	66,5	7,0	3,1	no
17	58,0	7,0	3,1	no
18	49,5	7,0	3,1	no
19	41,0	7,0	3,1	no
20	32,5	7,0	3,1	no
21	24,0	7,0	3,1	no
22	15,5	7,0	3,1	no
23	86,6	51,8	2,0	no
24	75,0	51,8	2,0	no
25	63,4	51,8	2,0	no
26	144,2	137,7	2,0	no
27	144,2	121,2	2,0	no
28	144,2	104,7	2,0	no
29	144,2	88,2	2,0	no
30	144,2	71,8	2,0	no
31	144,2	55,3	2,0	no
32	144,2	38,8	2,0	no
33	144,2	22,3	2,0	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 2, 6, 8 e 10**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente ordinario

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C32/40**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>

fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>

G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050

Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$f_{kt}$  (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>

$\epsilon_{uk}$  (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>

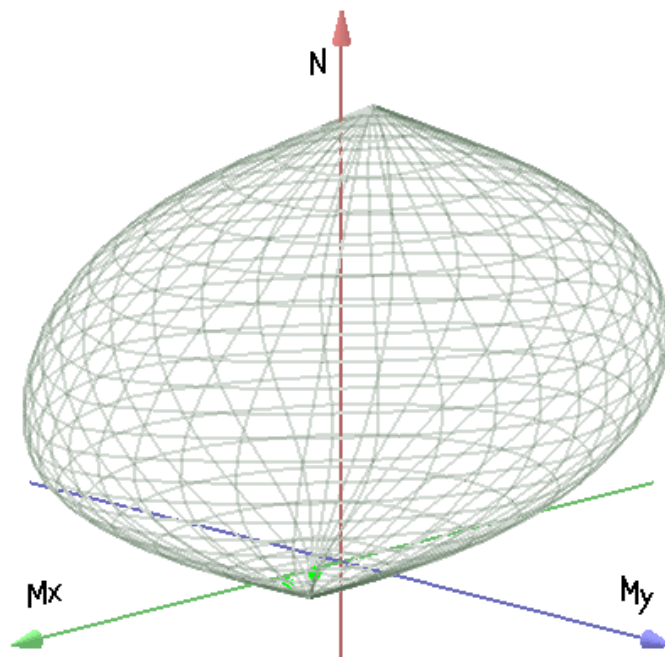
E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012

Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:



**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-3614,2	817,3	-432,2	Completamente tesa
48766,2	-817,3	432,2	Completamente compressa
0,0	3501,3	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-1878,6	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	2050,3	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-2860,2	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-930,8	2155,4	0,0	P	-1151,3	2666,0	0,0	0,810	OK
				M	-1838,6	2156,7	0,0	0,510	
				N	-930,8	2828,1	0,0	0,760	
5	-465,7	1073,4	0,0	P	-1155,3	2663,0	0,0	0,400	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	-465,7	3167,1	0,0	0,340	



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N kN	Mx kN m	My kN m	Tipo	Nu kN	Mxu kN m	Myu kN m	Sd/Su	Verif.
1	-930,8	2155,4	0,0	P	-1151,3	2666,0	0,0	0,810	OK
1	-930,8	2155,4	0,0	M	-1838,6	2156,7	0,0	0,510	OK
1	-930,8	2155,4	0,0	N	-930,8	2828,1	0,0	0,760	OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	$\sigma_c$ kN/mq	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$ kN/mq	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato 2 OK	1596,6	0,0	-689,5	-4589,8	0,23	273299,6	0,76

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,40$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	Wk mm	Wk/WkL
n. e stato 3 OK	1311,5	0,0	-606,5	0,00	0,00

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

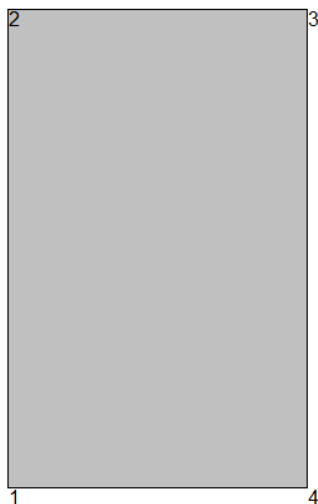
Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	$\sigma_c$ kN/mq	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk mm	Wk/WkL
n. e stato 4 OK	456,1	0,0	-288,1	-1303,9	0,09	0,00	0,00

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

#### 8.4.4 Sezione d'incastro con il fusto (sbalzo posteriore)

##### 8.4.4.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Flessione

##### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



##### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	160,0
3	100,0	160,0
4	100,0	0,0

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Armature:**

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	20,0	155,0	3,1	no
2	35,0	155,0	3,1	no
3	50,0	155,0	3,1	no
4	65,0	155,0	3,1	no
5	80,0	155,0	3,1	no
6	80,0	5,0	3,1	no
7	65,0	5,0	3,1	no
8	50,0	5,0	3,1	no
9	35,0	5,0	3,1	no
10	20,0	5,0	3,1	no

Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 7 e 1

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente ordinario

**Materiali:****Calcestruzzo classe: C32/40**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 400 daN/cm<sup>2</sup>  
 fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 332 daN/cm<sup>2</sup>  
 fctm (resistenza a trazione media) = 31 daN/cm<sup>2</sup>  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 150192 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 336430 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

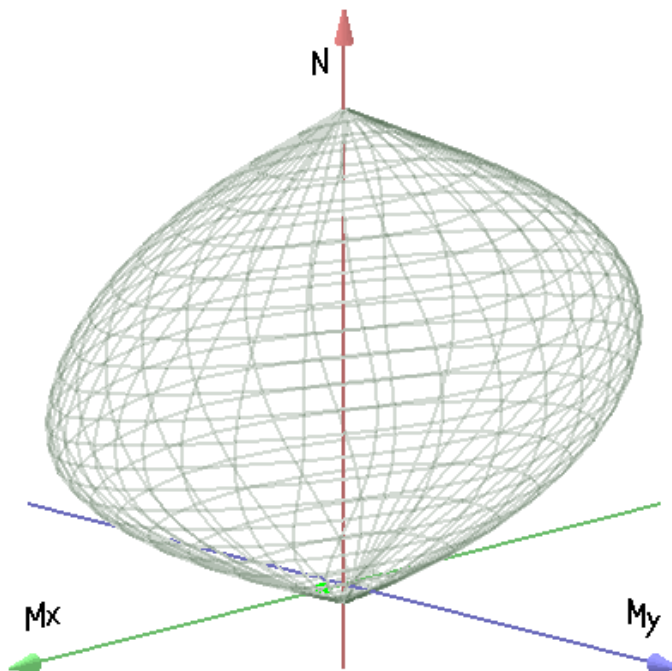
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 Euk (deformazione di rottura) = 0.075  
 G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:



**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-1229,3	0,0	0,0	Completamente tesa
31330,7	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	943,7	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-943,7	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	588,9	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-588,9	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0,0	549,1	0,0	P	0,0	943,7	0,0	0,580	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0,0	943,7	0,0	0,580	
5	0,0	526,2	0,0	P	0,0	943,7	0,0	0,560	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0,0	943,7	0,0	0,560	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0,0	549,1	0,0	P	0,0	943,7	0,0	0,580	OK

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

1	0,0	549,1	0,0	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK
1	0,0	549,1	0,0	N	0,0	943,7	0,0	0,580	OK

#### **Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 19920,0 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b><math>\sigma_a</math></b>	<b><math>\sigma_a/\sigma_{aL}</math></b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	404,2	0,0	0,0	-2039,6	0,10	174268,9	0,48

#### **Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,40 \text{ mm}$  (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	376,6	0,0	0,0	0,00	0,00

#### **Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 14940,0 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,30 \text{ mm}$  (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

<b>Cmb</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b><math>\sigma_c/\sigma_{cL}</math></b>	<b>Wk</b>	<b>Wk/WkL</b>
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	146,6	0,0	0,0	-739,8	0,05	0,00	0,00

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 8.5 PALI DI FONDAZIONE

Le verifiche strutturali a pressoflessione dei pali vengono svolte col seguente procedimento:

Per le verifiche della testa del palo si utilizzano i seguenti dati:

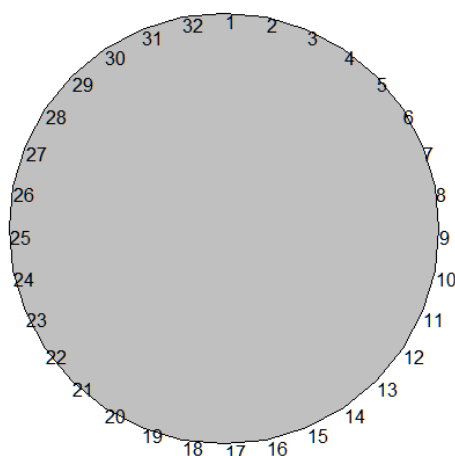
Diametro palo	$\phi_p =$	120	cm	
Area palo	$A_p =$	$\pi * \phi_p^2 / 4 =$	11309.7	cm <sup>2</sup>
Armatura corrente del palo	$A_a =$	44 $\Phi$ 26	233.2	cm <sup>2</sup> >0.3% $A_p$
Copriferro	$c =$	100.00	mm	

Le verifiche riportate nel seguito sono state svolte nella sezione posta in corrispondenza della testa del palo, laddove si trovano i valori più significativi delle sollecitazioni.

Sono di seguito riportate le verifiche in corrispondenza delle riduzioni d'armatura.

### 8.5.1.1 Verifica per presso-flessione testa palo

#### **2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni**



#### **Geometria della sezione:**

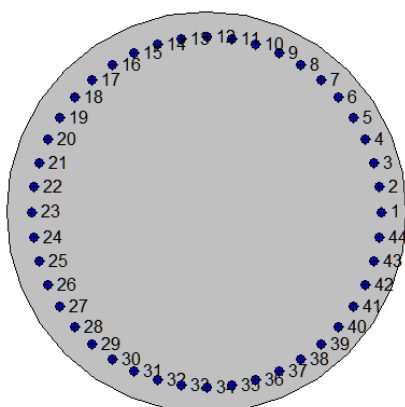
<b>Vert.</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
n.	cm	cm

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.

569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

1	60,0	120,0
2	71,7	118,8
3	83,0	115,4
4	93,3	109,9
5	102,4	102,4
6	109,9	93,3
7	115,4	83,0
8	118,8	71,7
9	120,0	60,0
10	118,8	48,3
11	115,4	37,0
12	109,9	26,7
13	102,4	17,6
14	93,3	10,1
15	83,0	4,6
16	71,7	1,2
17	60,0	0,0
18	48,3	1,2
19	37,0	4,6
20	26,7	10,1
21	17,6	17,6
22	10,1	26,7
23	4,6	37,0
24	1,2	48,3
25	0,0	60,0
26	1,2	71,7
27	4,6	83,0
28	10,1	93,3
29	17,6	102,4
30	26,7	109,9
31	37,0	115,4
32	48,3	118,8

**Armature:**

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	112,5	60,0	5,3	no
2	112,0	67,5	5,3	no
3	110,4	74,8	5,3	no

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

4	107,8	81,8	5,3	no
5	104,2	88,4	5,3	no
6	99,7	94,4	5,3	no
7	94,4	99,7	5,3	no
8	88,4	104,2	5,3	no
9	81,8	107,8	5,3	no
10	74,8	110,4	5,3	no
11	67,5	112,0	5,3	no
12	60,0	112,5	5,3	no
13	52,5	112,0	5,3	no
14	45,2	110,4	5,3	no
15	38,2	107,8	5,3	no
16	31,6	104,2	5,3	no
17	25,6	99,7	5,3	no
18	20,3	94,4	5,3	no
19	15,8	88,4	5,3	no
20	12,2	81,8	5,3	no
21	9,6	74,8	5,3	no
22	8,0	67,5	5,3	no
23	7,5	60,0	5,3	no
24	8,0	52,5	5,3	no
25	9,6	45,2	5,3	no
26	12,2	38,2	5,3	no
27	15,8	31,6	5,3	no
28	20,3	25,6	5,3	no
29	25,6	20,3	5,3	no
30	31,6	15,8	5,3	no
31	38,2	12,2	5,3	no
32	45,2	9,6	5,3	no
33	52,5	8,0	5,3	no
34	60,0	7,5	5,3	no
35	67,5	8,0	5,3	no
36	74,8	9,6	5,3	no
37	81,8	12,2	5,3	no
38	88,4	15,8	5,3	no
39	94,4	20,3	5,3	no
40	99,7	25,6	5,3	no
41	104,2	31,6	5,3	no
42	107,8	38,2	5,3	no
43	110,4	45,2	5,3	no
44	112,0	52,5	5,3	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 1**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente ordinario

**Materiali:**

**Calcestruzzo classe: C28/35**

$R_{ck}$  (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 350 daN/cm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 290 daN/cm<sup>2</sup>

$f_{ctm}$  (resistenza a trazione media) = 28 daN/cm<sup>2</sup>



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

G (modulo di elasticità tangenziale) = 145424 daN/cm<sup>2</sup>  
 E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 325750 daN/cm<sup>2</sup>  
 C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

$f_{yk}$  (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 $f_{kt}$  (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>

$\epsilon_{uk}$  (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>

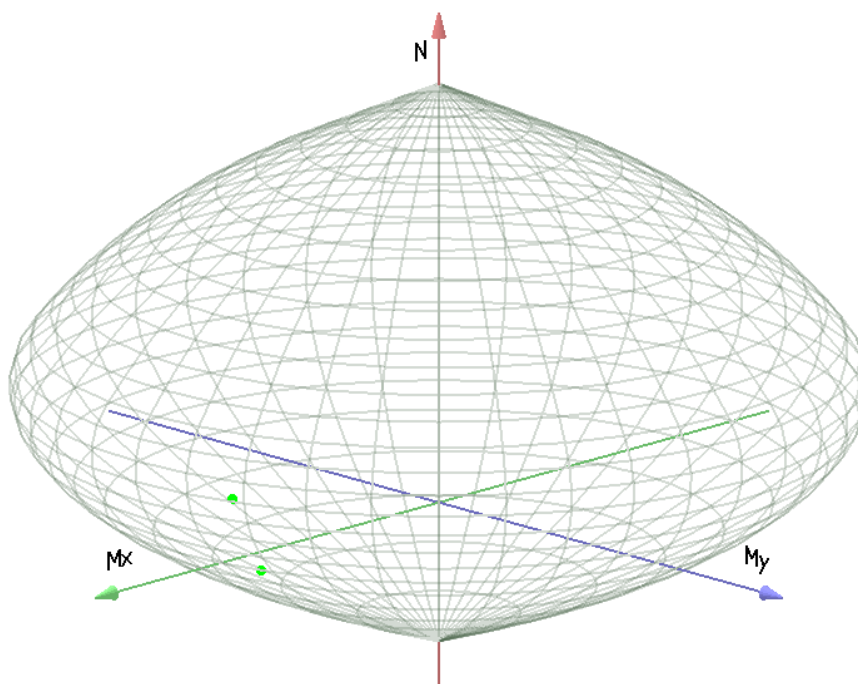
E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012

Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:



**Caratteristiche limite della sezione:**

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-9141,2	0,0	0,0	Completamente tesa
27608,1	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	3903,4	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-3903,4	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	3903,4	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-3903,4	Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per  $M_{xu}$ ,  $M_{yu}$  e  $N_u$  proporzionali (sigla verifica: P)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Verifica con rapporto  $M_{xu}$ ,  $M_{yu}$  assegnato (sigla verifica: M)  
Verifica con  $N_u$  costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N kN	Mx kN m	My kN m	Tipo	Nu kN	Mxu kN m	Myu kN m	Sd/Su	Verif.
1	4020,0	3394,5	0,0	P	5841,0	4932,1	0,0	0,690	OK
				M	17914,5	3394,6	0,0	0,220	
				N	4020,0	4742,2	0,0	0,720	
2	-1230,0	2923,3	0,0	P	-1454,4	3456,6	0,0	0,850	OK
				M	-2934,7	2924,9	0,0	0,420	
				N	-1230,0	3531,4	0,0	0,830	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N kN	Mx kN m	My kN m	Tipo	Nu kN	Mxu kN m	Myu kN m	Sd/Su	Verif.
2	-1230,0	2923,3	0,0	P	-1454,4	3456,6	0,0	0,850	OK
2	-1230,0	2923,3	0,0	M	-2934,7	2924,9	0,0	0,420	OK
2	-1230,0	2923,3	0,0	N	-1230,0	3531,4	0,0	0,830	OK

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 17400,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	$\sigma_c$ kN/mq	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$ kN/mq	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato 3 OK	1670,0	0,0	61,2	-9524,3	0,55	233319,2	0,65

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,40$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	Wk mm	Wk/WkL
n. e stato 4 OK	1220,0	0,0	356,0	0,20	0,49

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 13050,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	$\sigma_c$ kN/mq	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk mm	Wk/WkL
n. e stato 5 OK	1130,0	0,0	539,0	-6622,1	0,51	0,16	0,54

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 8.5.1.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo - testa palo

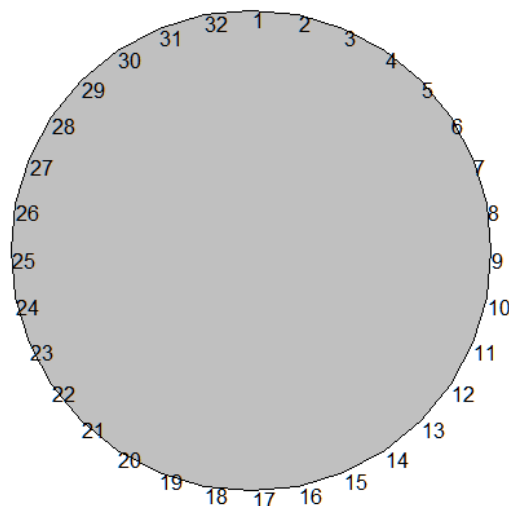
$V_{sdu}$	1056.72	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	-1230	kN
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	28	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\Phi$	120	cm
$bw$	108.00	cm
$h_e$	74.88	cm
$d$	67.38	cm
$Asl$	233.2	cm <sup>2</sup>
$c$	7.50	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1.57	rad
$\theta$	45.00	gradi
$ctg\theta$	1.00	
$\theta_{imposto}$	45.00	gradi
$Asw$	2.26	cm <sup>2</sup>
passo staffe	5	cm
$f_{cd}$	15.867	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd,0.05}$	1.240	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391.304	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	-1.5433	N/mm <sup>2</sup>
<b>verifica senza armatura resistente a taglio</b>		
$V_{Rd}$	310.880	kN
$V_{Rd,min}$	90.312	kN
$\rho_{sw,min}$	0.000941	
$s_{l,max}$	50.53	cm
$A_{sw,min}$	5.134	cm <sup>2</sup> / $s_{l,max}$
<b>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</b>		
$V_{Rcd}$	2345.070	kN
$V_{Rsd}$	1072.506	kN
$V_{Rd}$	1072.506	kN

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 8.5.1.3 Verifica per presso-flessione- riduzione armatura pos 1-2

#### **2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni**



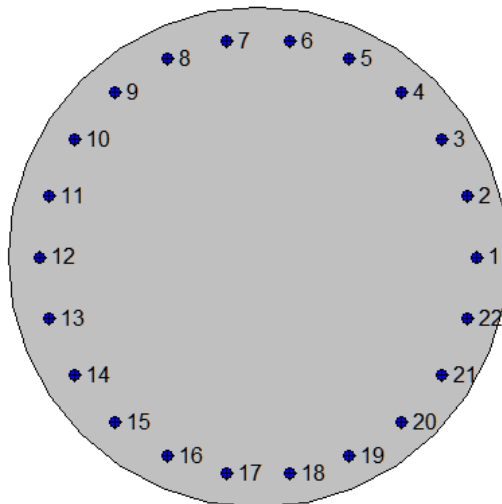
#### **Geometria della sezione:**

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	60,0	120,0
2	71,7	118,8
3	83,0	115,4
4	93,3	109,9
5	102,4	102,4
6	109,9	93,3
7	115,4	83,0
8	118,8	71,7
9	120,0	60,0
10	118,8	48,3
11	115,4	37,0
12	109,9	26,7
13	102,4	17,6
14	93,3	10,1
15	83,0	4,6
16	71,7	1,2
17	60,0	0,0
18	48,3	1,2
19	37,0	4,6
20	26,7	10,1
21	17,6	17,6
22	10,1	26,7
23	4,6	37,0
24	1,2	48,3
25	0,0	60,0
26	1,2	71,7
27	4,6	83,0
28	10,1	93,3
29	17,6	102,4
30	26,7	109,9

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

31	37,0	115,4
32	48,3	118,8

**Armature:**

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	112,5	60,0	5,3	no
2	110,4	74,8	5,3	no
3	104,2	88,4	5,3	no
4	94,4	99,7	5,3	no
5	81,8	107,8	5,3	no
6	67,5	112,0	5,3	no
7	52,5	112,0	5,3	no
8	38,2	107,8	5,3	no
9	25,6	99,7	5,3	no
10	15,8	88,4	5,3	no
11	9,6	74,8	5,3	no
12	7,5	60,0	5,3	no
13	9,6	45,2	5,3	no
14	15,8	31,6	5,3	no
15	25,6	20,3	5,3	no
16	38,2	12,2	5,3	no
17	52,5	8,0	5,3	no
18	67,5	8,0	5,3	no
19	81,8	12,2	5,3	no
20	94,4	20,3	5,3	no
21	104,2	31,6	5,3	no
22	110,4	45,2	5,3	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 2**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente ordinario

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Materiali:****Calcestruzzo classe: C28/35**

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 350 daN/cm<sup>2</sup>  
fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 290 daN/cm<sup>2</sup>  
fctm (resistenza a trazione media) = 28 daN/cm<sup>2</sup>  
G (modulo di elasticità tangenziale) = 145424 daN/cm<sup>2</sup>  
E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 325750 daN/cm<sup>2</sup>  
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

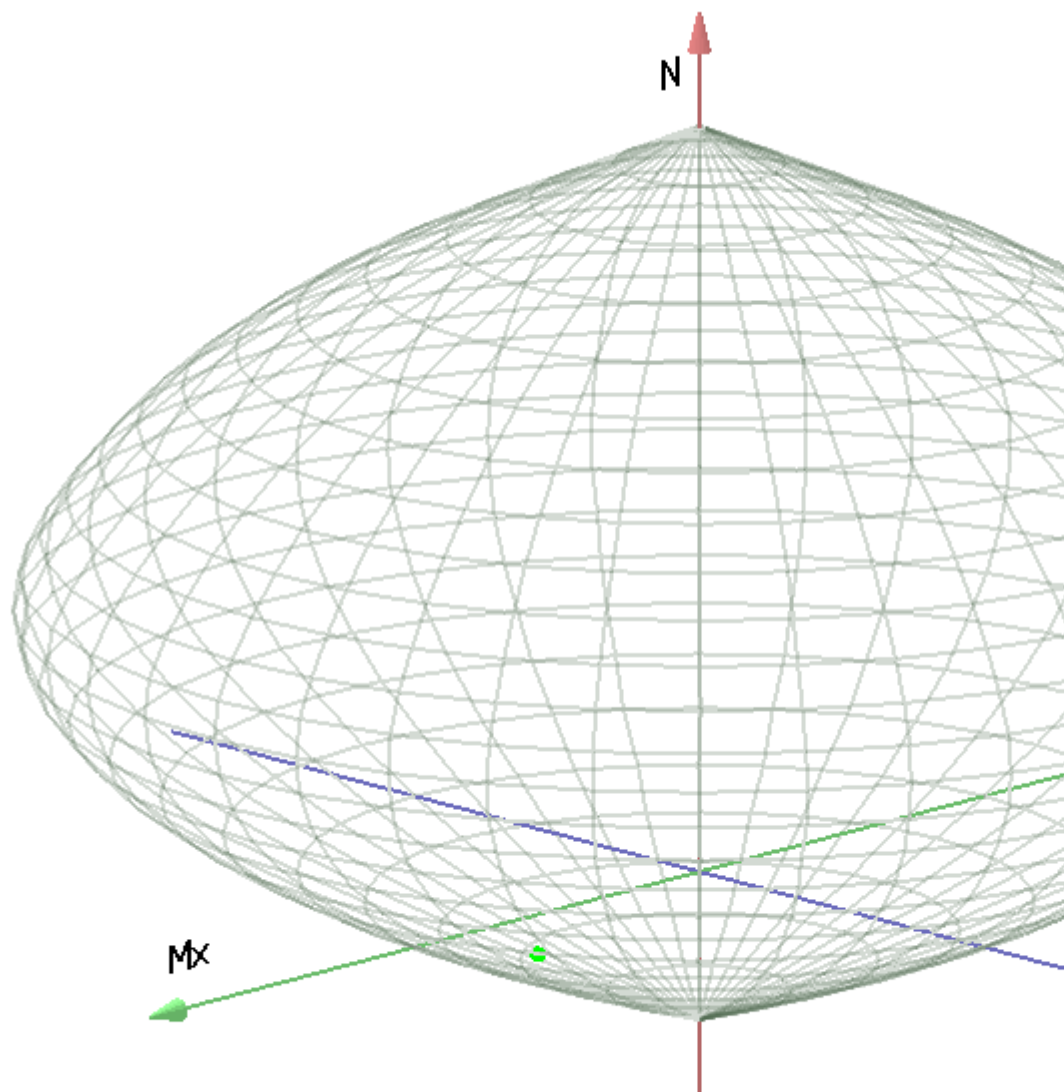
**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
εuk (deformazione di rottura) = 0.075  
G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



#### Caratteristiche limite della sezione:

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-4570,6	0,0	0,0	Completamente tesa
23037,5	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	2112,5	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-2112,5	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	2113,8	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-2113,8	Fibre di destra tese

#### Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
------	---	----	----	------	----	-----	-----	-------	--------

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-1230,0	1200,0	0,0	P	-1536,5	1499,0	0,0	0,800	OK
				M	-2194,1	1200,8	0,0	0,560	
				N	-1230,0	1633,5	0,0	0,730	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	-1230,0	1200,0	0,0	P	-1536,5	1499,0	0,0	0,800	OK
1	-1230,0	1200,0	0,0	M	-2194,1	1200,8	0,0	0,560	OK
1	-1230,0	1200,0	0,0	N	-1230,0	1633,5	0,0	0,730	OK

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 17400,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	600,0	0,0	61,2	-5050,4	0,29	153288,9	0,43

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,40$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	450,0	0,0	356,0	0,00	0,00

#### Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 13050,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
4 OK	400,0	0,0	539,0	-3302,2	0,25	0,00	0,00



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

#### 8.5.1.4 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo - riduzione armatura pos 1-2

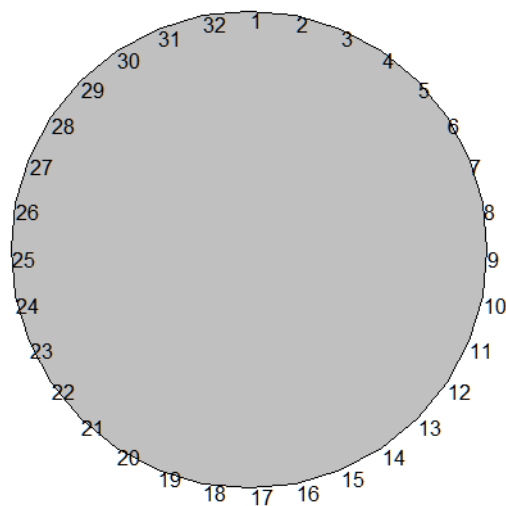
$V_{sdu}$	230	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	-400	kN
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	28	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\Phi$	120	cm
$bw$	108.00	cm
$h_e$	74.88	cm
$d$	67.38	cm
$Asl$	116.6	cm <sup>2</sup>
$c$	7.50	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1.57	rad
$\theta$	45.00	gradi
$ctg\theta$	1.00	
$\theta_{imposto}$	45.00	gradi
$Asw$	2.26	cm <sup>2</sup>
passo staffe	25	cm
$f_{cd}$	15.867	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd_{0,05}}$	1.240	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391.304	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	-0.4982	N/mm <sup>2</sup>
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	326.061	kN

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 8.5.1.5 Verifica per presso-flessione- riduzione armatura pos 2-3

### 2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



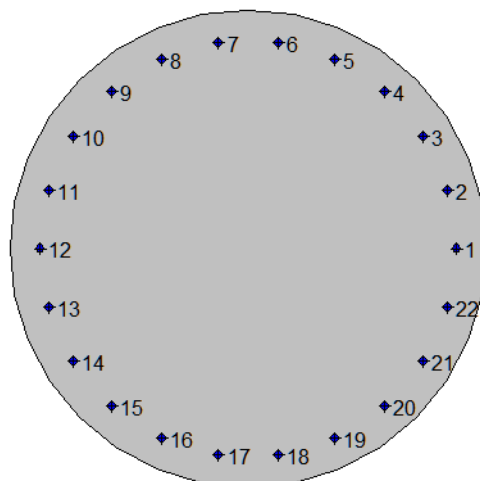
#### Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	60,0	120,0
2	71,7	118,8
3	83,0	115,4
4	93,3	109,9
5	102,4	102,4
6	109,9	93,3
7	115,4	83,0
8	118,8	71,7
9	120,0	60,0
10	118,8	48,3
11	115,4	37,0
12	109,9	26,7
13	102,4	17,6
14	93,3	10,1
15	83,0	4,6
16	71,7	1,2
17	60,0	0,0
18	48,3	1,2
19	37,0	4,6
20	26,7	10,1
21	17,6	17,6
22	10,1	26,7
23	4,6	37,0
24	1,2	48,3
25	0,0	60,0
26	1,2	71,7
27	4,6	83,0
28	10,1	93,3

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

29	17,6	102,4
30	26,7	109,9
31	37,0	115,4
32	48,3	118,8

**Armature:**

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	112,5	60,0	3,1	no
2	110,4	74,8	3,1	no
3	104,2	88,4	3,1	no
4	94,4	99,7	3,1	no
5	81,8	107,8	3,1	no
6	67,5	112,0	3,1	no
7	52,5	112,0	3,1	no
8	38,2	107,8	3,1	no
9	25,6	99,7	3,1	no
10	15,8	88,4	3,1	no
11	9,6	74,8	3,1	no
12	7,5	60,0	3,1	no
13	9,6	45,2	3,1	no
14	15,8	31,6	3,1	no
15	25,6	20,3	3,1	no
16	38,2	12,2	3,1	no
17	52,5	8,0	3,1	no
18	67,5	8,0	3,1	no
19	81,8	12,2	3,1	no
20	94,4	20,3	3,1	no
21	104,2	31,6	3,1	no
22	110,4	45,2	3,1	no

**Le posizioni di riferimento nell'elaborato grafico sono: pos. 3**

**Normativa di riferimento:**

D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Note:**

Verifiche SLE per ambiente ordinario

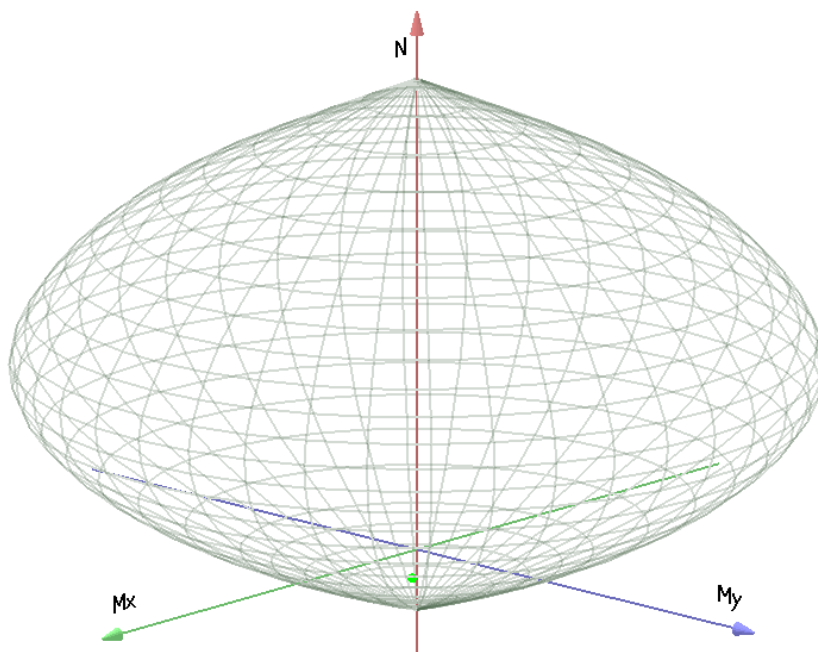
**Materiali:****Calcestruzzo classe: C28/35**

$R_{ck}$  (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 350 daN/cm<sup>2</sup>  
 $f_{ck}$  (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 290 daN/cm<sup>2</sup>  
 $f_{ctm}$  (resistenza a trazione media) = 28 daN/cm<sup>2</sup>  
 $G$  (modulo di elasticità tangenziale) = 145424 daN/cm<sup>2</sup>  
 $E$  (modulo elastico istantaneo iniziale) = 325750 daN/cm<sup>2</sup>  
 $\nu$  (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050  
 Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

**Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C**

$f_{yk}$  (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
 $f_{kt}$  (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{uk}$  (deformazione di rottura) = 0.075  
 $G$  (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm<sup>2</sup>  
 $E$  (modulo elastico) = 2060000 daN/cm<sup>2</sup>  
 $\nu$  (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30  
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012  
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:

**Caratteristiche limite della sezione:**

$N_u$	$M_{xu}$	$M_{yu}$	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-2704,5	0,0	0,0	Completamente tesa
21171,4	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	1320,5	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-1320,5	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	1316,9	Fibre di sinistra tese

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

0,0      0,0      -1316,9      Fibre di destra tese

**Verifiche stato limite ultimo:**

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per  $M_{xu}$ ,  $M_{yu}$  e  $N_u$  proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto  $M_{xu}$ ,  $M_{yu}$  assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con  $N_u$  costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N kN	Mx kN m	My kN m	Tipo	Nu kN	Mxu kN m	Myu kN m	Sd/Su	Verif.
1	-1230,0	50,0	0,0	P	-2525,7	102,7	0,0	0,490	OK
				M	-2618,7	50,1	0,0	0,470	
				N	-1230,0	765,7	0,0	0,060	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N kN	Mx kN m	My kN m	Tipo	Nu kN	Mxu kN m	Myu kN m	Sd/Su	Verif.
1	-1230,0	50,0	0,0	P	-2525,7	102,7	0,0	0,490	OK
1	-1230,0	50,0	0,0	M	-2618,7	50,1	0,0	0,470	OK
1	-1230,0	50,0	0,0	N	-1230,0	765,7	0,0	0,060	OK

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:**

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_{cL} = 17400,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_{aL} = 360000,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	$\sigma_c$ kN/mq	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	$\sigma_a$ kN/mq	$\sigma_a/\sigma_{aL}$
n. e stato							
2 OK	40,0	0,0	61,2	-400,4	0,02	7848,1	0,02

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:**

Valori limite:

Fessure:  $W_{kL} = 0,40$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	Wk mm	Wk/WkL
n. e stato					
3 OK	40,0	0,0	356,0	0,00	0,00

**Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:**

Valori limite:

CLS:  $\sigma_{cL} = 13050,0$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$ )

Fessure:  $W_{kL} = 0,30$  mm (verifica Ok per  $W_k/W_{kL} < 1$ )

Cmb	Mx kN m	My kN m	N kN	$\sigma_c$ kN/mq	$\sigma_c/\sigma_{cL}$	Wk mm	Wk/WkL
n. e stato							
4 OK	40,0	0,0	539,0	-648,2	0,05	0,00	0,00

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 9. VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PORTANZA DEI PALI FONDAZIONE

### 9.1 PREMESSA

Nei paragrafi seguenti si illustrano le verifiche geotecniche dei pali di fondazione, con riferimento alla verifica di capacità portante verticale.

Fondazione 10 pali  $L_{\text{pali}} = 38 \text{ m}$   $D_{\text{pali}} = 1.2 \text{ m}$

Di seguito si riassumono le sollecitazioni nelle combinazioni SLU statiche e sismiche, ottenute come output implementando in Group le sollecitazioni agenti all'intradosso fondazione, precedentemente riportate. Nelle tabelle si assume la convenzione di sforzo normale di compressione positivo e sforzo normale di trazione negativo.

L'analisi della fondazione viene condotta con riferimento a tutte le combinazioni di carico riportate nel precedente paragrafo ma per maggiore chiarezza si riportano, per ogni stato limite, gli sforzi sul palo più sollecitato. Si riportano inoltre le sollecitazioni in combinazione RARA, utilizzate per il calcolo degli spostamenti attesi sulla palificata.

<b>SLU_GEO -Condizioni statiche</b>	
Palo 6	Palo 5
$N_{\min}$	$N_{\max}$
-44	3410

Ottenute dalle seguenti azioni in testa ai pali:

<b>N (kN)</b>	<b>Mt (kNm)</b>	<b>MI (kNm)</b>	<b>Tt (kN)</b>	<b>TI (kN)</b>
17227	6103	18290	158	4244

<b>SLU – Condizioni sismiche</b>	
Palo 6	Palo 5
$N_{\min}$	$N_{\max}$
-1230	4020

Ottenute dalle seguenti azioni in testa ai pali:

<b>N (kN)</b>	<b>Mt (kNm)</b>	<b>MI (kNm)</b>	<b>Tt(kN)</b>	<b>TI (kN)</b>
14279	1249	21634	1055	9119

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

<b>SLE RARA</b>					
Palo 6		Palo 5		Palo 5	
N <sub>min</sub>	T	N <sub>max</sub>	T	T <sub>max</sub>	N
-68	343	3180	438	521	2760

Ottenute dalle seguenti azioni in testa ai pali:

<b><i>N (kN)</i></b>	<b><i>Mt (kNm)</i></b>	<b><i>MI (kNm)</i></b>	<b><i>Tt(kN)</i></b>	<b><i>TI (kN)</i></b>
16800	5307	16014	137	3798
14129	486	12744	105	4552
10829	0	2852	0	3595

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 9.2 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE

Di seguito vengono riportate le verifiche a capacità portante del palo soggetto a carichi assiali di trazione e compressione. Le verifiche sono state effettuate trascurando i primi 2 metri di terreno, considerando quindi una lunghezza del palo di 36 metri e facendo riferimento alla seguenti caratteristiche del terreno. La prima tabella si riferisce al terreno in condizioni drenate mentre la seconda in condizioni a breve termine.

N°	Da (m) (m)	A	Z <sub>m</sub> (m)	ΔH (m)	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	σ' <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>vm</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	φ' <sub>k</sub> (°)	tgΦ'/γ	φ' <sub>d</sub> (°)	μ = tg(Φ')	k	α	τ <sub>lim</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
	0,00					25,00								
1			-4,00	8,00	9,00		61,00	20	0,36	20	0,36	0,70	0,70	<b>35,14</b>
	-8,00					97,00								
2			-10,50	5,00	11,00		124,50	38	0,78	38	0,78	0,70	0,00	<b>68,09</b>
	-13,00					152,00								
3			-24,50	23,00	9,00		255,50	20	0,36	20	0,36	0,70	0,70	<b>84,70</b>
	-36,00					359,00								

N°	Da (m) (m)	A	Z <sub>m</sub> (m)	ΔH (m)	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	σ' <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>vm</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	φ' <sub>k</sub> (°)	tgΦ'/γ	φ' <sub>d</sub> (°)	μ = tg(Φ')	k	α	τ <sub>lim</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
	0,00					25,00								
1			-4,00	8,00	9,00		61,00	20	0,36	20	0,36	0,70	0,40	<b>90,00</b>
	-8,00					97,00								
2			-10,50	5,00	11,00		124,50	38	0,78	38	0,78	0,70	0,00	<b>68,09</b>
	-13,00					152,00								
3			-24,50	23,00	9,00		255,50	20	0,36	20	0,36	0,70	0,70	<b>84,70</b>
	-36,00					359,00								

Si riportano inoltre i coefficienti di sicurezza utilizzati per il calcolo dei diversi contributi di portanza. Si è utilizzato il coefficiente di correlazione associato ad un numero di verticali indagate pari a tre ovvero  $\xi = 1.7$ .



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

<b>Coefficienti</b>		
<b>Azioni</b>	<b>Sismiche</b>	<b>Statiche</b>
Portata Laterale Compressione	1,15	1,45
Portata laterale sfilamento	1,25	1,6
Portata alla punta	1,35	1,7

Nel calcolo delle portanze viene considerato il peso del palo soltanto in condizioni drenate e per palo soggetto a compressione, mentre per la verifica a sfilamento viene trascurato.

<b>Condizioni drenate</b>				
<b>Condizione</b>	<b>Azione</b>	<b>Sollecitazione</b>	<b>Resistenza</b>	<b>CS</b>
<b>Statica</b>	Compressione	4065	4820	<b>0,84</b>
	Sfilamento	-44	-3407	<b>0,01</b>
<b>Sismica</b>	Compressione	4675	6076	<b>0,77</b>
	Sfilamento	-1230	-4556	<b>0,27</b>

<b>Condizioni NON drenate</b>				
<b>Condizione</b>	<b>Azione</b>	<b>Sollecitazione</b>	<b>Resistenza</b>	<b>CS</b>
<b>Statica</b>	Compressione	3410	5595	<b>0,61</b>
	Sfilamento	-44	-4212	<b>0,01</b>
<b>Sismica</b>	Compressione	4020	6879	<b>0,58</b>
	Sfilamento	-1230	-5391	<b>0,23</b>

Dalla tabelle sopra riportate si evince che le verifiche in condizioni drenate risultano essere le più gravose.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 9.3 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE

Per quanto concerne la determinazione della resistenza di progetto del palo singolo per carichi orizzontali si ritiene che, in virtù della flessibilità dei pali della fondazione in esame sottoposti a tali carichi, tale meccanismo di rottura non sia possibile, e che le problematiche progettuali della palificata sottoposta ai carichi di progetto orizzontali afferiscano alla limitazione degli spostamenti orizzontali entro i limiti accettabili, imposti dal progettista strutturale (verifiche SLE-RARA). Nella valutazione del campo di spostamento indotto si deve tener conto anche delle rotazioni.

La determinazione degli spostamenti e delle rotazioni è stata svolta con il codice Group 7. Impletando le combinazioni di carico in combinazione caratteristica (RARA) si ottengono i seguenti spostamenti massimi.

$$\delta^H_L = 8.2 \text{ mm}$$

$$\delta^H_T = 0.33 \text{ mm}$$

$$\delta^H_v = 0.8 \text{ mm}$$

La quota parte di tali spostamenti dovuta al solo contributo dei carichi permanenti risulta essere:

$$\delta^H_{L,P} = 3.8 \text{ mm}$$

$$\delta^H_{v,P} = 0.68 \text{ mm}$$

Da ciò si evince che in condizioni di esercizio rare l'incremento massimo di spostamento dovuto ai carichi variabili si ha chiaramente in direzione longitudinale e vale:

$$\Delta x = \delta^H_L - \delta^H_{L,P} = 8.4 - 3.8 = 4.6 \text{ mm}$$

Si conclude pertanto che in condizioni di esercizio non sono attesi spostamenti maggiori di 4.6 mm e quindi di entità tale da produrre danneggiamenti alla sovrastruttura.