

**S.S.131 DI "CARLO FELICE"**  
Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
Risoluzione dei nodi critici 2° stralcio  
dal km 108+300 al km 158+000

**PROGETTO ESECUTIVO**

CA284

R.T.I. di PROGETTAZIONE:

Mandataria



**PRO  
ITER**  
Progetto  
Infrastrutture  
Territorio s.r.l.

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

Mandante



Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Formichi - Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)  
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Nicola D'Alessandro - Delta Ingegneria srl  
Ordine Ing. di Agrigento n. A995

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Massimo Mezzanatica - Pro Iter srl  
Albo Geol. Lombardia n. A762

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Diego Ceccherelli  
Ordine Ing. di Milano n. 15813

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore Frasca

PROTOCOLLO

DATA



**OPERE D'ARTE MINORI**  
**Ponticello idraulico L=40.00 m Km 138+970 - PO04 su S07**  
**SPALLE - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO**

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

LOPLSQ E 1901

NOME FILE

T00PO04STRRE02B

CODICE  
ELAB.

T00PO04STRRE02

REVISIONE

SCALA

B

.

D					
C					
B	REVISIONE PER ISTRUTTORIA, VERIFICA E CONTROLLI D.LGS. 35/11	Aprile 2021	Ing.D. D'ALESSANDRO	Ing. M. CARLINO	Ing.N. D'ALESSANDRO
A	Emissione	Marzo 2020	Ing.D. D'ALESSANDRO	Ing. M. CARLINO	Ing.N. D'ALESSANDRO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**Indice**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>6</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	6
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>13</b>
3.1	CALCESTRUZZO.....	13
3.1.1	<i>Soletta</i> .....	13
3.1.2	<i>Predalles</i> .....	13
3.1.3	<i>Spalle – fondazioni</i> .....	14
3.1.4	<i>Spalle – elevazioni</i> .....	15
3.1.5	<i>Muri d'ala – fondazioni</i> .....	15
3.1.6	<i>Muri d'ala – elevazioni</i> .....	16
3.1.7	<i>Baggioli</i> .....	17
3.2	ACCIAIO ARMATURA ORDINARIA .....	18
3.3	ACCIAIO CARPENTERIA METALLICA.....	19
3.4	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI .....	20
<b>4</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO</b> .....	<b>22</b>
4.1	SPINTA A TERGO DEI MURI E DELLE SPALLE .....	22
4.1.1	<i>Spinta attiva - Metodo di Coulomb</i> .....	22
4.1.2	<i>Spinta in presenza di falda</i> .....	23
4.1.3	<i>Spinta a Riposo</i> .....	23
4.1.4	<i>Spinta in presenza di sisma - Metodo di Mononobe-Okabe</i> .....	23
4.2	VERIFICA AL CARICO LIMITE .....	24
<b>5</b>	<b>MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI</b> .....	<b>28</b>
5.1	PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO .....	28
5.1.1	<i>Origine e caratteristiche dei codici di calcolo</i> .....	28
5.1.2	<i>Affidabilità dei codici di calcolo</i> .....	28
5.1.3	<i>Modalità di presentazione dei risultati</i> .....	28
5.2	VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO SULLA LORO ACCETTABILITÀ .....	29
5.3	MODELLO DI CALCOLO .....	29
<b>6</b>	<b>CARATTERISTICHE DEL TERRENO</b> .....	<b>36</b>
6.1	TERRENO DI RIEMPIMENTO .....	36
6.2	STRATO DI BASE .....	36

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>37</b>
7.1	PESI PROPRI.....	37
7.2	CARICHI PERMANENTI .....	37
7.2.1	<i>Peso del riempimento</i> .....	39
7.2.2	<i>Spinta del rinterro</i> .....	39
7.3	RITIRO E VISCOSITÀ DEL CALCESTRUZZO.....	40
7.4	CARICHI VARIABILI.....	44
7.4.1	<i>Carichi variabili sull'impalcato</i> .....	44
7.4.2	<i>Carichi variabili a tergo delle spalle</i> .....	46
7.5	FRENATURA .....	48
7.6	CENTRIFUGA .....	49
7.7	VENTO .....	49
7.8	VARIAZIONI TERMICHE.....	56
7.9	AZIONE SISMICA.....	56
7.10	URTO.....	58
7.11	CARICHI VARIABILI PER LE VERIFICHE A FATICA .....	59
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DEI CARICHI .....</b>	<b>61</b>
8.1	COMBINAZIONI PER VERIFICHE ALLO SLU.....	64
8.2	COMBINAZIONI PER VERIFICHE ALLO SLE .....	65
8.3	RIEPILOGO DELLE COMBINAZIONI DI CARICO .....	66
<b>9</b>	<b>RISULTATI DEI CALCOLI .....</b>	<b>67</b>
9.1	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE .....	67
9.2	SOLLECITAZIONI SULLE SPALLE.....	73
9.2.1	<i>SLU</i> .....	73
9.2.2	<i>SLE – combinazione rara</i> .....	85
9.3	SOLLECITAZIONI SULLE FONDAZIONI DELLE SPALLE .....	93
<b>10</b>	<b>VERIFICHE DELLE SPALLE.....</b>	<b>98</b>
10.1	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE .....	98
10.1.1	<i>Sollecitazioni di verifica</i> .....	98
10.1.1.1	<b>Sollecitazioni di verifica</b> .....	98
10.1.2	<i>Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione orizzontale</i> .....	99
10.1.2.1	<b>Sezione di verifica</b> .....	99
10.1.2.2	<b>SLU</b> .....	99
10.1.2.3	<b>SLE</b> .....	99
10.1.2.4	<b>SLF</b> .....	99
10.1.3	<i>Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione verticale</i> .....	99
Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle		2

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

10.1.3.1	<b>Sezione di verifica</b> .....	99
10.1.3.2	<b>Armatatura interna</b> .....	100
10.1.3.2.1	SLU.....	100
10.1.3.2.2	SLE.....	100
10.1.3.2.3	SLF.....	100
10.1.3.3	<b>Armatatura esterna</b> .....	100
10.1.3.3.1	SLU.....	100
10.1.3.3.2	SLE.....	101
10.1.3.3.3	SLF.....	101
10.1.4	<b>Verifiche a taglio</b> .....	101
10.1.4.1	<b>Sezione di verifica</b> .....	101
10.1.4.2	<b>SLU</b> .....	101
10.2	<b>VERIFICHE DEI MURI ANDATORI</b> .....	102
10.2.1	<b>Sollecitazioni di verifica</b> .....	102
10.2.1.1	<b>Sollecitazioni di verifica</b> .....	102
10.2.2	<b>Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione orizzontale</b> .....	103
10.2.2.1	<b>Sezione di verifica</b> .....	103
10.2.2.2	<b>SLU</b> .....	103
10.2.2.3	<b>SLE</b> .....	103
10.2.2.4	<b>SLF</b> .....	104
10.2.3	<b>Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione verticale</b> .....	104
10.2.3.1	<b>Sezione di verifica</b> .....	104
10.2.3.2	<b>Armatatura interna</b> .....	104
10.2.3.2.1	SLU.....	104
10.2.3.2.2	SLE.....	104
10.2.3.2.3	SLF.....	105
10.2.3.3	<b>Armatatura esterna</b> .....	105
10.2.3.3.1	SLU.....	105
10.2.3.3.2	SLE.....	105
10.2.3.3.3	SLF.....	105
10.2.4	<b>Verifiche a taglio</b> .....	105
10.2.4.1	<b>Sezione di verifica</b> .....	106
10.2.4.2	<b>SLU</b> .....	106
10.3	<b>VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA</b> .....	106
10.3.1	<b>Sollecitazioni di verifica</b> .....	106
10.3.1.1	<b>Sollecitazioni di verifica</b> .....	106
10.3.2	<b>Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione orizzontale</b> .....	107
10.3.2.1	<b>Sezione di verifica</b> .....	107
10.3.2.2	<b>SLU</b> .....	108
10.3.2.3	<b>SLE</b> .....	108
10.3.2.4	<b>SLF</b> .....	108

10.3.3	Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione verticale.....	108
10.3.3.1	Sezione di verifica.....	108
10.3.3.2	Armatatura interna.....	108
10.3.3.2.1	SLU.....	109
10.3.3.2.2	SLE.....	109
10.3.3.2.3	SLF.....	109
10.3.3.3	Armatatura esterna.....	109
10.3.3.3.1	SLU.....	109
10.3.3.3.2	SLE.....	109
10.3.3.3.3	SLF.....	110
10.3.4	Verifiche a taglio.....	110
10.3.4.1	Sezione di verifica.....	110
10.3.4.2	SLU.....	110
10.4	VERIFICHE DELLA PIASTRA DI FONDAZIONE.....	111
10.4.1	Sollecitazioni di verifica.....	111
10.4.1.1	Sollecitazioni di verifica.....	111
10.4.2	Verifiche a flessione.....	111
10.4.2.1	Sezione di verifica.....	111
10.4.2.2	SLU.....	111
10.4.2.3	SLE.....	111
10.4.2.4	SLF.....	112
10.4.3	Verifiche a taglio.....	112
10.4.3.1	Sezione di verifica.....	112
10.4.3.2	SLU.....	112
<b>11</b>	<b>BAGGIOLI.....</b>	<b>113</b>
11.1	COMPRESSIONE.....	113
11.2	TAGLIO.....	115
<b>12</b>	<b>RITEGNI SISMICI.....</b>	<b>117</b>
<b>13</b>	<b>SOLLECITAZIONI ALLA BASE DELLE FONDAZIONI DELLE SPALLE.....</b>	<b>120</b>
<b>14</b>	<b>MURI D'ALA.....</b>	<b>122</b>
14.1	GENERALITÀ.....	122
14.2	MODELLAZIONE.....	123
14.2.1	Tipo di analisi svolta.....	123
14.2.2	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	124
14.2.3	Affidabilità dei codici di calcolo.....	124
14.2.4	Modalità di presentazione dei risultati.....	124
14.2.5	Informazioni generali sull'elaborazione.....	124

14.2.6	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati .....	125
14.3	CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO .....	125
14.3.1	Metodo di Culmann .....	125
14.3.2	Spinta in presenza di falda .....	126
14.3.3	Spinta in presenza di sisma .....	126
14.4	ANALISI DEI CARICHI .....	126
14.4.1	Pesi propri .....	126
14.4.2	Spinta del terreno .....	126
14.4.3	Carichi variabili .....	128
14.4.4	Azione sismica .....	129
14.5	COMBINAZIONI DEI CARICHI .....	129
14.5.1	Riepilogo dei coefficienti .....	129
14.5.2	Descrizione combinazioni di carico .....	130
14.6	RISULTATI DEL CALCOLO DELLE FORZE .....	133
14.6.1	Spinta .....	133
14.6.2	Forze .....	136
14.7	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	137
14.7.1	Verifica a ribaltamento .....	137
14.7.2	Verifica a scorrimento .....	139
14.7.3	Verifica al carico limite .....	140
14.7.4	Verifica alla stabilità globale .....	142
14.8	VERIFICHE STRUTTURALI .....	147
14.8.1	Inviluppo delle sollecitazioni .....	147
14.8.2	Armature .....	148
14.8.3	Verifiche a flessione .....	148
14.8.4	Verifiche a taglio .....	158
14.8.5	Verifica delle tensioni .....	167
14.8.6	Verifiche a fessurazione .....	175

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione sono riportati i calcoli e le verifiche relative alle spalle del ponte da realizzarsi alla progressiva 138.970 della S.S. 131.

Il manufatto sarà realizzato nell'ambito del progetto di adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131, ed in particolare all'interno dello Stralcio 2, riguardante il tratto dal Km 108+300 al Km 158+000.

I carichi agenti sono stati valutati in accordo con quanto previsto dalla vigente normativa; in particolare le azioni sono quelle tipiche di un ponte stradale, ai sensi delle NTC 2008.

L'opera ricade in zona sismica, pertanto, saranno applicate le azioni di rito previste dalla norma, così come riportato nei capitoli successivi.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il tracciato si sviluppa planimetricamente in corrispondenza di un rettilineo, mentre altimetricamente è caratterizzato da una livelletta a pendenza costante.

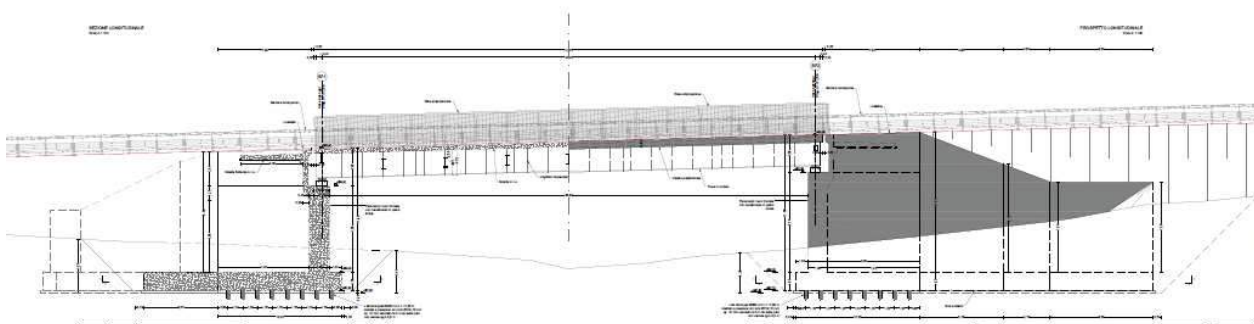


Figura 1 – Profilo longitudinale

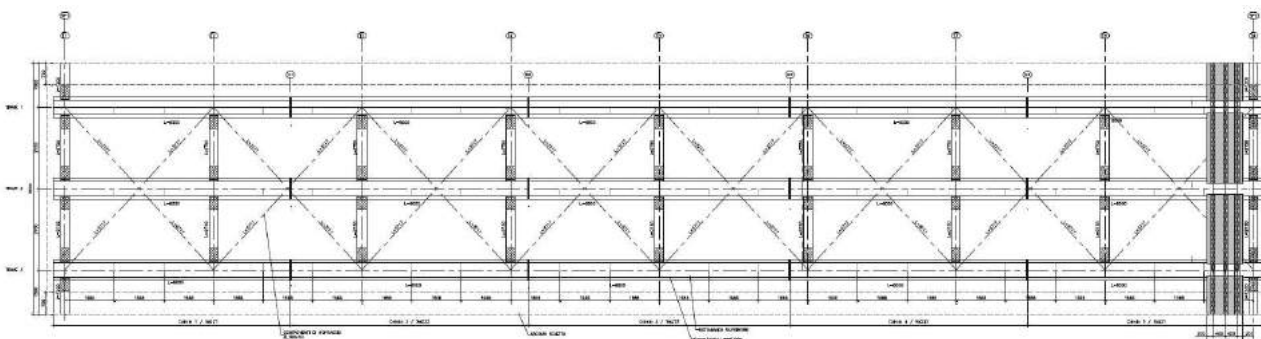


Figura 2 – Pianta impalcato

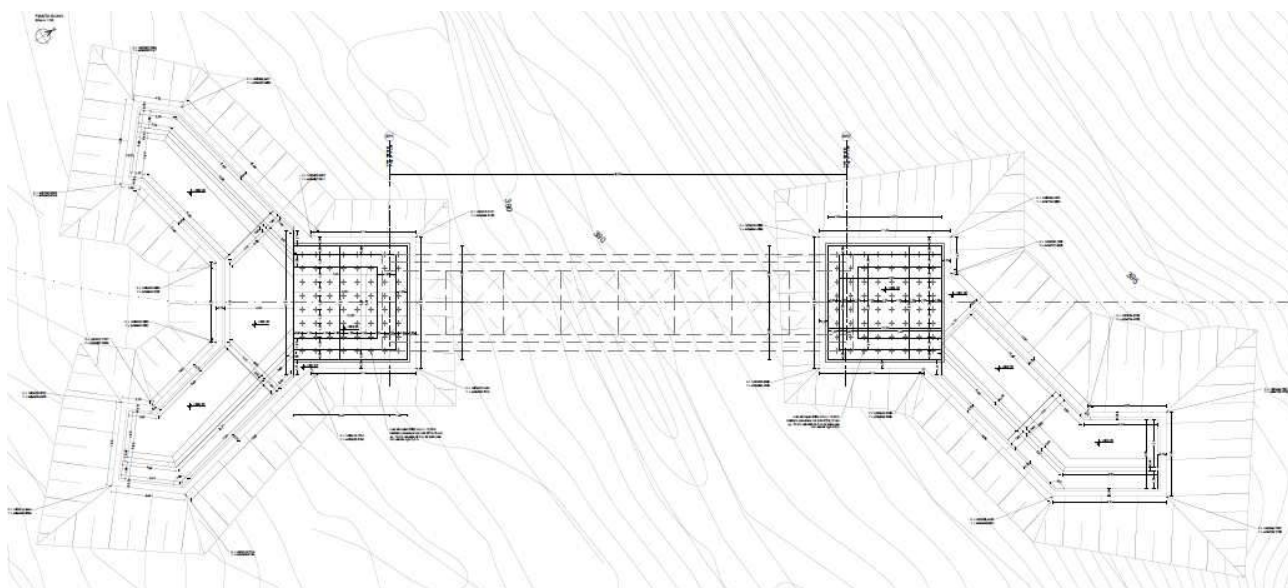


Figura 3 – pianta delle fondazioni

L'impalcato è realizzato con sistema misto acciaio-calcestruzzo con schema statico di trave appoggiata a singola campata di luce pari a 40 m.

La struttura metallica è composta da tre travi longitudinali in acciaio a doppia T, aventi altezza di 2.00 m e interasse di 2.75 m, collegate da traversi metallici, anch'essi a doppia T, disposti ad interasse di 5.00 m e aventi altezza di 0.80 m; tali elementi sono collegati mediante giunti bullonati alle nervature verticali delle travi principali.

Le travi sono suddivise in conci; si identificano n°3 differenti sezioni tipo, le cui caratteristiche sono individuate nelle figure che seguono.

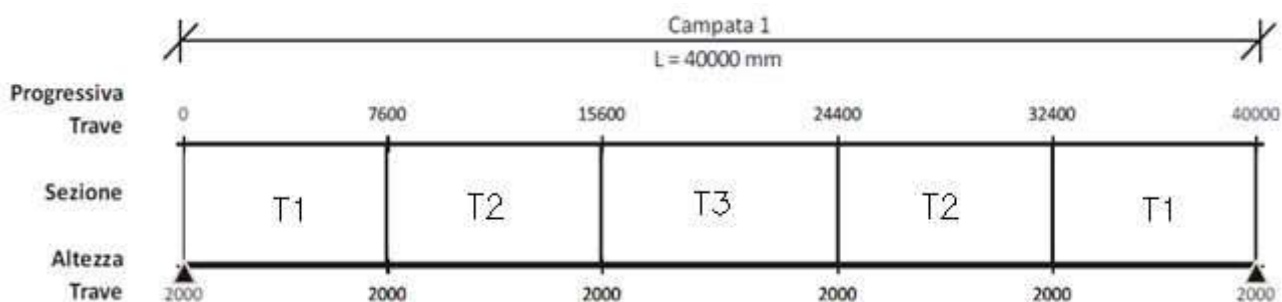


Figura 4 – Identificazione delle sezioni tipo per i diversi conci

Le dimensioni delle travi sono riportate di seguito:



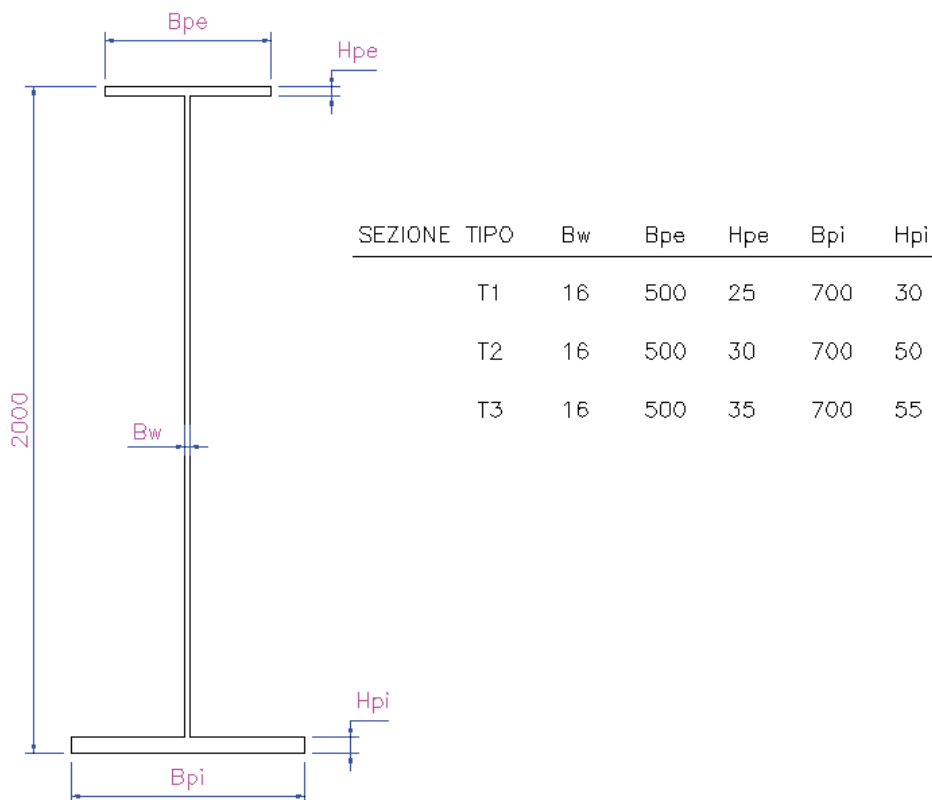


Figura 5 – Dimensioni delle travi

La soletta in c.a. è larga 8.50 m, di cui 7.00 m costituiscono la sede stradale; sono presenti due cordoli esterni di larghezza pari a 0.75 m ciascuno. La soletta è realizzata su predalles prefabbricate autoportanti e tralicciate di spessore 7 cm e ha uno spessore complessivo, includendo le predalles, di 30 cm; essa è resa solidale alle travi in acciaio mediante connettori a piolo tipo Nelson elettrosaldati sulle piattabande superiori delle stesse.

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

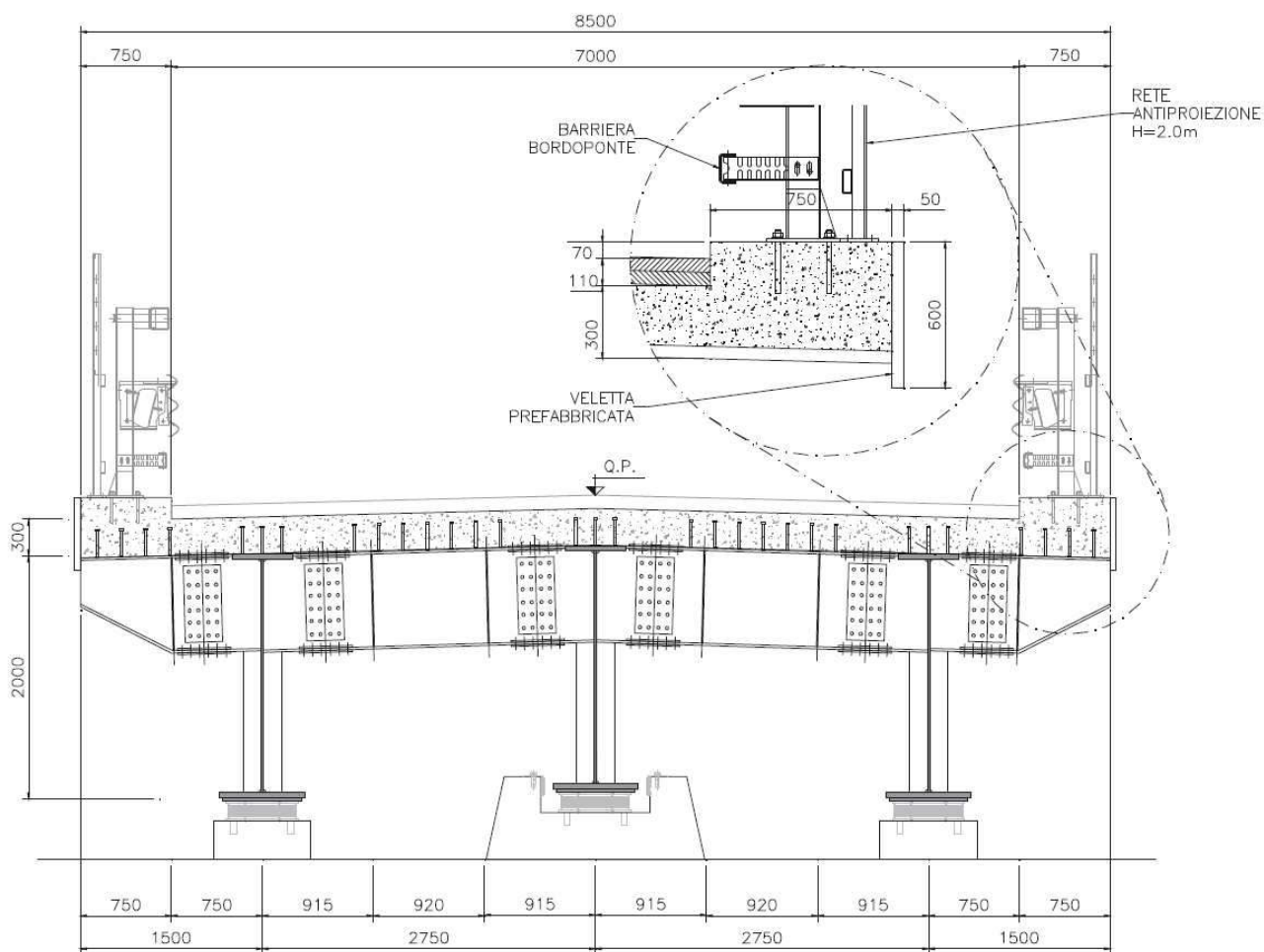


Figura 6 – Sezione trasversale impalcato

L'impalcato è vincolato alle sottostrutture mediante apparecchi d'appoggio in elastomero armato.

Entrambe le spalle sono costituite da un muro paraghiaia di spessore pari a 0.40 m ed altezza massima di circa 3.00 m, da un paramento frontale di spessore pari a 1.60 m ed altezza massima di 8.10 m, da muri andatori spessi 1.00 m e da una zattera di fondazione di altezza pari a 1.50 m e di dimensioni in pianta pari a 10.00 m x 10.00 m. Le spalle sono fondate su 64 micropali  $\Phi 300$ .

SEZIONE TRASVERSALE SU SPALLA SP2  
SCALA 1:100

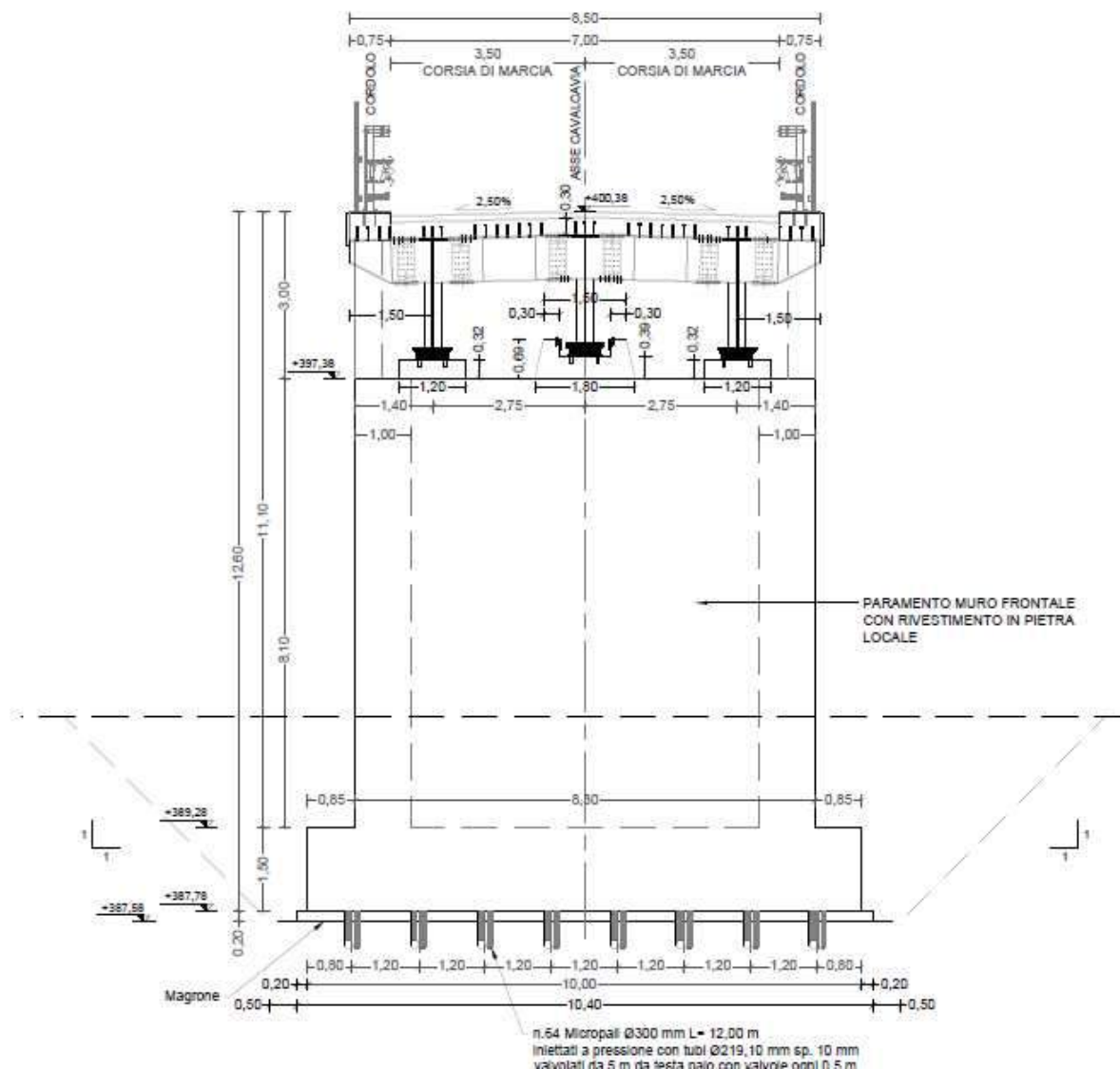


Figura 7 – Sezione trasversale spalla

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nella progettazione sono state tenute in conto le seguenti normative:

- Legge 05/11/71 n. 1086 – "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- Legge 02/02/74 n. 64 – "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 14-2-1974 n.11951 – "Applicazione delle norme sul cemento armato"
- D.M. del 11-3-1988 – "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- D.M. del 4-5-1990 – "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali"
- Circolare 25-2-1991 n.34233 – "Istruzioni relative alla normativa dei ponti stradali"
- D.M. del 16-1-1996 – "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi"
- Circolare del 4-7-1996 – "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. del 16-1-1996"
- D.M. del 16-1-1996 – "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- Circolare del 15-10-1996 – "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. del 9-1-1996"
- Circolare del 10-4-1997 – "Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al D.M. 16 gennaio 1996"
- O.P.C.M. del 20-3-2003 – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di norme tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- D.M. del 14-9-2005 – "Norme tecniche per le costruzioni"

### RTI di progettazione:



### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

- D.M. del 14-1-2008 – "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2008)
- Circolare 2-2-2009 – "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
- Servizio Tecnico Centrale presso la Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, settembre 2017 – "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale"
- CNR 10024/86 – "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione della relazioni di calcolo"
- UNI EN 1990:2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1991 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture
- UNI EN 1992 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 1993 Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- UNI EN 1994 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo
- UNI EN 1997 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica
- UNI EN 1998 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- "Linee guida per sistemi costruttivi a pannelli portanti basati sull'impiego di blocchi cassero e calcestruzzo debolmente armato gettato in opera", C.S.LL.PP., luglio 2011
- "Linee guida per l'utilizzo di travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante e procedure di rilascio dell'autorizzazione all'impiego" riferite al punto 4.6 del D.M. 14.1.2008 Norme tecniche per le costruzioni, approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, con voto n.116/2009

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo

##### 3.1.1 Soletta

C32/40 classe di resistenza

$R_{ck}$  = 40.00 MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$  = 33.20 MPa resistenza caratteristica cilindrica a compressione

$\gamma$  = 25 kN/m<sup>3</sup> peso specifico

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} = 18.81 \text{ MPa}$$

In accordo con le NTC2018, il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare viene posto pari a 1.5.

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$\sigma_c = 0.6 f_{ck} = 19.92 \text{ MPa}$  (combinazione rara)

$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa}$  (combinazione quasi-permanente)

Stato limite di apertura delle fessure SLF:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$  (ambiente aggressivo, armatura sensibile, comb. quasi-permanente)

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$  (ambiente aggressivo, armatura sensibile, combinazione frequente)

Classe minima di consistenza	S4
Classe di esposizione ambientale	XC4+XD1
Copriferro minimo	40 mm
Diametro massimo inerti	32 mm
Rapporto acqua/cemento massimo	0.50
Contenuto minimo di cemento	340 kg/mc

##### 3.1.2 Predalles

C40/50 classe di resistenza

Classe di esposizione ambientale XC4+XD1

Copriferro minimo	30 mm
Diametro massimo inerti	16 mm
Rapporto acqua/cemento massimo	0.50
Contenuto minimo di cemento	340 kg/mc

A favore di sicurezza, ai fini delle verifiche viene considerata la classe C32/40, le cui caratteristiche sono riportate al §3.1.1.

### 3.1.3 Spalle – fondazioni

C28/35 classe di resistenza

$R_{ck} = 35.00$  MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

$f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 29.05$  MPa resistenza caratteristica cilindrica a compressione

$\gamma = 25$  kN/m<sup>3</sup> peso specifico

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} = 16.46 \text{ MPa}$$

In accordo con le NTC2008, il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare viene posto pari a 1.5.

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$\sigma_c = 0.6 f_{ck} = 17.43$  MPa (combinazione rara)

$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 13.07$  MPa (combinazione quasi-permanente)

Stato limite di apertura delle fessure SLF:

$w_1 = 0.2$  mm (ambiente aggressivo, armatura sensibile, comb. quasi-permanente)

$w_2 = 0.3$  mm (ambiente aggressivo, armatura sensibile, combinazione frequente)

a favore di sicurezza, è stato considerato un ambiente aggressivo, anche se in realtà la classe di esposizione è corrispondente a condizioni ambientali ordinarie.

Classe minima di consistenza	S4
Classe di esposizione ambientale	XC2
Copriferro minimo	35 mm
Diametro massimo inerti	32 mm

Rapporto acqua/cemento massimo	0.60
Contenuto minimo di cemento	300 kg/mc

### 3.1.4 Spalle – elevazioni

C32/40 classe di resistenza

$R_{ck}$  = 40.00 MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$  = 33.20 MPa resistenza caratteristica cilindrica a compressione

$\gamma$  = 25 kN/m<sup>3</sup> peso specifico

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} = 18.81 \text{ MPa}$$

In accordo con le NTC2018, il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare viene posto pari a 1.5.

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$$\sigma_c = 0.6 f_{ck} = 19.92 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione rara})$$

$$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione quasi-permanente})$$

Stato limite di apertura delle fessure SLF:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, comb. quasi-permanente})$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, combinazione frequente})$$

Classe minima di consistenza	S4
Classe di esposizione ambientale	XC4+XD1
Copriferro minimo	45 mm
Diametro massimo inerti	32 mm
Rapporto acqua/cemento massimo	0.50
Contenuto minimo di cemento	340 kg/mc

### 3.1.5 Muri d'ala – fondazioni

C25/30 classe di resistenza

$R_{ck}$  = 30.00 MPa resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$  = 24.90 MPa resistenza caratteristica cilindrica a compressione

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

15

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} = 14.11 \text{ MPa}$$

In accordo con le NTC2008, il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare viene posto pari a 1.5.

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$$\sigma_c = 0.6 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione rara})$$

$$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 11.20 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione quasi-permanente})$$

Stato limite di apertura delle fessure SLF:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, comb. quasi-permanente})$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, combinazione frequente})$$

a favore di sicurezza, anche per le fondazioni dei muri è stato considerato un ambiente aggressivo, anche se in realtà la classe di esposizione è corrispondente a condizioni ambientali ordinarie.

Classe minima di consistenza	S4
Classe di esposizione ambientale	XC2
Copriferro minimo	50 mm
Diametro massimo inerti	32 mm
Rapporto acqua/cemento massimo	0.60
Contenuto minimo di cemento	300 kg/mc

### 3.1.6 Muri d'ala – elevazioni

C32/40 classe di resistenza

$R_{ck} = 40.00 \text{ MPa}$  resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

$f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 33.20 \text{ MPa}$  resistenza caratteristica cilindrica a compressione

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} = 18.81 \text{ MPa}$$

In accordo con le NTC2008, il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare viene posto pari a 1.5.

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

$$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,10 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,17 \text{ MPa}$$

$$f_{cfm} = 1,2 \times f_{ctm} = 3.72 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = \mathbf{1,45 \text{ MPa}}$$

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$$\sigma_c = 0.6 f_{ck} = 19.92 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione rara})$$

$$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione quasi-permanente})$$

Stato limite di apertura delle fessure SLF:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, comb. quasi-permanente})$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, combinazione frequente})$$

Classe minima di consistenza	S4
Classe di esposizione ambientale	XC4+XF1
Copriferro minimo	50 mm
Diametro massimo inerti	25 mm
Rapporto acqua/cemento massimo	0.50
Contenuto minimo di cemento	340 kg/mc

Tuttavia, a favore di sicurezza, i calcoli e le verifiche sono effettuati assumendo le medesime caratteristiche delle fondazioni (§3.1.5).

### 3.1.7 Baggioli

C32/40 classe di resistenza

$R_{ck} = 40.00 \text{ MPa}$  resistenza caratteristica cubica a 28 giorni

$f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 33.20 \text{ MPa}$  resistenza caratteristica cilindrica a compressione

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} = 18.81 \text{ MPa}$$

In accordo con le NTC2008, il coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare viene posto pari a 1.5.

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

$$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,10 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,17 \text{ MPa}$$

$$f_{cfm} = 1,2 \times f_{ctm} = 3.72 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = \mathbf{1,45 \text{ MPa}}$$

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$$\sigma_c = 0.6 f_{ck} = 19.92 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione rara})$$

$$\sigma_c = 0.45 f_{ck} = 14.94 \text{ MPa} \quad (\text{combinazione quasi-permanente})$$

Stato limite di apertura delle fessure SLF:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, comb. quasi-permanente})$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad (\text{ambiente aggressivo, armatura sensibile, combinazione frequente})$$

Classe minima di consistenza	S4
Classe di esposizione ambientale	XC4+XD1
Copriferro minimo	45 mm
Diametro massimo inerti	32 mm
Rapporto acqua/cemento massimo	0.50
Contenuto minimo di cemento	340 kg/mc

Tuttavia, a favore di sicurezza, i calcoli e le verifiche sono effettuati assumendo le medesime caratteristiche delle fondazioni (§3.1.5).

## 3.2 Acciaio armatura ordinaria

B450C (controllato in stabilimento)

$f_{yk} \geq 450.00$  MPa tensione caratteristica di snervamento

$E_s = 210000$  MPa modulo elastico

$\gamma = 78.5$  kN/m<sup>3</sup> peso specifico

$n = 15$  rapporto di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Stato limite ultimo SLU:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{f_{yk}}{1.15} = 391.30 \text{ MPa}$$

Stato limite delle tensioni di esercizio SLE:

$$\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

### 3.3 Acciaio carpenteria metallica

S355

$E_s = 210000$  MPa modulo elastico

$\gamma = 78.5$  kN/m<sup>3</sup> peso specifico

Spessori  $t \leq 40$  mm:

$f_{yk} \geq 355.00$  MPa tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{f_{yk}}{1.05} = 338.10 \text{ MPa}$$

$f_{tk} \geq 510.00$  MPa tensione caratteristica di rottura

Spessori  $t > 40$  mm:

$f_{yk} \geq 335.00$  MPa tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{f_{yk}}{1.05} = 319.0 \text{ MPa}$$

$f_{tk} \geq 470.00$  MPa tensione caratteristica di rottura

Bulloni A.R. classe 10.9

$f_t = 1000$  N/mm<sup>2</sup> Stato limite

$f_y = 900$  N/mm<sup>2</sup> Stato limite

$$f_{k,N} = 700 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Stato limite}$$

$$f_{d,N} = 700 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Stato limite}$$

$$f_{d,V} = 495 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Stato limite}$$

Tutte le saldature saranno a completa penetrazione

### 3.4 Durabilità e prescrizioni sui materiali

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 edite 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:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari a 5 mm, nell'ipotesi in cui sia previsto controllo di qualità con misura dei copriferri.

Il copriferro è valutato in accordo a quanto prescritto nella Norma UNI EN 1992-1-1, mentre la classe di resistenza minima è definita in accordo al Prospetto 4 della Norma UNI 11104:2004.

le condizioni ambientali ed i relativi limiti di apertura delle fessure accettabili per ciascun elemento strutturale sono stabiliti in accordo con quanto previsto nelle tabelle 4.1.III e 4.1.IV delle NTC 2018.

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 1 – Descrizione delle condizioni ambientali (tabella 4.1.III NTC 2018)

Nella tabella 4.1.IV delle NTC 2008, riportata di seguito per comodità, sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura.

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

Tabella 2 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione (tabella 4.1.IV NTC 2008)

## 4 CRITERI DI CALCOLO

### 4.1 Spinta a tergo dei muri e delle spalle

#### 4.1.1 Spinta attiva - Metodo di Coulomb

La teoria di Coulomb considera l'ipotesi di un cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea. Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno. In particolare Coulomb ammette, al contrario della teoria di Rankine, l'esistenza di attrito fra il terreno e la parete, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale alla parete stesso di un angolo di attrito terra-parete.

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno, di peso di volume  $\gamma$ , su una parete di altezza  $H$ , risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente)

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_a$$

dove  $K_a$  rappresenta il coefficiente di spinta attiva di Coulomb nella versione riveduta da Muller-Breslau, espresso come

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left( 1 + \frac{\sqrt{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}}{\sqrt{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right)}$$

dove  $\varphi$  è l'angolo d'attrito del terreno,  $\alpha$  rappresenta l'angolo che la parete forma con l'orizzontale ( $\alpha = 90^\circ$  per parete verticale),  $\delta$  è l'angolo d'attrito terreno-parete,  $\beta$  è l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale.

La spinta risulta inclinata dell'angolo d'attrito terreno-parete  $\delta$  rispetto alla normale alla parete.

Il diagramma delle pressioni del terreno sulla parete risulta triangolare con il vertice in alto. Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della parete). L'espressione di  $K_a$  perde di significato per  $\beta > \varphi$ . Questo coincide con quanto si intuisce fisicamente: la pendenza del terreno a monte della parete non può superare l'angolo di natural declivio del terreno stesso.

Nel caso di terreno dotato di attrito e coesione  $c$  l'espressione della pressione del terreno ad una generica profondità  $z$  vale

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

22

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

$$\sigma_a = \gamma z K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

#### 4.1.2 Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$Y_a = Y_{\text{sat}} - Y_w$$

dove  $Y_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $Y_w$  è il peso di volume dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

#### 4.1.3 Spinta a Riposo

Si assume che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo.

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione

$$K_0 = 1 - \sin \varphi$$

dove  $\varphi$  rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfianco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità  $z$  e la spinta totale sulla parete di altezza  $H$  valgono

$$\sigma = \gamma z K_0 + p_v K_0$$

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_0 + p_v K_0 H$$

dove  $p_v$  è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

#### 4.1.4 Spinta in presenza di sisma - Metodo di Mononobe-Okabe

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).



La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cos \theta}$$

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a 1/2 dell'altezza della parete.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come

$$F_i = CW$$

dove  $W$  è il peso della parete e dei relativi sovraccarichi permanenti e va applicata nel baricentro dei pesi.

## 4.2 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = c N_c s_c + q N_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

- c coesione del terreno in fondazione;
- $\phi$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $\gamma$  peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

La formula di **Vesic** è analoga alla formula di **Hansen**. Cambia solo il fattore  $N_\gamma$  e l'espressione di alcuni coefficienti.

Di seguito sono riportate per intero tutte le espressioni.

Caso generale

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi = 0$

$$q_u = 5.14 c (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

Fattori di forma:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$ $s_q = 1 + \frac{B}{L} \operatorname{tg} \phi$ $s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

Fattori di profondità:

Si definisce il parametro k come:

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \operatorname{arctg} \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$d_c = 0.4k$	$d_c = 1 + 0.4k$ $d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 k$ $d_\gamma = 1$

Fattori di inclinazione del carico:

Definito il parametro:

$$m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$i_c = \frac{mH}{A_f c_a N_c}$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$

	$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi} \right)^m$ $i_\gamma = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi} \right)^{m+1}$
--	--

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$ $b_q = b_\gamma = (1 - \eta \operatorname{tg} \phi)^2$

Fattori di inclinazione del terreno:

Indicando con  $\beta$  la pendenza del pendio

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \beta)^2$

Il carico ultimo fornito dalle varie formule sopra riportate è un carico ultimo unitario (Forza/Unità di superficie). Il carico limite in fondazione è fornito quindi dalla relazione:

$$Q_{\text{lim}} = q_{\text{ult}} B' L$$

con  $B' = B - 2e$

dove  $B$  ed  $L$  sono la larghezza e la lunghezza della fondazione ed  $e$  è l'eccentricità del carico. Risulta evidente che il carico ultimo e quindi il relativo coefficiente di sicurezza dipende, a parità di altri fattori, anche dall'entità della spinta (cambia infatti l'eccentricità).

## 5 MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI

### 5.1 Programma di calcolo utilizzato

#### 5.1.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Il programma di calcolo utilizzato è il SAP2000 Advanced 64bit versione 21.0.1 RY2016(c) (versione 16.2.0) della Computer and Structures Inc. (CSI).

#### 5.1.2 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

CSI ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

#### 5.1.3 Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare e/o grafica.

## 5.2 Valutazione dei risultati e giudizio sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari abbiano dato valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Per gli elementi inflessi di tipo monodimensionale e bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

Le configurazioni studiate per la struttura in esame sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica.

In base a quanto sopra, si può concludere che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

## 5.3 Modello di calcolo

È stato realizzato un modello di calcolo agli elementi finiti della struttura, che prevede le seguenti schematizzazioni:

- L'impalcato è modellato come graticcio di travi (longitudinali e trasversali):
  - Le travi longitudinali sono state modellate come sezioni a doppia T in acciaio; non si tiene conto della collaborazione della soletta ai fini della rigidità delle travi, dato che tale aspetto ha una incidenza trascurabile sulle sottostrutture;

- Le travi trasversali sono state modellate come elementi frame con sezione a doppia T;
- Sono stati inseriti elementi frame trasversali ogni metro (ad eccezione di quelli di estremità, posti a 50 cm da quelli vicini) per modellare correttamente il comportamento trasversale della soletta;
- Le corsie di carico sono state modellate mediante elementi frame molto deformabili (per non recare disturbo alla rigidità del sistema);
- Per collegare gli assi degli elementi strutturali posti a quote differenti sono stati utilizzati elementi tipo link rigidi;
- Il modello comprende la modellazione delle spalle mediante elementi shell (bidimensionali) che schematizzano i muri e la fondazione;
- Le spalle sono incastrate in corrispondenza del baricentro della base della fondazione;
- Gli appoggi sono schematizzati con elementi tipo link con rigidità verticale infinita e rigidità orizzontale pari a 6750 kN/m, pari alla rigidità degli apparecchi d'appoggio di progetto;
- Le azioni sono inserite conformemente a quanto riportato nel §7;
- L'origine del sistema di riferimento è posta all'inizio della trave centrale, in corrispondenza della spalla SP1; l'asse x coincide con l'asse dell'impalcato; l'asse y è ortogonale; l'asse z è l'asse verticale.

Quelle sopra elencate sono le caratteristiche comuni a tutti i modelli, presentati nei successivi paragrafi, che presentano identica geometria, ma differenti caratteristiche degli elementi e differenti carichi.

Tali modelli schematizzano le seguenti tre configurazioni:

1. sola trave in acciaio
2. trave in acciaio più soletta collaborante a tempo infinito
3. trave in acciaio più soletta collaborante a tempo  $t=0$ .

Vengono di seguito mostrate le immagini del modello teorico, che, come sopra specificato, dal punto di vista geometrico, è identico agli altri modelli.

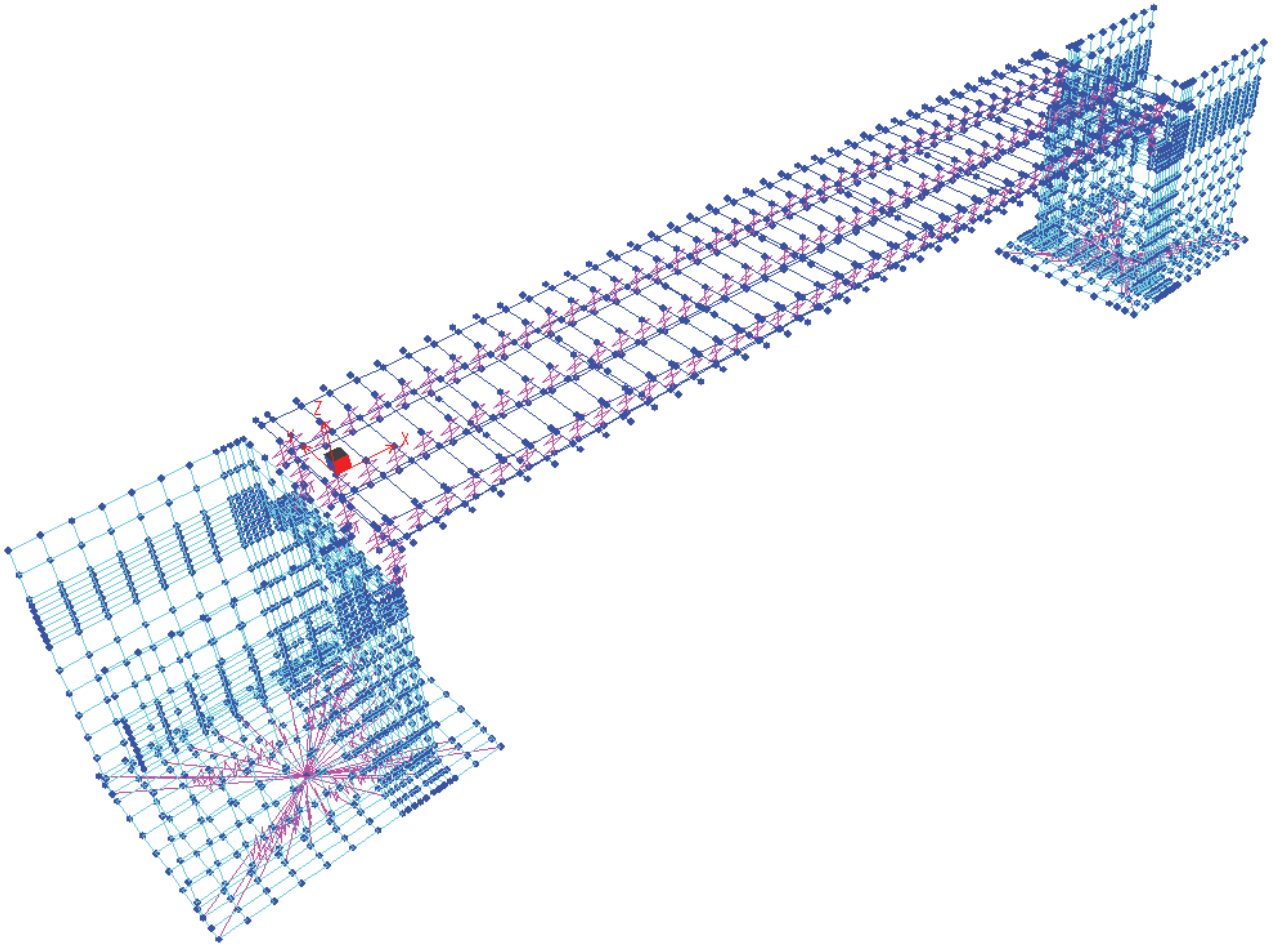


Figura 8 – Modello agli elementi finiti

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



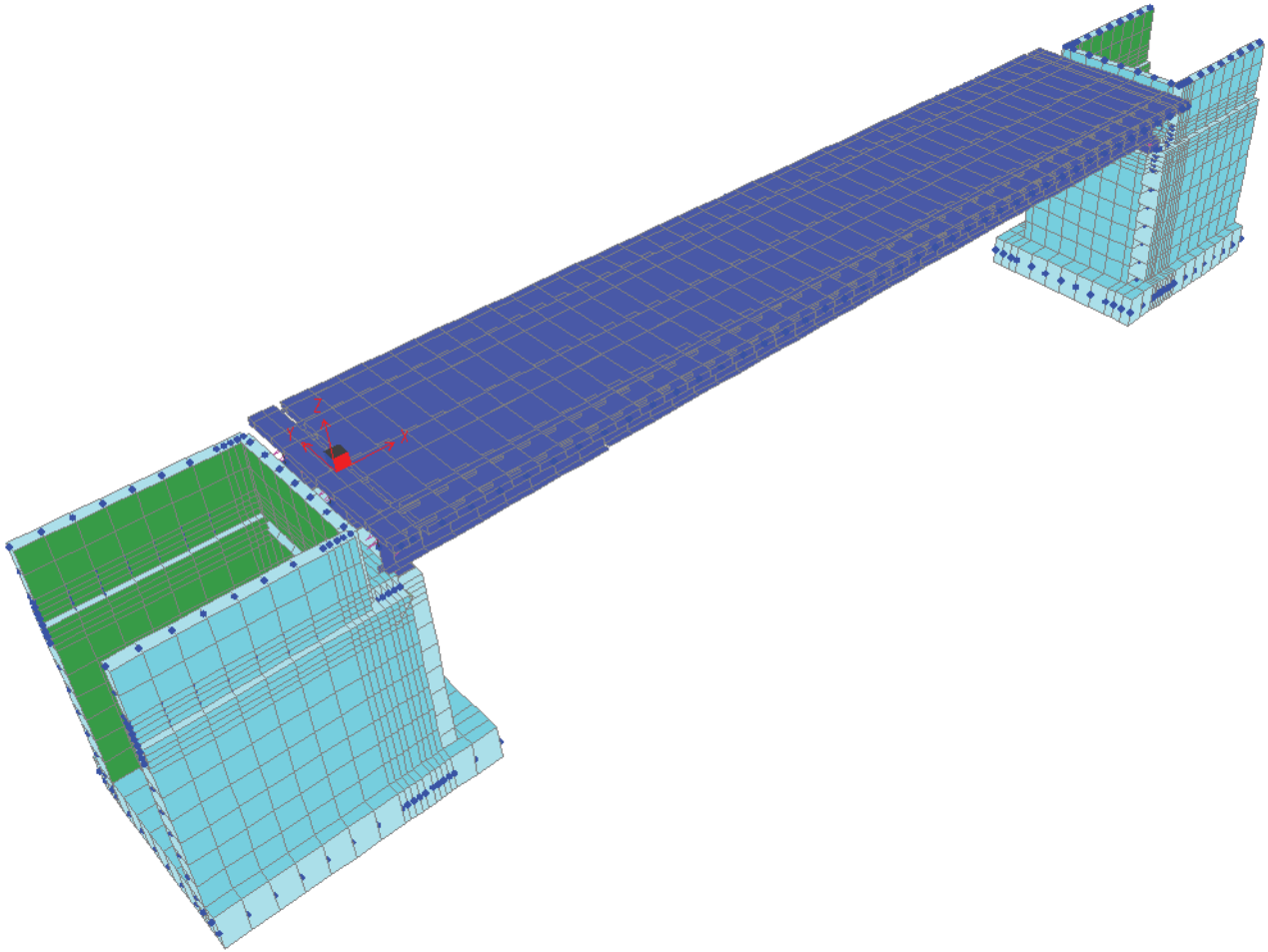


Figura 9 – Modello agli elementi finiti – vista solida

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

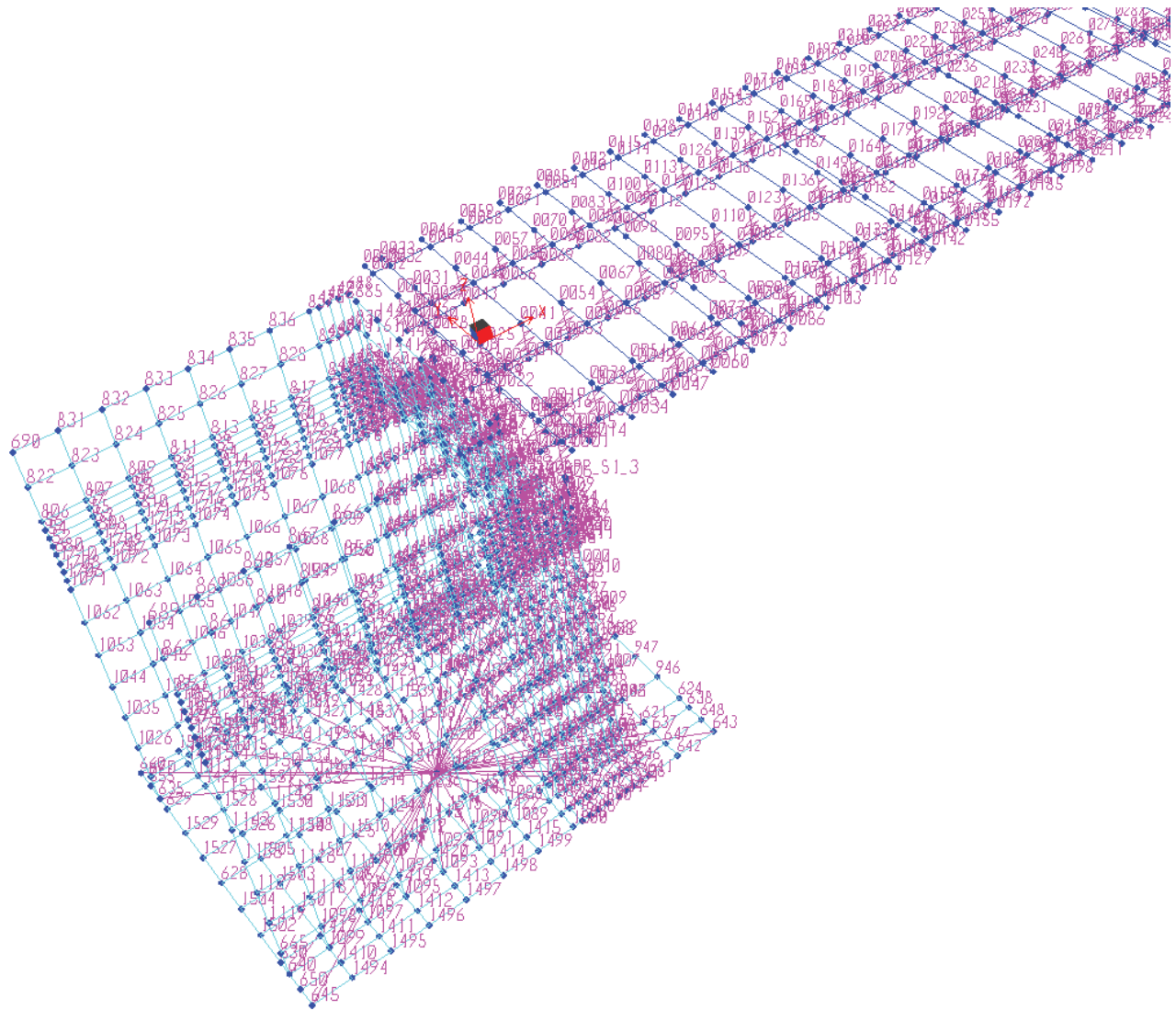


Figura 10 – Numerazione dei nodi

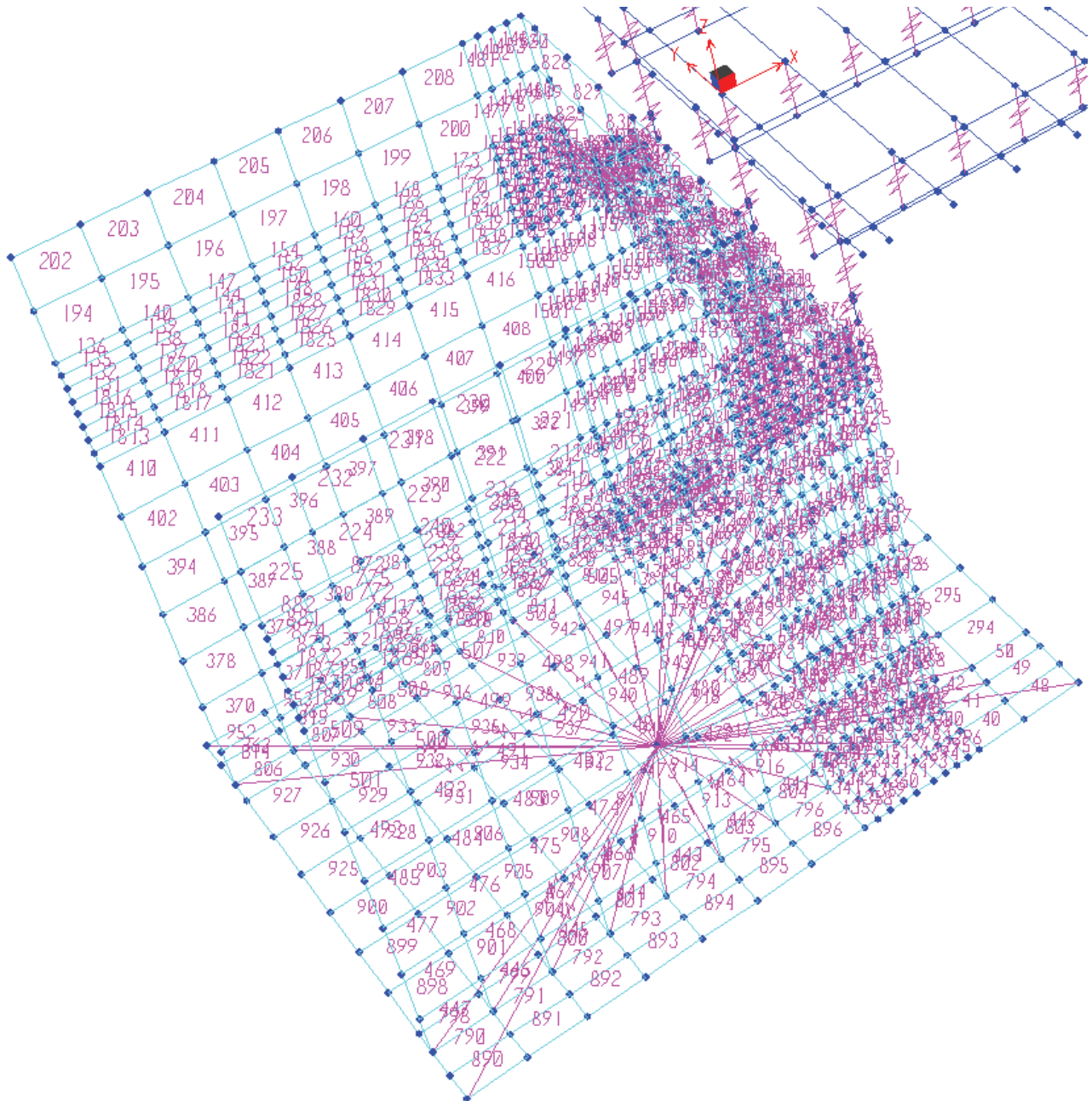


Figura 11 – Numerazione degli elementi della spalla

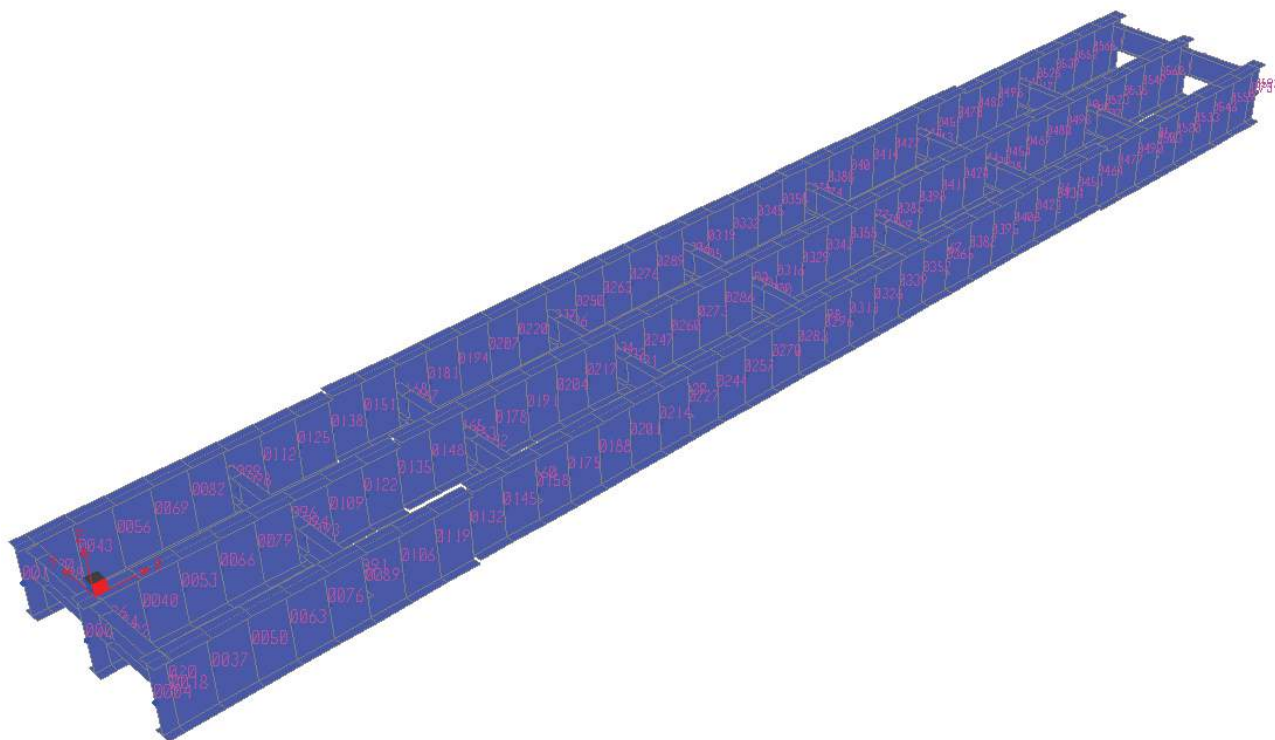


Figura 12 – Vista dei soli elementi in acciaio, con numerazione degli elementi

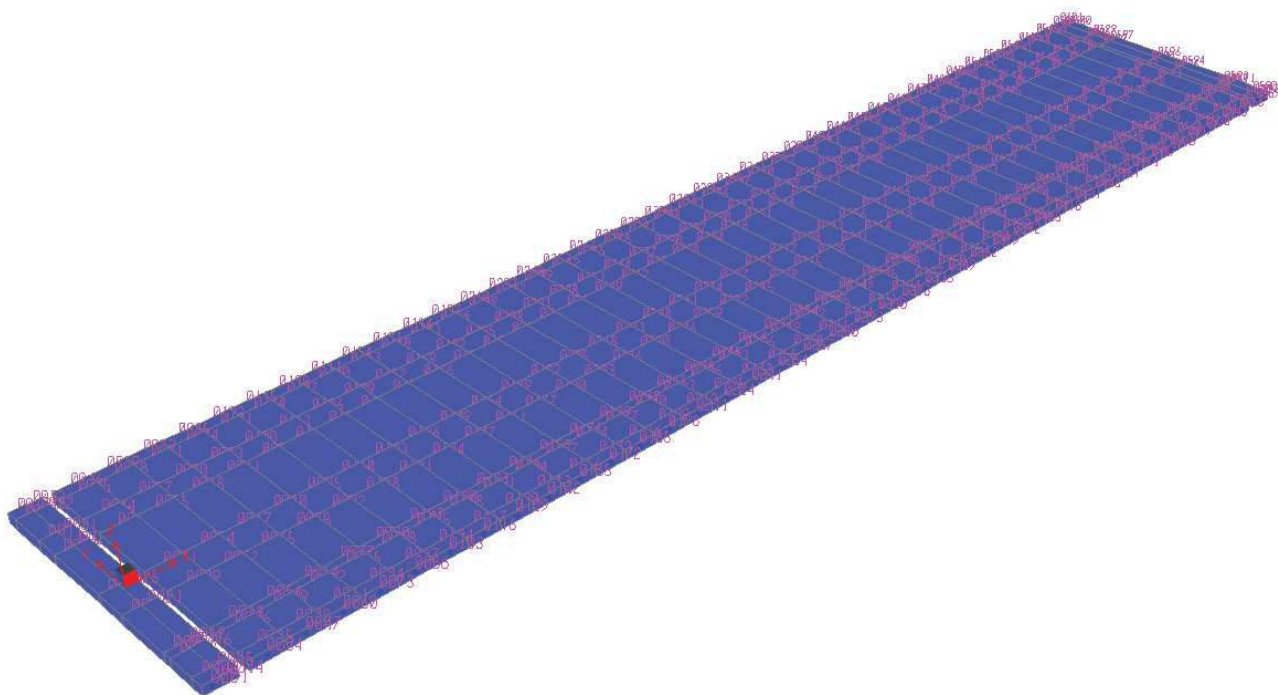


Figura 13 – Vista dei soli elementi trasversali della soletta, con numerazione degli elementi

## 6 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

### 6.1 Terreno di riempimento

Spessore dello strato	0.30 [m]
Peso di volume	19.0000 [kN/mc]
Peso di volume saturo	21.0000 [kN/mc]
Angolo di attrito	30.00[°]
Coesione	0.000[N/mm <sup>q</sup> ]

### 6.2 Strato di base

Descrizione	Terreno di base (Coltri eluvio – colluviali)
Peso di volume	18.0000 [kN/mc]
Peso di volume saturo	20.0000 [kN/mc]
Angolo di attrito	27.00[°]
Angolo di attrito terreno struttura	27.00[°]
Coesione	0.000[N/mm <sup>q</sup> ]

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 Pesi propri

Avendo utilizzato una schematizzazione a graticcio di travi per il calcolo delle sollecitazioni, delle deformazioni e dello stato tensionale dell'impalcato, i pesi propri strutturali dell'acciaio sono stati valutati automaticamente dal programma di calcolo. Per tale scopo è stato sufficiente fornire nei dati di input le corrette dimensioni degli elementi strutturali e la relativa densità di peso ( $\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$ ).

Sono computati come pesi propri, considerando un peso specifico pari a  $25 \text{ kN/m}^3$  per il calcestruzzo armato, il peso della soletta, avente spessore di 30 cm, e dei cordoli, larghi 75 cm e alti 18 cm oltre la soletta.

Il peso proprio delle spalle è calcolato dal software, avendo inserito le corrette dimensioni di tali elementi.

### 7.2 Carichi permanenti

I carichi permanenti portati sono i pesi propri della pavimentazione, delle velette di protezione e di finitura e dei sicurvia in acciaio, e sono stati assegnati al modello come carichi sugli elementi soletta.

Per la pavimentazione si assume un carico di  $3 \text{ kN/m}^2$  sulla larghezza dell'impalcato, mentre per gli arredi di margine (veletta, barriere, etc...) si assume un carico di  $4 \text{ kN/m}$  alle estremità dell'impalcato.

Nel modello agli elementi finiti sono stati applicati carichi unitari, indicando successivamente al software il valore dell'amplificazione da applicare per eseguire correttamente l'analisi.

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

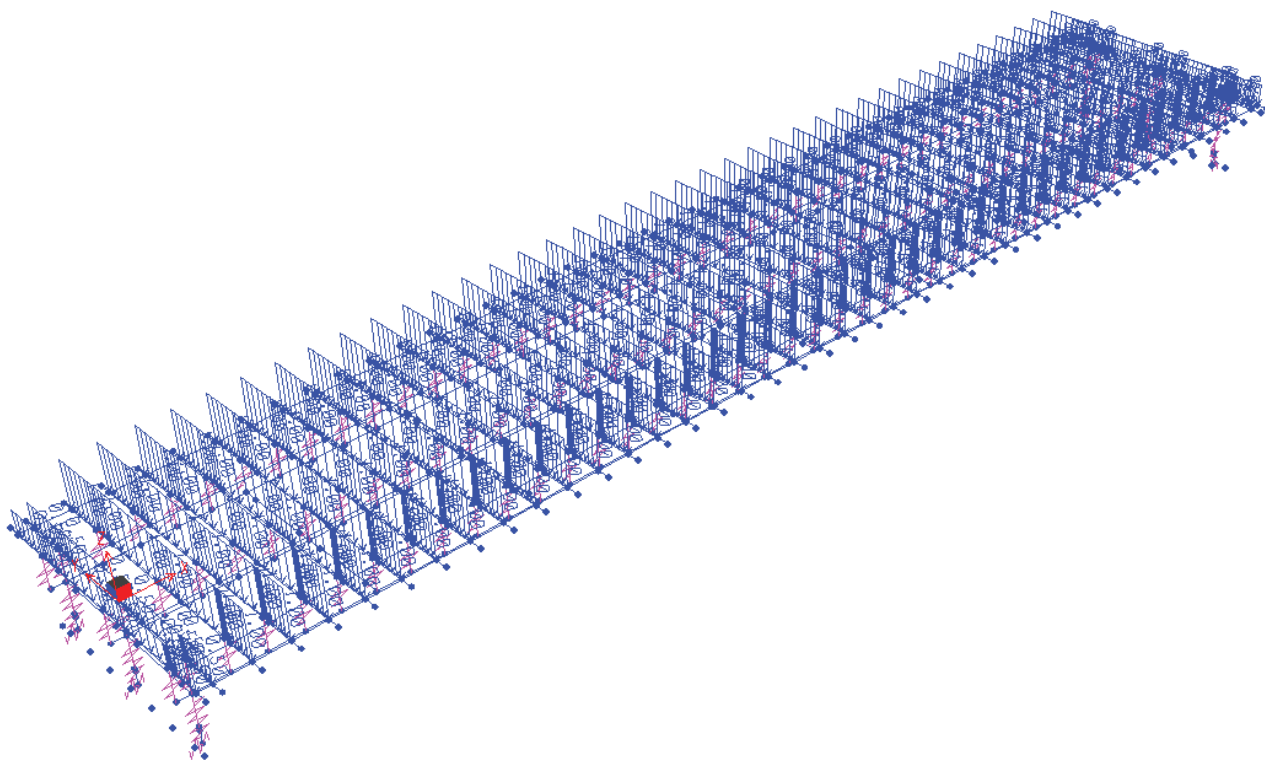


Figura 14 – Carico dovuto alla pavimentazione

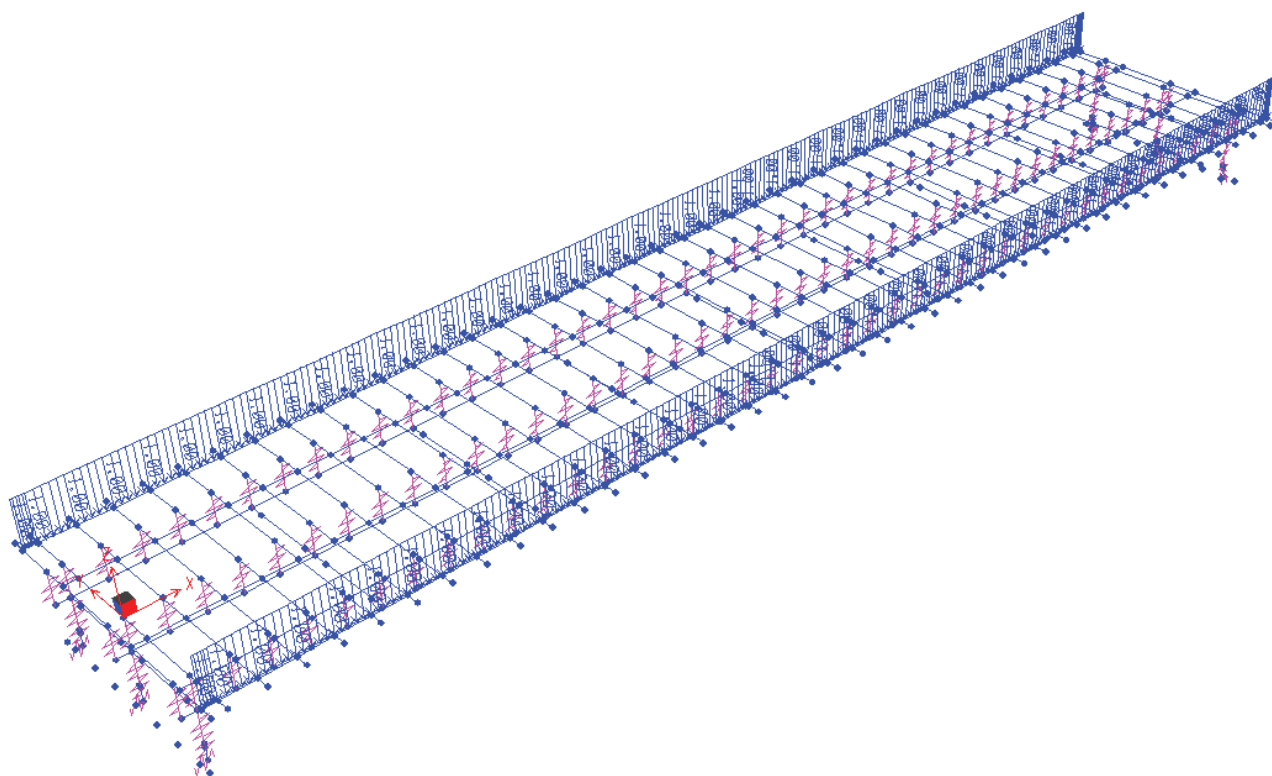


Figura 15 – Carico dovuto agli arredi di margine

### 7.2.1 Peso del riempimento

Lo spessore ed il peso specifico dello strato di riempimento sono riportati nel §6.

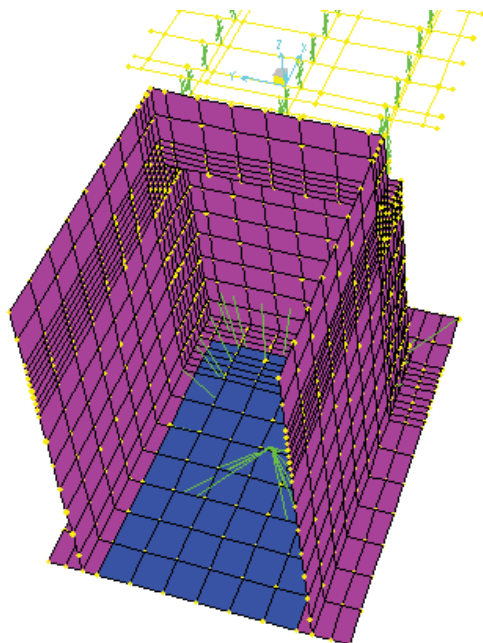


Figura 16 – Schema di applicazione del peso del riempimento a tergo della spalla

### 7.2.2 Spinta del rinterro

In fase statica è stata considerata la spinta a riposo, determinata secondo quanto riportato nel §4.1.3.

Il peso specifico del terreno di riempimento è riportato nel §6.

Non è presente falda.



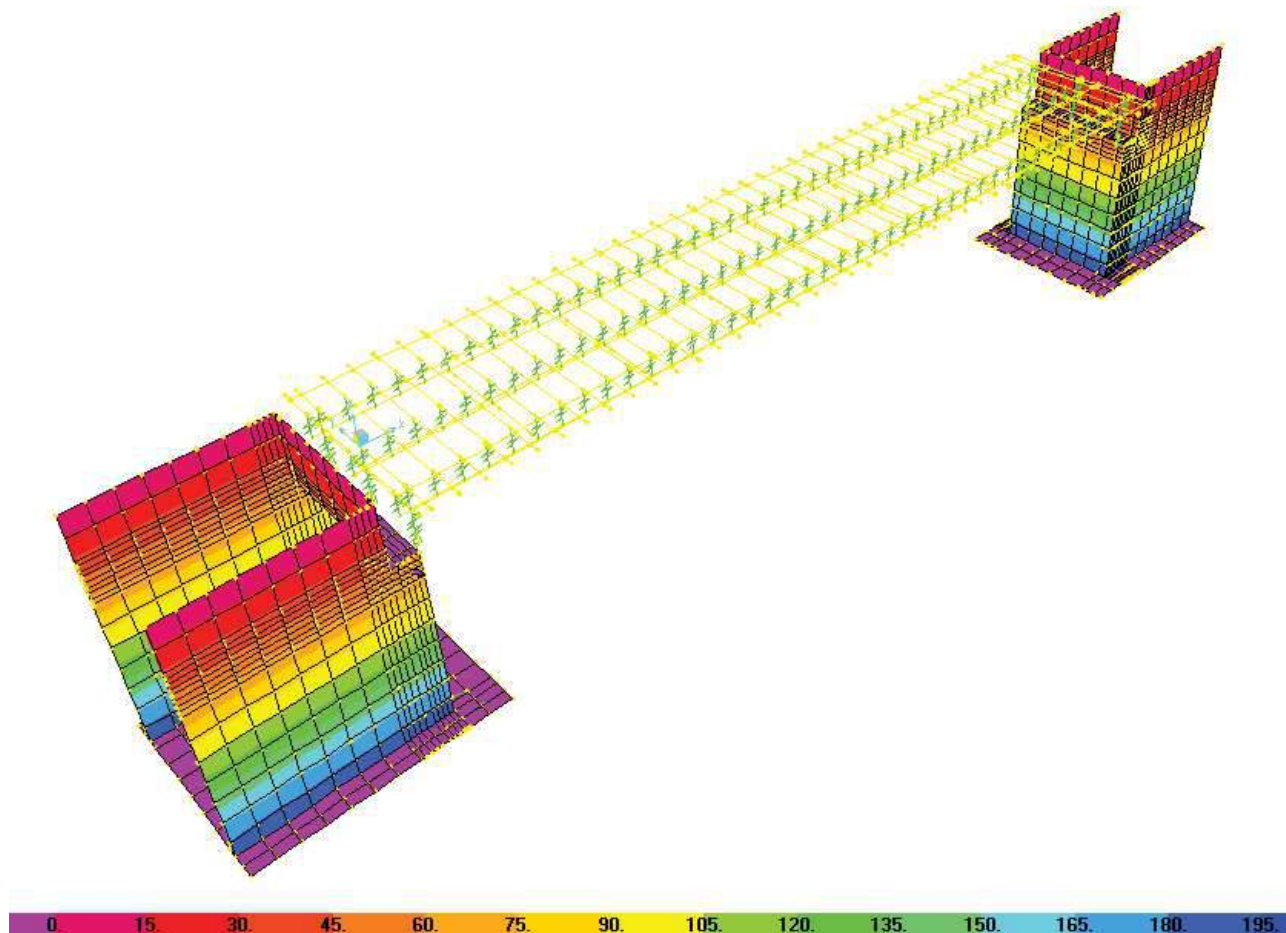


Figura 17 – Schema di applicazione della spinta del rinterro a tergo della spalla

Nel modello agli elementi finiti sono state applicate pressioni linearmente crescenti con la profondità e proporzionali al peso specifico del terreno, indicando successivamente al software il valore del coefficiente di spinta da applicare per eseguire correttamente l'analisi.

Il coefficiente di spinta attiva è pari a 0.333.

Per le sole verifiche da effettuare con combinazione A2+M2+R2 il coefficiente di spinta attiva è pari a 0.409.

### 7.3 Ritiro e viscosità del calcestruzzo

Gli effetti della deformazione da ritiro si esprimono mediante l'applicazione di una coppia di forze tra loro equilibrate:

- una forza di trazione sulla sola soletta di calcestruzzo per ritiro impedito;

- una forza di compressione sull'intera sezione, applicata al baricentro della soletta, che è equivalente alla stessa forza applicata al baricentro, più un momento flettente di trasporto, pari al prodotto della forza stessa per la distanza tra il baricentro della soletta e quello della sezione omogeneizzata.

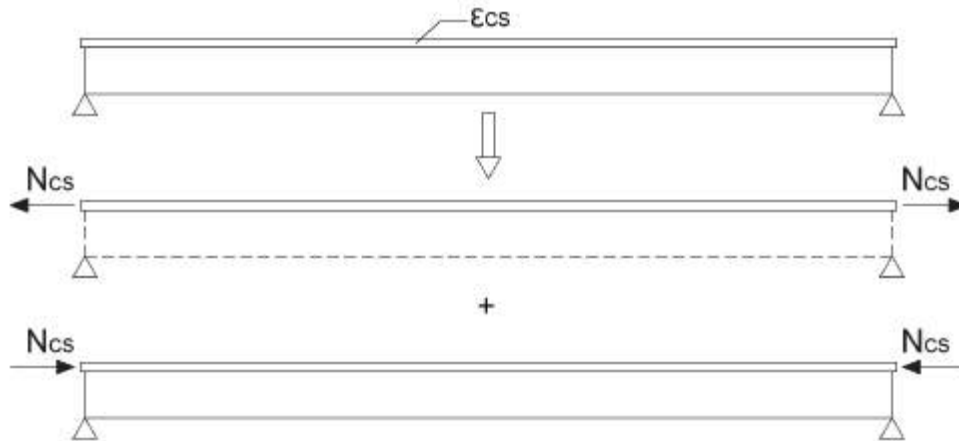


Figura 18 – Schema di applicazione dell'azione del ritiro

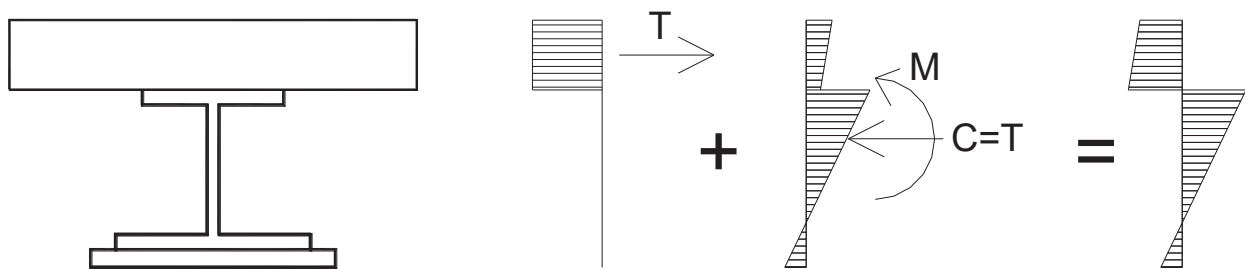


Figura 19 – Tensioni indotte dal ritiro sulla sezione

Nel modello è stata inserita la forza dovuta al ritiro applicata al baricentro della soletta.

La trazione assorbita dalla soletta viene considerata in fase di verifica, sommando alle sollecitazioni derivanti dal modello le tensioni di trazione sulla soletta, ottenendo la distribuzione di tensioni descritta nella figura precedente.

In relazione alla geometria della soletta ed alle condizioni ambientali, si assume una deformazione per ritiro a tempo infinito pari a

$$\varepsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0) = 0.277 \times 10^{-3}$$

Quando non si ricorra ad additivi speciali, il ritiro del calcestruzzo può essere valutato sulla base delle indicazioni di seguito fornite.

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

dove:

$\epsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\epsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\epsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento:

$$\epsilon_{cd,\infty} = k_h \epsilon_{c0}$$

può essere valutato mediante i valori delle seguenti tabelle in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro  $h_0$ :

Tab. 11.2.Va – Valori di  $\epsilon_{c0}$

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in %)					
	Umidità Relativa (in %)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Tabella 3 – Valori di  $\epsilon_{c0}$

Tab. 11.2.Vb – Valori di  $k_h$

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1,00
200	0,85
300	0,75
$\geq 500$	0,70

Tabella 4 – Valori di  $k_h$

Per valori intermedi dei parametri indicati è consentita l'interpolazione lineare. Lo sviluppo nel tempo della deformazione  $\epsilon_{cd}$  può essere valutato come:

$$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t - t_s) \epsilon_{cd,\infty}$$

dove la funzione di sviluppo temporale assume la forma

$$\beta_{ds}(t-t_s) = (t-t_s) / [(t-t_s)+0,04 h_0^{3/2}]$$

in cui:

$t$  è l'età del calcestruzzo nel momento considerato (in giorni)

$t_s$  è l'età del calcestruzzo a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento (normalmente il termine della maturazione, espresso in giorni).

$h_0$  è la dimensione fittizia (in mm) pari al rapporto  $2A_c / u$

$A_c$  è l'area della sezione in calcestruzzo

$u$  è il perimetro della sezione in calcestruzzo esposto all'aria.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno  $\epsilon_{ca,\infty}$  può essere valutato mediante l'espressione:

$$\epsilon_{ca,\infty} = -2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6}$$

con  $f_{ck}$  in MPa.

Si assume umidità relativa pari al 75%.

Si ottengono:  $\epsilon_{c0} = -0.030 \%$   $\epsilon_{cd,\infty} = -0.0055 \%$

La forza di ritiro da applicarsi al barcentro della soletta nelle zone non fessurate vale

$$N = \epsilon_{cs} E_{rid} A_c = 9421 \text{ kN}$$

dove  $E_{rid} = E_{cm} / (1 + \chi\phi) = 13348 \text{ MPa}$

essendo

$$\chi = 0.8$$

$$E_{cm} = 33346 \text{ MPa}$$

Sul modello agli elementi finiti viene applicata un'azione distribuita sull'intera larghezza della soletta, alle estremità del ponte; tale azione ha risultante unitaria; viene successivamente fornito al software il valore dell'amplificazione da applicare per eseguire correttamente l'analisi.

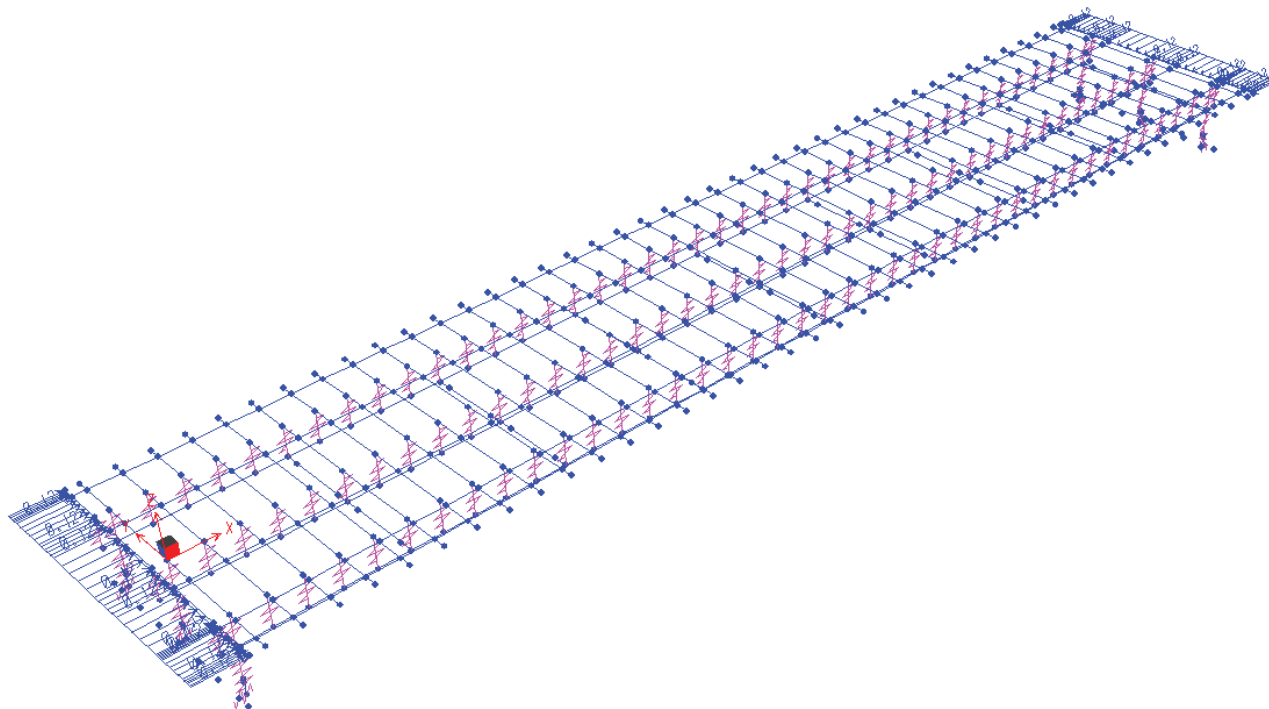


Figura 20 – Applicazione del ritiro al modello agli elementi finiti

## 7.4 Carichi variabili

### 7.4.1 Carichi variabili sull'impalcato

L'analisi dei carichi viene effettuata in accordo con quanto riportato nel §5.1 delle NTC 2008.

Il carico stradale applicato è quello corrispondente allo "schema di carico 1", di cui al §5.1.3.3.3 delle NTC 2008, la cui schematizzazione è mostrata nella seguente figura:

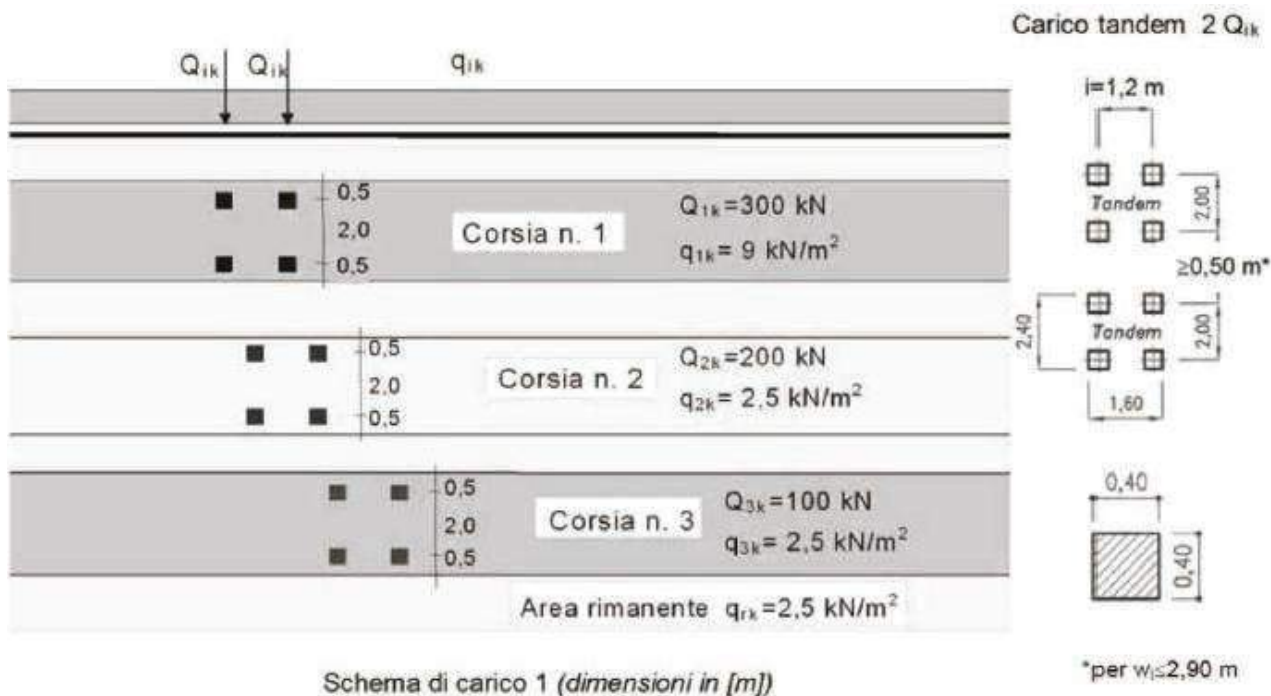


Figura 21 – Schema di carico 1 (Fig.5.1.2 NTC 2018)

In particolare lo *schema di carico 1* è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem e da carichi uniformemente distribuiti; i carichi concentrati sono pari a:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN ad asse (300 + 300 = 600 kN)}$$

su corsia n.1 di larghezza convenzionale pari a 3 m;

$$Q_{2k} = 200 \text{ kN ad asse (200 + 200 = 400 kN)}$$

su corsia n.2 di larghezza convenzionale pari a 3 m ;

$$Q_{3k} = 100 \text{ kN ad asse (100 + 100 = 200 kN)}$$

su corsia n.3 di larghezza convenzionale pari a 3 m ;

Tali carichi sono applicati su un'impronta quadrata di lato pari a 40 cm. Nel caso specifico, essendo la carreggiata larga 7 m, sono da considerare 2 corsie e una area rimanente larga 1 m.

Per quanto riguarda i carichi uniformemente distribuiti (associati ai carichi tandem) si considera il carico  $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$  associato alla prima corsia, mentre sulla seconda corsia e sull'area rimanente si applica un carico ridotto da  $2.5 \text{ kN/m}^2$ .

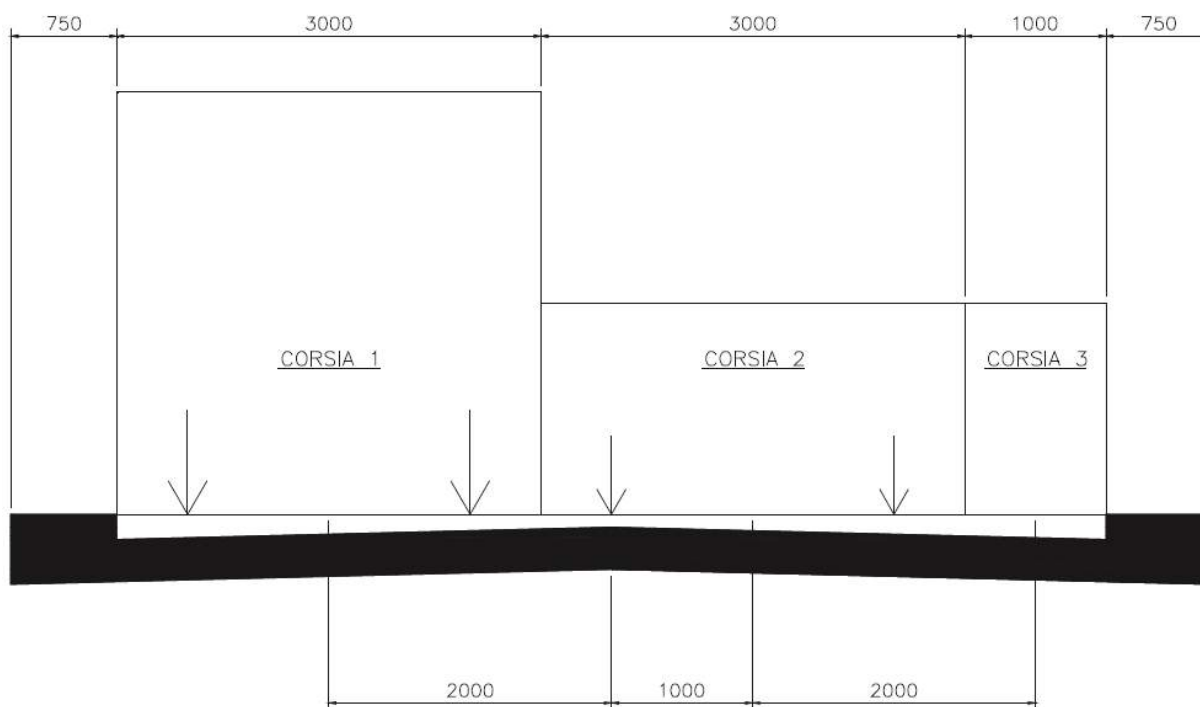


Figura 22 – Disposizione trasversale dei carichi mobili

I carichi da traffico stradale vengono applicati al modello agli elementi finiti come carichi mobili, che vengono disposti dal software di calcolo su apposite linee di carico che schematizzano le corsie, in maniera da massimizzare le sollecitazioni sulla struttura.

#### 7.4.2 Carichi variabili a tergo delle spalle

Viene considerato un sovraccarico da 20 kN/m<sup>2</sup> a tergo delle spalle.

In fase di modellazione è stato applicato un carico di pressione unitario; successivamente, in fase di elaborazione, viene fornito al software il valore dell'amplificazione da applicare per eseguire correttamente l'analisi.

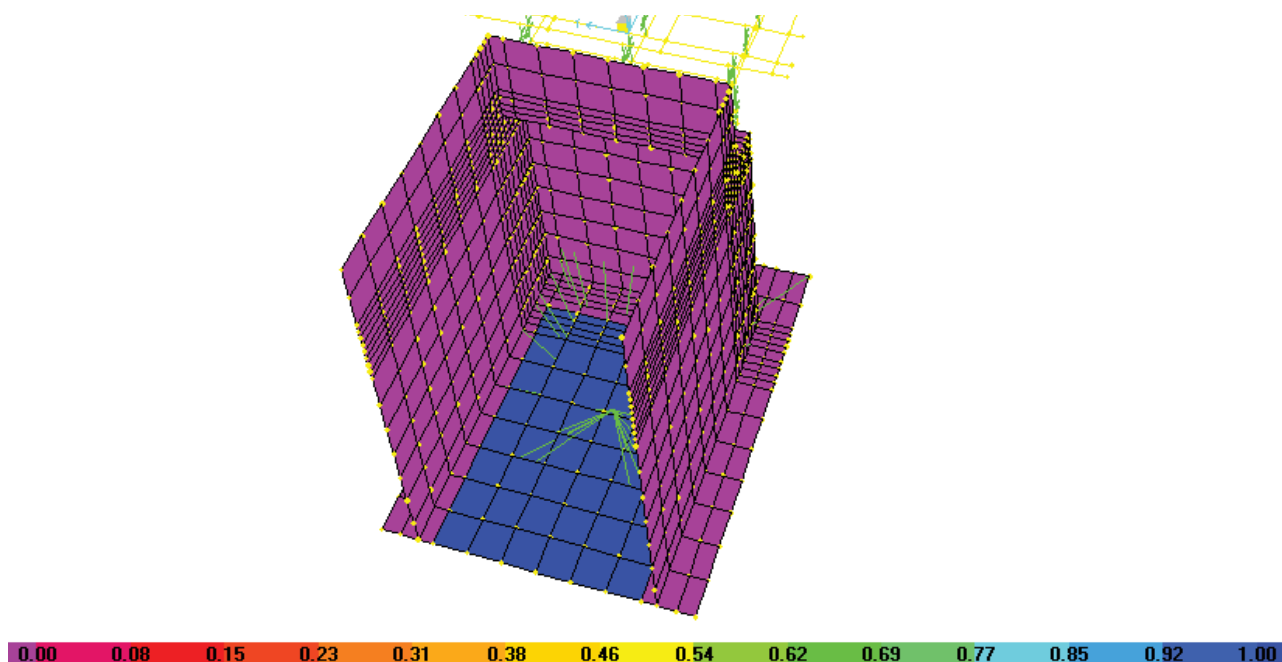


Figura 23 – Applicazione del peso del carico variabile a tergo della spalla

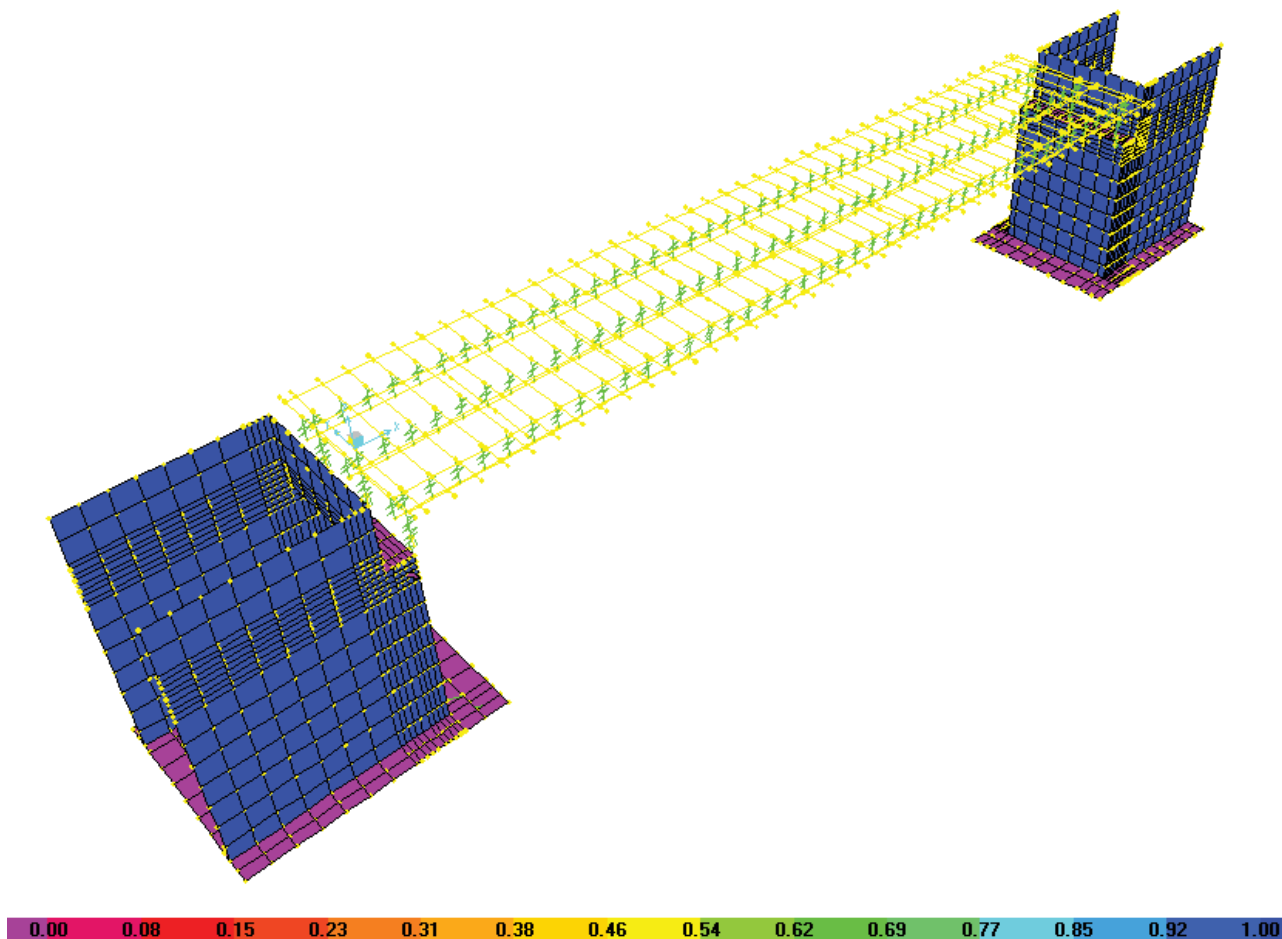


Figura 24 – Applicazione della spinta del carico variabile a tergo della spalla

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



## 7.5 Frenatura

La lunghezza di una colonna di carico è pari a  $L = 40$  m.

La forza di frenatura generata dalla cononna frenante vale:

$$q_3 = \max(\min(0.6 \cdot 2 Q_{1k} + 0.1 q_{1k} w_1 L; 900 \text{ kN}); 180 \text{ kN})$$

essendo  $w_1$  la larghezza della corsia, pari a 3 m.

Pertanto la forza di frenatura è pari a  $q_3 = 468$  kN.

La frenatura viene applicata sulla corsia 1 e sulla corsia 2, come carico uniformemente distribuito. Successivamente si procede con l'involuppo delle due condizioni, per ottenere gli effetti più sfavorevoli. Tali azioni hanno risultante unitaria; viene successivamente fornito al software il valore dell'amplificazione da applicare per eseguire correttamente l'analisi.

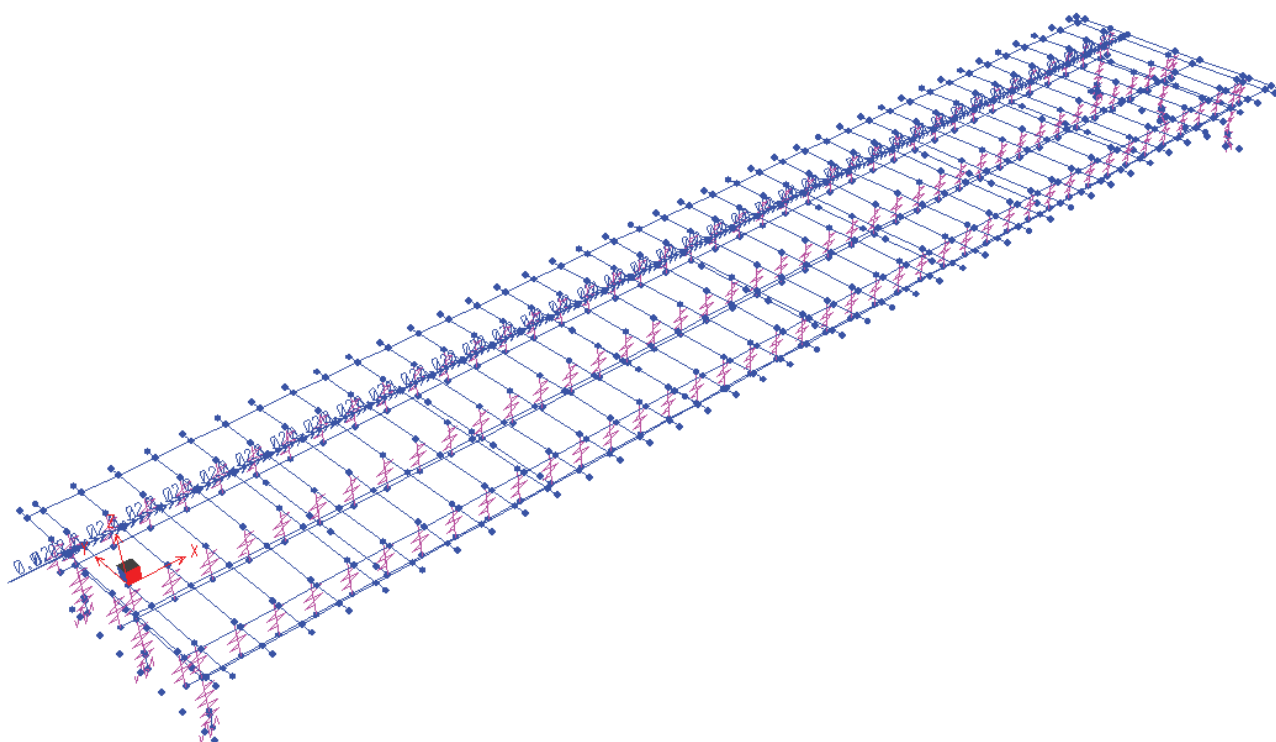


Figura 25 – Applicazione della frenatura al modello agli elementi finiti – corsia 1

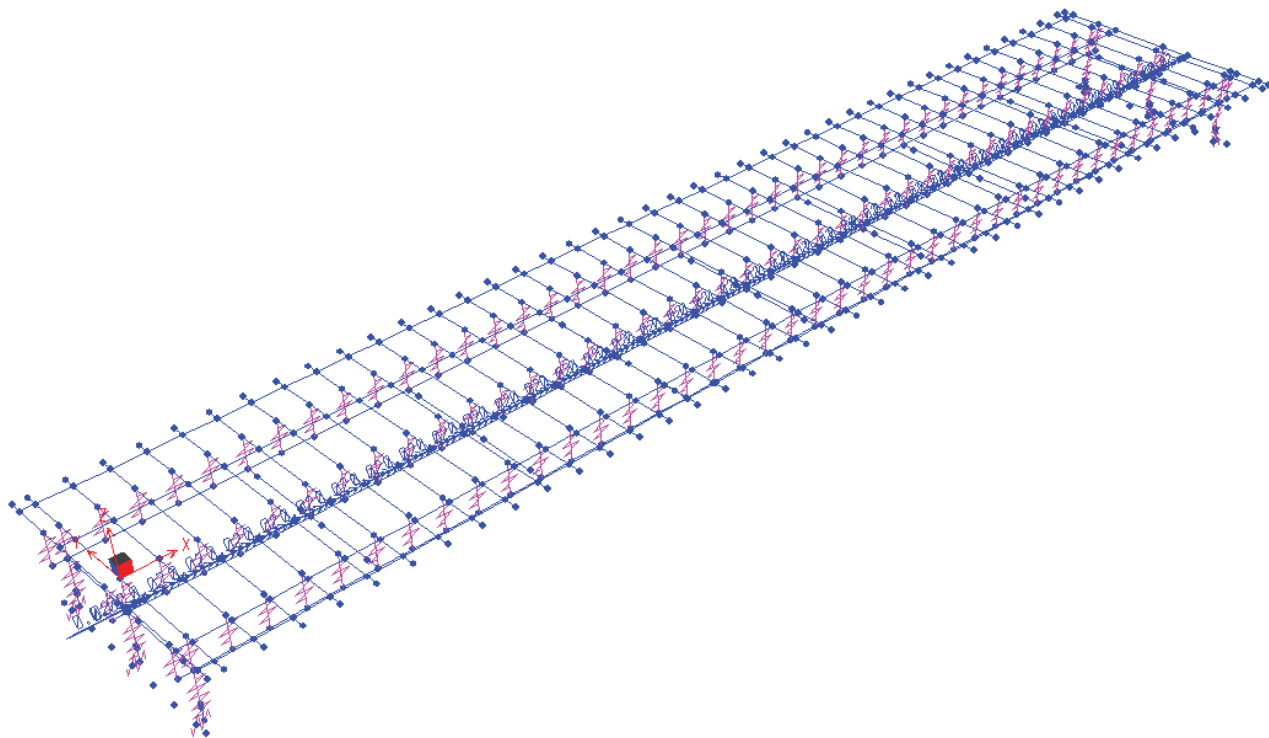


Figura 26 – Applicazione della frenatura al modello agli elementi finiti – corsia 2

## 7.6 Centrifuga

L'asse stradale presenta andamento planimetrico rettilineo, per cui non si considera la forza centrifuga.

## 7.7 Vento

La velocità base di riferimento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo, riferito ad un periodo di ritorno  $T_R = 50$  anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche,  $v_b$  è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} C_a$$

dove

$v_{b,0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata in funzione della zona in cui sorge la costruzione

$C_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left( \frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove  $a_0$ ,  $k_s$  sono parametri forniti in funzione della zona in cui sorge la costruzione e  $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Con riferimento alla zonazione individuata dal §3.3.1 delle NTC 2018, l'opera è posta nella zona 6 (Sardegna occidentale). I parametri di riferimento sono:

$$v_{b,0} = 28 \text{ m/s} \quad a_0 = 500 \text{ m} \quad k_s = 0.36$$

Si assumono:

$$a_s = 400 \text{ m}$$

classe di rugosità D (aree prive di ostacoli)

categoria di esposizione II

periodo di ritorno  $T_R = 100$  anni (a favore di sicurezza)

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo, riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_R$ . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b c_r$$

dove  $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_R$ :

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

$$\text{Nel caso specifico: } v_b = 28.0 \text{ m/s} \quad c_r = 1.039 \quad v_r = 29.1 \text{ m/s}$$

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

dove

$q_r = 0.53 \text{ kN/m}^2$  è la pressione cinetica di riferimento, data da:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante

$c_e$  è il coefficiente di esposizione

$c_p$  è il coefficiente di pressione

$c_d$  è il coefficiente dinamico, posto pari a 1, per il caso specifico

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200$  m, esso è dato dalla formula:

$$\begin{aligned} c_e(z) &= k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] && \text{per } z \geq z_{\min} \\ c_e(z) &= c_e(z_{\min}) && \text{per } z < z_{\min} \end{aligned}$$

dove  $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{\min}$  sono assegnati in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione e  $c_t$  è il coefficiente di topografia, posto nel caso specifico pari a 1.

Nel caso specifico si pone  $z = 11$  m.

Per la categoria di esposizione II:  $k_r = 0.19$        $z_0 = 0.05$  m       $z_{\min} = 4$  m

Si ricava  $c_e = 2.41$

Per quanto riguarda il coefficiente  $c_{p,r}$ , si assume il valore relativo alle travi isolate, pari nel caso specifico a 1.4.

Si ricava, dunque, la pressione del vento pari a  $p = 1.792$  kN/m<sup>2</sup>.

La pressione del vento è applicata sulle superfici direttamente investite e su un'impronta di carico alta 3 m dal piano stradale.

Si assume inoltre, a favore di sicurezza, che le travi non direttamente investite dal vento subiscano comunque la pressione, con intensità pari al 20% di quella sopra determinata.

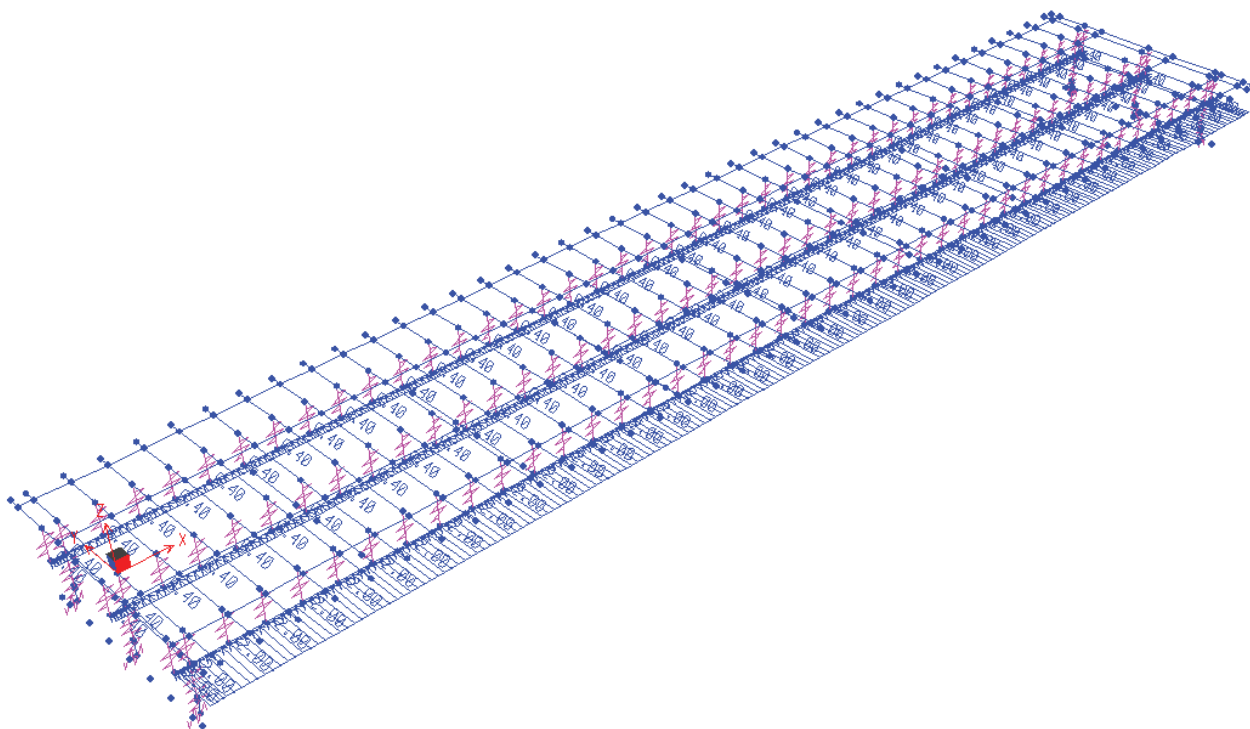


Figura 27 – Applicazione del vento sulle travi

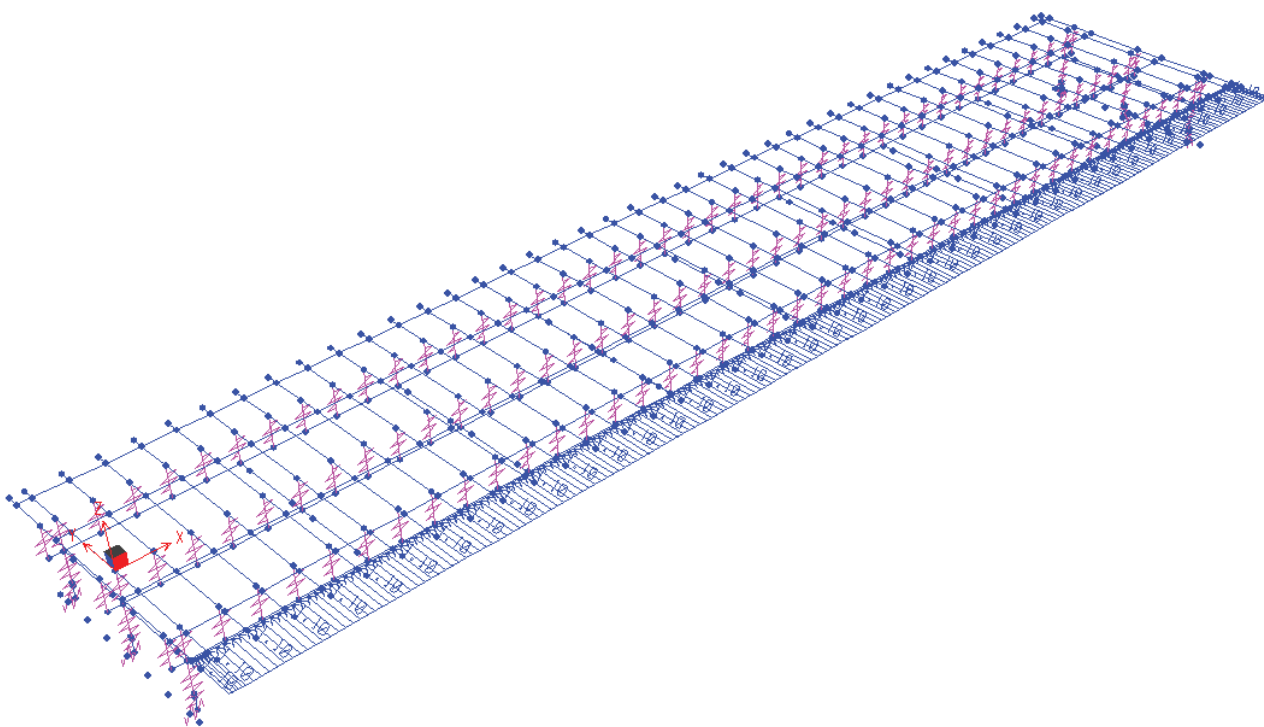


Figura 28 – Applicazione del vento sugli elementi di bordo lato destro – forza orizzontale

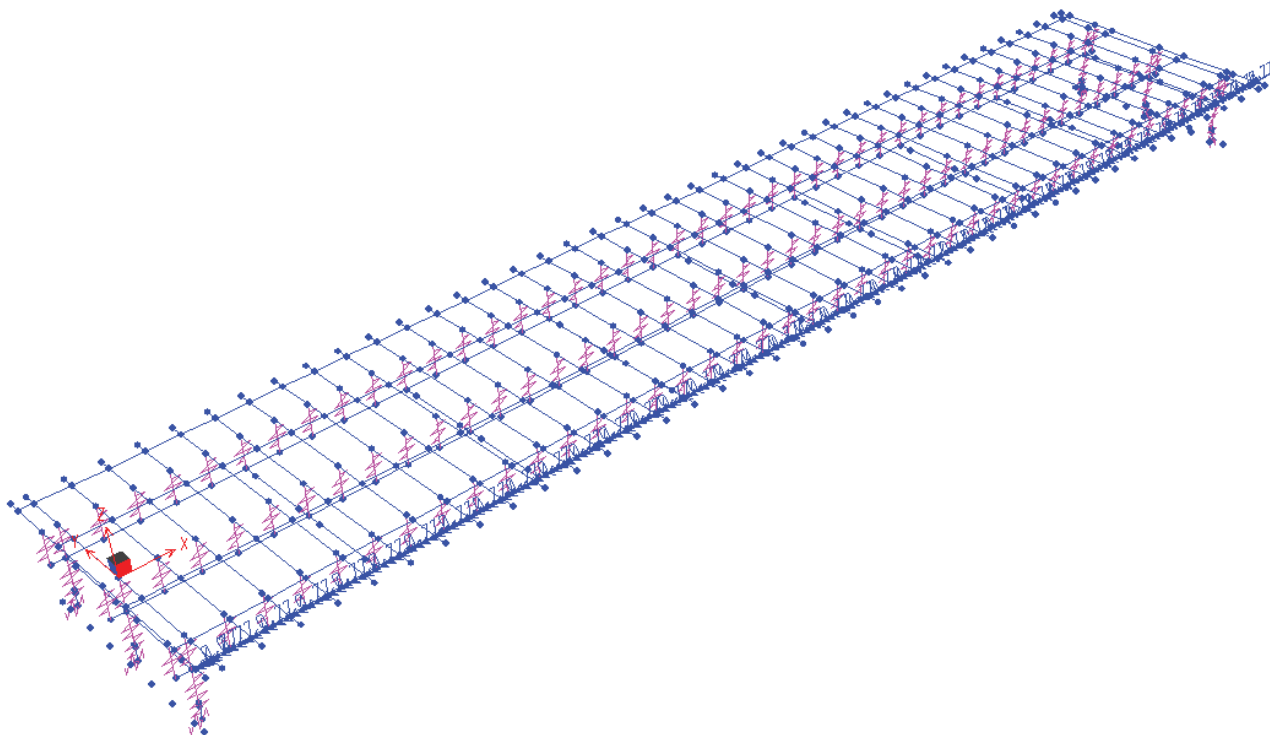


Figura 29 – Applicazione del vento sugli elementi di bordo lato destro – momento

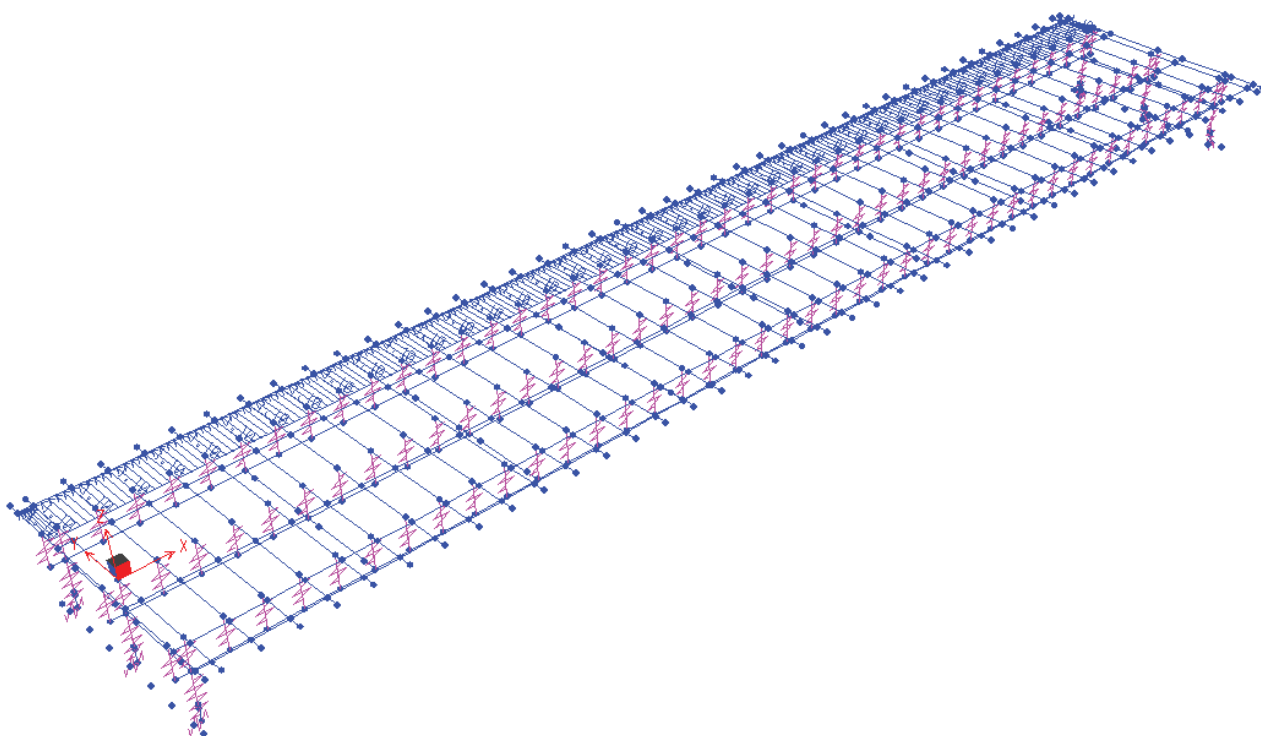


Figura 30 – Applicazione del vento sugli elementi di bordo lato sinistro – forza orizzontale

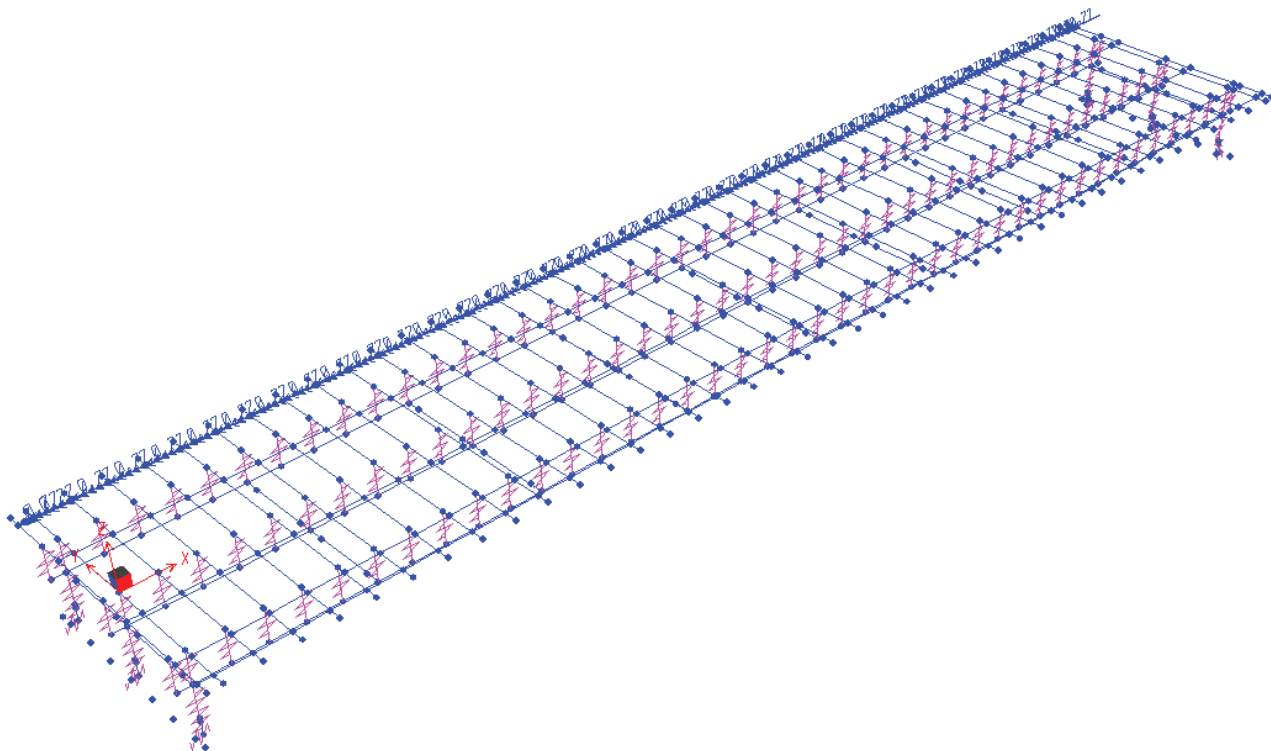


Figura 31 – Applicazione del vento sugli elementi di bordo lato sinistro – momento

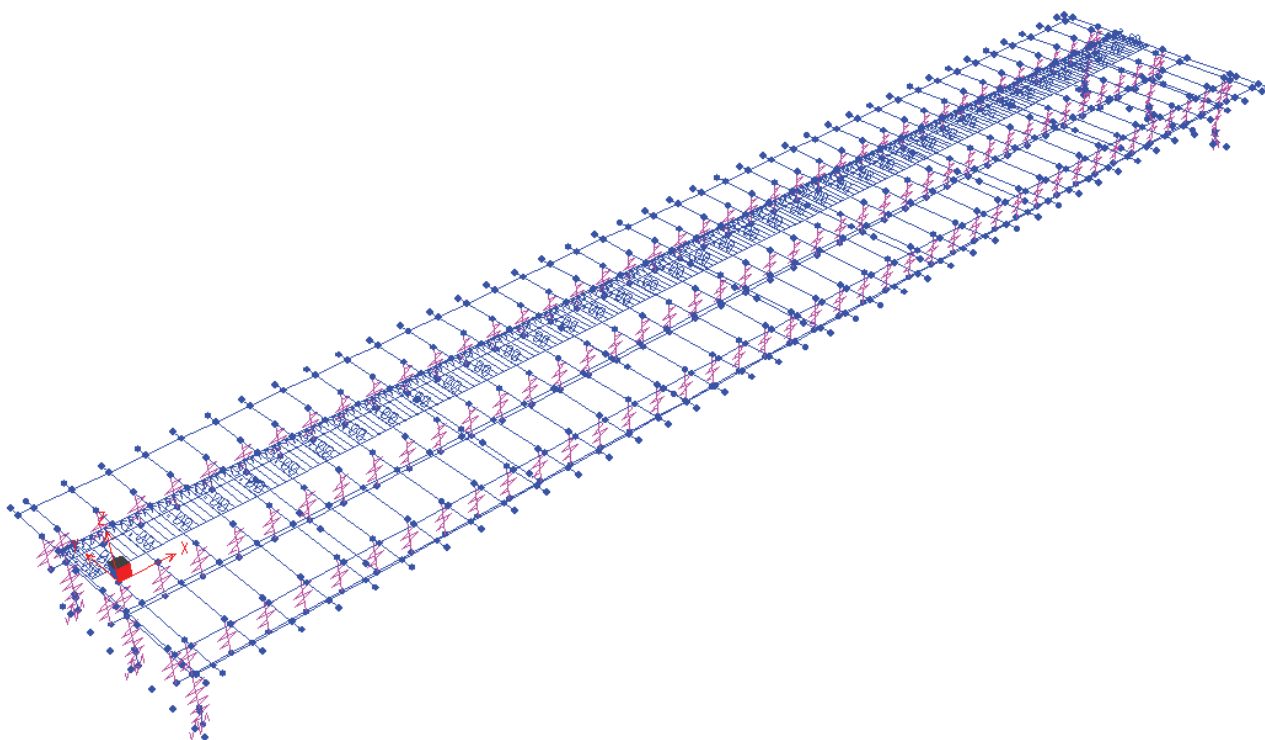


Figura 32 – Applicazione del vento sull'impronta di carico – forza orizzontale

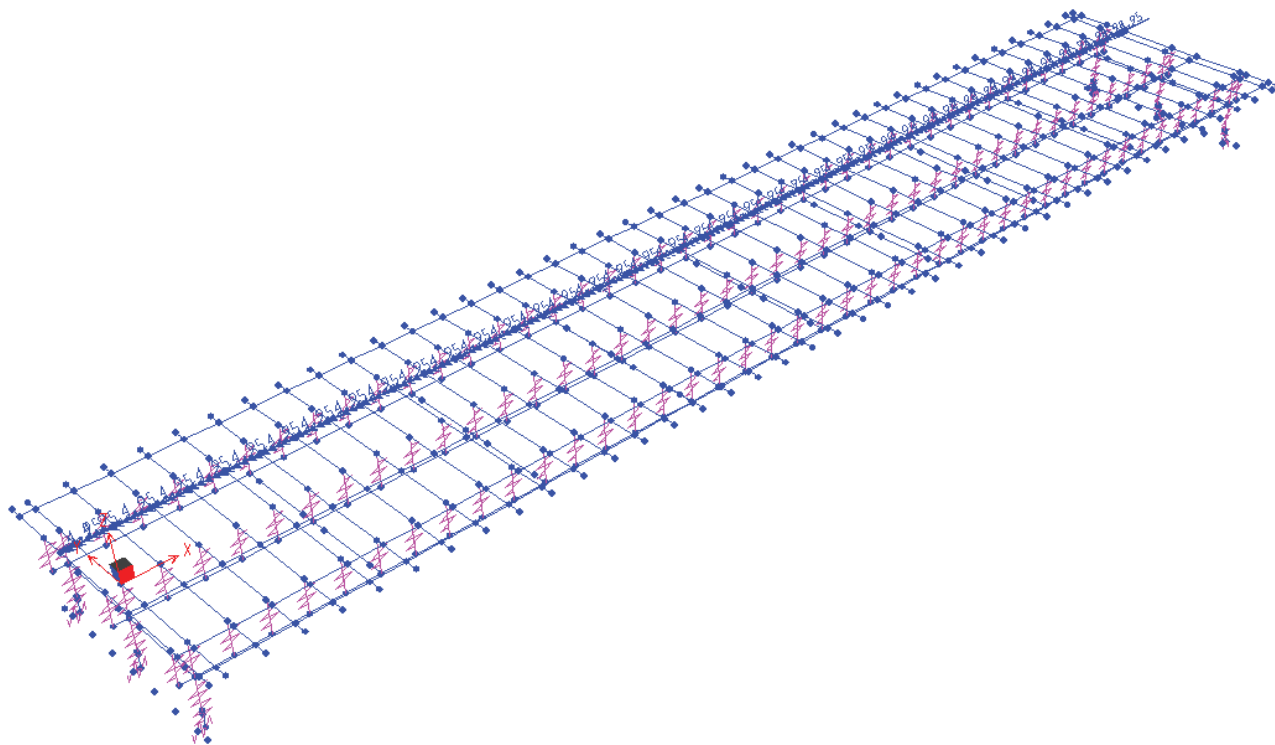


Figura 33 – Applicazione del vento sull'impronta di carico – momento

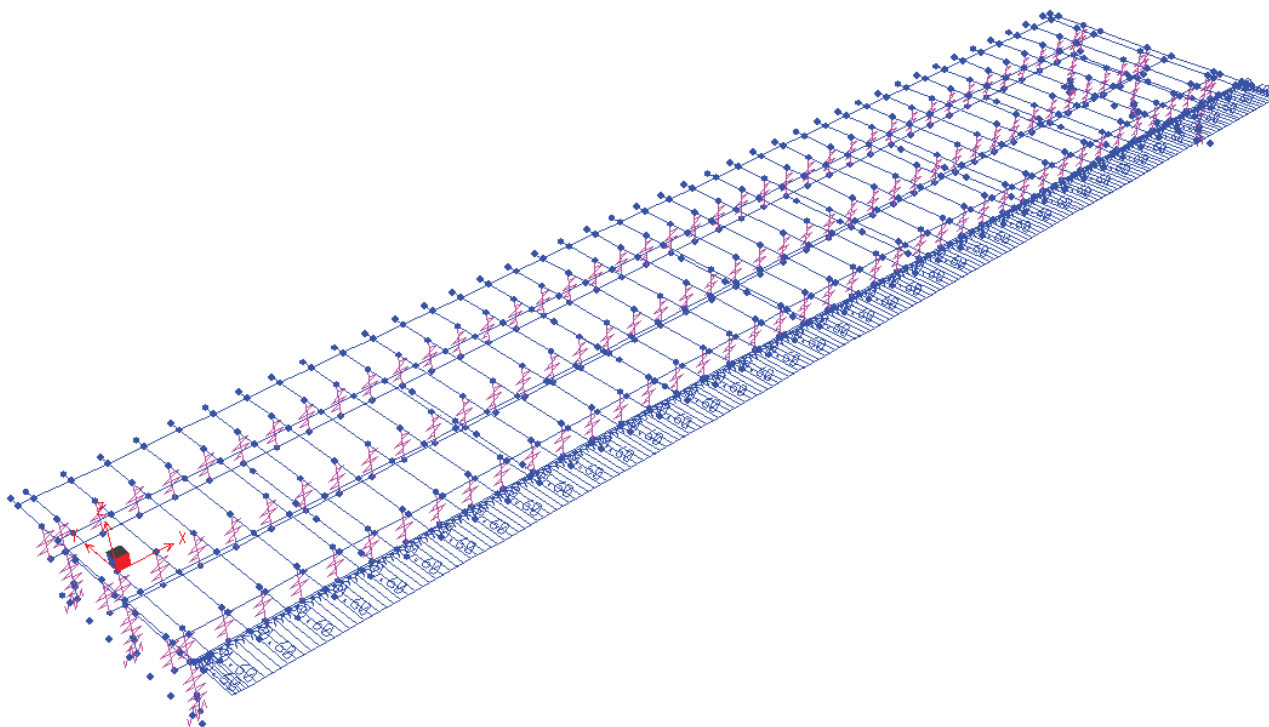


Figura 34 – Applicazione del vento sulla soletta



## 7.8 Variazioni termiche

Sono state considerate le seguenti condizioni di carico:

- variazione termica uniforme di  $\pm 30^{\circ}\text{C}$
- variazione termica differenziale sull'altezza dell'impalcato, con gradiente termico di  $\pm 10^{\circ}\text{C}$

## 7.9 Azione sismica

Il calcolo delle sollecitazioni sismiche è stato eseguito tenendo conto delle indicazioni delle NTC 2008 in materia di progettazione sismica dei ponti stradali.

È stato tenuto in conto il sisma verticale.

La struttura in esame è di tipo 2 (vita nominale  $V_N \geq 50$  anni) e classe IV. Ne derivano i valori delle seguenti grandezze:

$V_N \geq 50$  anni vita nominale

$C_U = 2$  coefficiente d'uso

$V_R = V_N C_U = 100$  anni periodo di riferimento

I valori dei periodi di ritorno per i differenti stati limite sono:

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]		$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLD	$V_R$	100	0.031	2.73	0.31
SLV	$9.5 V_R$	950	0.060	2.97	0.37

Tabella 5 – Parametri sismici

Il suolo di fondazione può essere classificato come appartenente alla categoria B.

Il categoria topografica di riferimento è la T1.

Lo spettro di risposta dell'azione sismica orizzontale è definita come segue:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

dove

- T è il periodo di vibrazione
- S è il coefficiente di amplificazione che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche
- $\eta$  è il fattore di smorzamento, posto, nel caso specifico, pari a 1

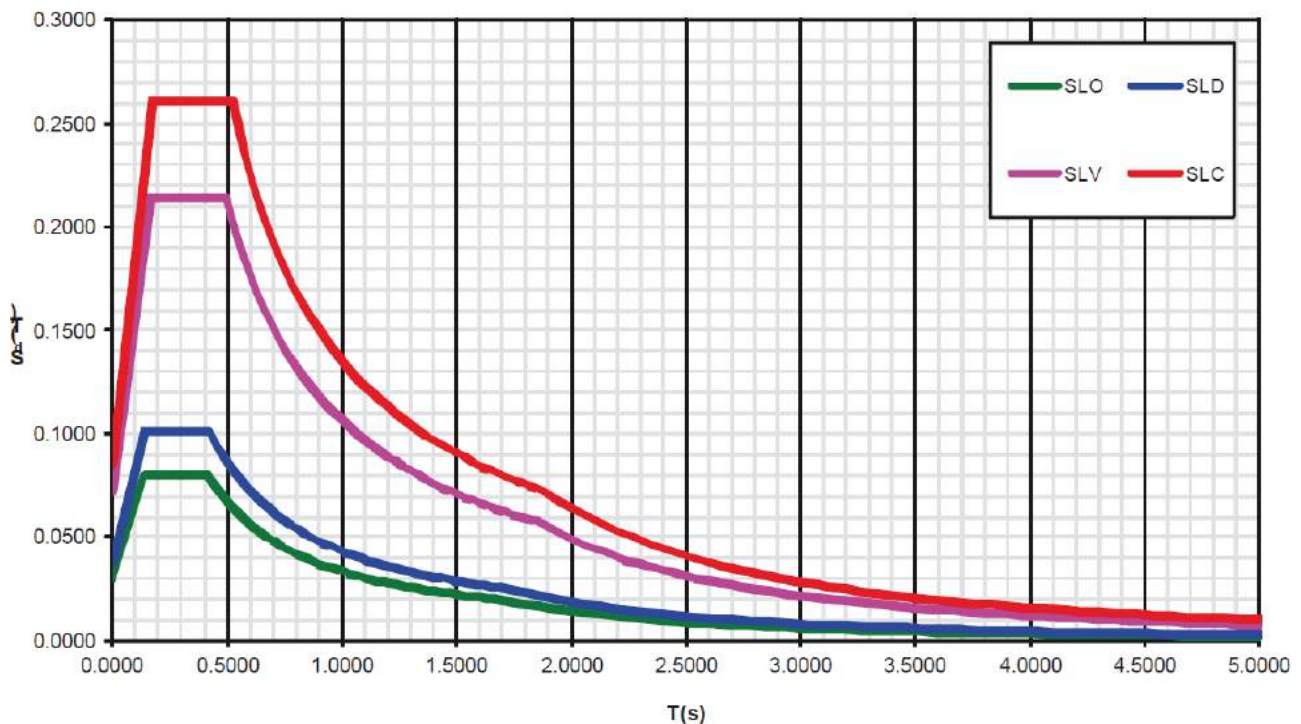


Figura 35 – Spettro elastico in accelerazione orizzontale

Si assume che le opere di sostegno possano muoversi rispetto al terreno, per cui vengono assunti i coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima previsti dalle NTC 2018, come riportato di seguito.

	SLV	SLD
Accelerazione al suolo $a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.600	0.310
Accelerazione al suolo $a_g$ [% di g]	<b>0.061</b>	<b>0.032</b>
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.970	2.730
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.370	0.310
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico $S_s$	Tipo B	<b>1.200</b>
Coefficiente di riduzione ( $\beta_m$ )	C	0.470
Coefficiente di riduzione ( $\beta_m$ ) verifica ribaltamento	0.57	
Coefficiente amplificazione topografica $S_T$	T1	<b>1.00</b>
<b><math>K_h = a_g/g * S_s * S_t * \beta_m</math></b>		
<b>Coeff. di intensità sismica orizzontale <math>K_h</math> [%]</b>	<b>2.789</b>	<b>1.782</b>
Intensità sismica Verticale/Orizzontale	0.50	

Figura 36 – Determinazione dei coefficienti di intensità sismica

Tuttavia, poiché il §7.11.6.2.1 delle NTC2008 prescrive che per lo stato limite di ribaltamento debba essere utilizzato un coefficiente di riduzione maggiorato del 50%, e dunque pari a 0.57, per semplicità ed a favore di sicurezza, tale coefficiente sarà utilizzato per anche per gli altri SLV e lo SLD. Da ciò deriva

$$K_h = 0.027 \quad K_v = 0.014$$

Il coefficiente di spinta in fase sismica è pertanto pari a 0.358.

Si assume che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica; pertanto nelle combinazioni sismiche la spinta del terreno è applicata al modello come nel caso statico, fornendo al software il coefficiente di spinta sopra determinato.

## 7.10 Urto

Ai sensi del §5.1.3.10 "Urto di veicolo in svio" delle NTC "Le barriere di sicurezza stradali e gli elementi strutturali ai quali sono collegati devono essere dimensionati in funzione della classe di contenimento richiesta per l'impiego specific, dalle normative nazionali applicabili".

Pertanto i carichi cui deve essere calcolato/verificato il cordolo sono:

- Peso proprio dell'elemento, valutato tenendo conto di un peso specifico del cemento armato di 25 kN/m<sup>3</sup>;
- Carichi permanenti: il peso della barriera è valutato in 1 kN/m
- Urto, valutato come segue

Il § 3.6.3.3.2 prevede che "In assenza di specifiche prescrizioni, nel progetto strutturale dei ponti si può tener conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN. Essa rappresenta l'effetto dell'impatto da trasmettere ai vincoli e deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 100 mm sotto la sommità dell'elemento o 1,0 m sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo.". Lo schema di calcolo è il seguente:

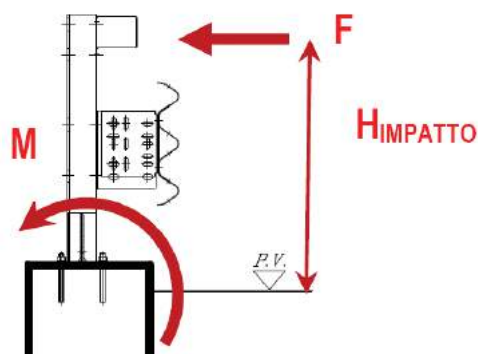


Figura 37 – Schema di calcolo per l'azione di urto

Le azioni da urto veicolare sono azioni eccezionali, e pertanto sono caratterizzate da coefficienti di sicurezza dei materiali (cfr. §4.1.4) e da coefficienti di amplificazione dei carichi (cfr. §2.5.3) unitari.

### 7.11 Carichi variabili per le verifiche a fatica

Per le verifiche a fatica viene impiegato il modello di carico di fatica 1, di cui al §5.1.4.3 delle NTC2018.

Il modello di carico di fatica 1 è costituito dallo Schema di Carico 1 assumendo il 70% dei carichi concentrati ed il 30% di quelli distribuiti, applicati in asse alle corsie convenzionali, come mostrato nella seguente figura:

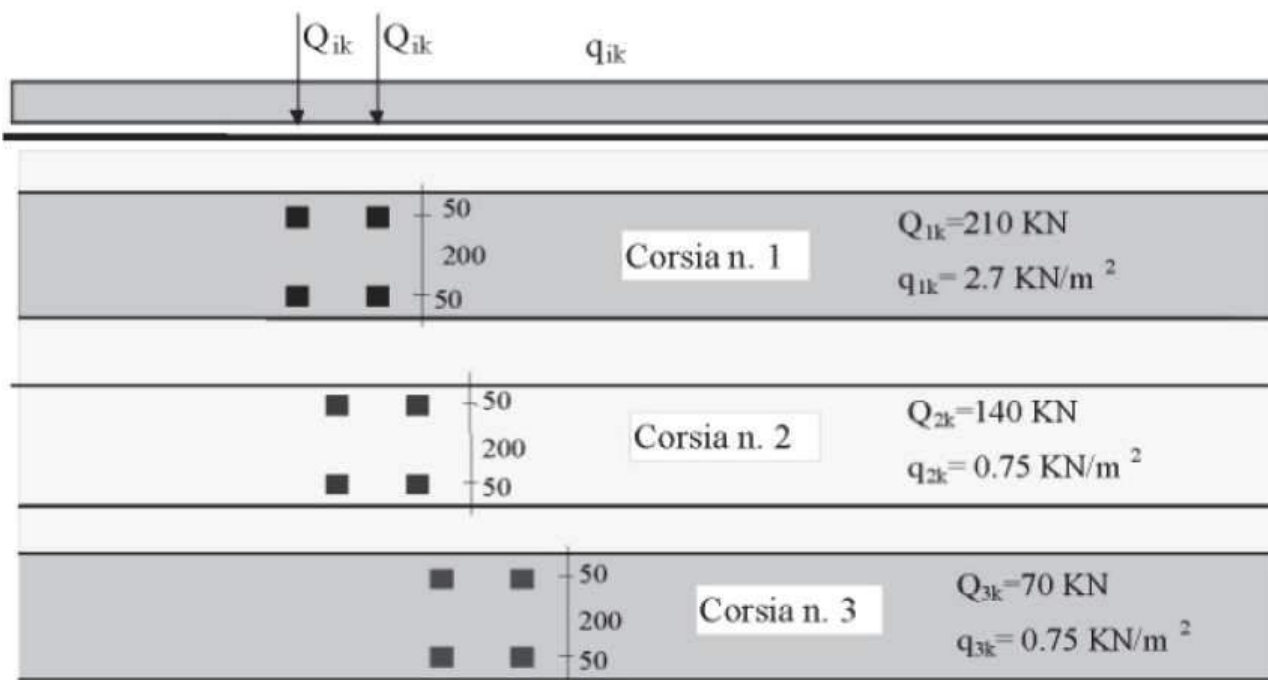


Figura 38 – Spettro elastico in accelerazione orizzontale

## 8 COMBINAZIONI DEI CARICHI

Devono essere effettuate verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)

- stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno;
- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
- ribaltamento;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;

Le verifiche della stabilità globale devono essere effettuate secondo l'approccio progettuale di tipo 1 secondo la seguente combinazione:

Combinazione 2 (A2+M2+R2) per verifiche GEO

Tale verifica per le spalle in esame non è significativa e pertanto non viene effettuata.

Tutte le altre verifiche devono essere effettuate secondo l'approccio 2, che prevede un'unica combinazione di coefficienti:

Combinazione 1 (A1+M1+R3)

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si devono considerare le combinazioni riportate nella seguente tabella:

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m <sup>2</sup>
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(\*) Ponti pedonali  
(\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
(\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Tabella 6 – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

In funzione del tipo di verifica da eseguire, si hanno i seguenti coefficienti parziali:

		Coefficiente	EQU <sup>1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti g <sub>1</sub> e g <sub>3</sub>	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>2)</sup> g <sub>2</sub>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{E1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>3)</sup>	1,00 <sup>4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{E2}$ , $\gamma_{E3}$ , $\gamma_{E4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>4)</sup> 1,20 per effetti locali

Tabella 7 – Coefficienti parziali di sicurezza allo SLU

## Progetto Esecutivo

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combi- nazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequentissimi)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Tabella 8 – Coefficienti parziali per le azioni variabili

Ai fini delle resistenze, in funzione del tipo di verifica da eseguire, il valore di progetto può ricavarsi applicando ai parametri geotecnici del terreno i seguenti coefficienti parziali:

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 9 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Per quanto riguarda i coefficienti di sicurezza nei confronti dei diversi stati limite, essi sono riportati nelle tabelle seguenti:



Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 10 – Coefficienti parziali R3 per le verifiche statiche

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale $\gamma_R$
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Tabella 11 – Coefficienti parziali R3 per le verifiche sismiche

Sulla base delle indicazioni di cui al par. 2.5.1.3 delle NTC 2008, le azioni considerate ai fini della progettazione delle opere in esame possono essere assegnate alle seguenti famiglie di carico:

- $G1$ = carichi permanenti: peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);
- forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo).
- $G2$ = carichi permanenti: peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $Q$  = carichi variabili;
- $E$  = carichi sismici: azioni derivanti dai terremoti.

Ai fini delle verifiche degli stati limite strutturali precedentemente definiti, sono state prese in esame le seguenti combinazioni delle azioni di progetto, esplicitate nei successivi paragrafi di verifica per ciascuna tipologia di cassone:

## 8.1 Combinazioni per verifiche allo SLU

- Combinazione fondamentale (SLU)

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

- Combinazione sismica (SLV)

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

- Combinazione eccezionale (ECC-STR)

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

## 8.2 Combinazioni per verifiche allo SLE

- Combinazione caratteristica o rara (SLE-RARA)

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

per le verifiche delle tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio

- Combinazione frequente (SLE-FREQ)

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

per le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

- Combinazione quasi permanente (SLE-QP)

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

per le verifiche delle tensioni di compressione nel calcestruzzo ed allo stato limite di apertura delle fessure

dove:

- $Q_{k1}$  = azione variabile dominante;
- $Q_{kj}$  = azioni variabili concomitanti con quella dominante;
- $\gamma_{Qi}$  = coefficiente parziale delle azioni variabili;
- $\gamma_{G1}$  = coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali;
- $\gamma_{G2}$  = coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali;
- $\psi_{0j}, \psi_{1j}, \psi_{2j}$  = coefficienti di combinazione delle azioni.

Nelle espressioni sopra riportate il simbolo + sta per *combinato con*.

### 8.3 Riepilogo delle combinazioni di carico

Vengono di seguito riportate le combinazioni di carico con i relativi

	SLU-A1-comb.1	SLU-A1-comb.2	SLU-A1-comb.3	SLU-A2-comb.1	SLU-A2-comb.2	SLU-A2-comb.3
g1 - Peso proprio	1/1.35	1/1.35	1/1.35	1	1	1
g2 - Permanenti	0/1.5	0/1.5	0/1.5	0/1.3	0/1.3	0/1.3
g3 - Spinta terre	1/1.35	1/1.35	1/1.35	1	1	1
e2 - Ritiro	0/1.2	0/1.2	0/1.2	0/1	0/1	0/1
q1 - Tandem	0/1.35	0/1.0125	0/1.0125	0/1.15	0/0.8625	0/0.8625
q1 - Distribuiti	0/1.35	0/0.54	0/0.54	0/1.15	0/0.46	0/0.46
q1 - Sovraccarico terreno	0/1.35	0/1.0125	0/1.0125	0/1.15	0/0.8625	0/0.8625
q3 - Frenatura	0	0/1.35	0/1.0125	0	0/1.15	0/0.8625
q5 - Vento	0/1.2	0/1.5	0/1.2	0/0.78	0/1.3	0/0.78
q7 - Termica	-0.9/0.9	-0.9/0.9	-1.5/1.5	-0.78/0.78	-0.78/0.78	-1.3/1.3

	SLU-EQU-comb.1	SLU-EQU-comb.2	SLU-EQU-comb.3
g1 - Peso proprio	0.9/1.1	0.9/1.1	0.9/1.1
g2 - Permanenti	0/1.5	0/1.5	0/1.5
g3 - Spinta terre	0.9/1.1	0.9/1.1	0.9/1.1
e2 - Ritiro	0/1.2	0/1.2	0/1.2
q1 - Tandem	0/1.35	0/1.0125	0/1.0125
q1 - Distribuiti	0/1.35	0/0.54	0/0.54
q1 - Sovraccarico terreno	0/1.35	0/1.0125	0/1.0125
q3 - Frenatura	0	0/1.35	0/1.0125
q5 - Vento	0/1.2	0/1.5	0/1.2
q7 - Termica	-0.9/0.9	-0.9/0.9	-1.5/1.5

	SLE-Rara-comb.1	SLE-Rara-comb.2	SLE-Rara-comb.3	SLE-Freq-comb.1	SLE-Freq-comb.2	SLE-Freq-comb.3	SLE-Perm-comb.1
g1 - Peso proprio	1	1	1	1	1	1	1
g2 - Permanenti	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
g3 - Spinta terre	1	1	1	1	1	1	1
e2 - Ritiro	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
q1 - Tandem	0/1	0/0.75	0/0.75	0/0.75	0	0	0
q1 - Distribuiti	0/1	0/0.4	0/0.4	0/0.4	0	0	0
q1 - Sovraccarico terreno	0/1	0/0.75	0/0.75	0/0.75	0	0	0
q3 - Frenatura	0	0/1	0/0.75	0/0.75	0	0	0
q5 - Vento	0/0.8	0/1	0/0.8	0	0/0.2	0	0
q7 - Termica	-0.6/0.6	-0.6/0.6	-1/1	-0.5/0.5	-0.5/0.5	-0.6/0.6	-0.5/0.5

	SLU-Sism-comb.1	SLU-Sism-comb.2	SLU-Sism-comb.3	SLU-Sism-comb.4	SLU-Sism-comb.5	SLU-Sism-comb.6
g1 - Peso proprio	1	1	1	1	1	1
g2 - Permanenti	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
g3 - Spinta terre	1	1	1	1	1	1
e2 - Ritiro	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
q1 - Tandem	0	0	0	0	0	0
q1 - Distribuiti	0	0	0	0	0	0
q1 - Sovraccarico terreno	0	0	0	0	0	0
q3 - Frenatura	0	0	0	0	0	0
q5 - Vento	0	0	0	0	0	0
q7 - Termica	-0.5/0.5	-0.5/0.5	-0.5/0.5	-0.5/0.5	-0.5/0.5	-0.5/0.5
Sisma direzione x	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
Sisma direzione y	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
Sisma direzione z	-0.3	0.3	-0.3	0.3	-1	1

Tabella 12 – Combinazioni dei carichi

## 9 RISULTATI DEI CALCOLI

### 9.1 Risultati dell'analisi modale

Si riportano di seguito i principali risultati dell'analisi modale.

I modi considerati sono 500.

La percentuale di massa eccitata nelle tre direzioni ortogonali è illustrata nella seguente tabella.

OutputCase Text	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9999	89.7117
MODAL	Acceleration	UY	99.9999	90.183
MODAL	Acceleration	UZ	99.9997	87.1175

Tabella 13 – Percentuale complessiva di massa eccitata

Nella seguente tabella sono riportati i valori dei periodi e delle frequenze per i primi 20 modi di vibrare.

StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
1	1.095388	0.91292	5.736	32.902
2	1.045761	0.95624	6.0082	36.099
3	0.633309	1.579	9.9212	98.43
4	0.571687	1.7492	10.991	120.79
5	0.494322	2.023	12.711	161.56
6	0.161843	6.1788	38.823	1507.2
7	0.160039	6.2485	39.26	1541.4
8	0.131103	7.6276	47.926	2296.9
9	0.08799	11.365	71.408	5099.1
10	0.083298	12.005	75.43	5689.7
11	0.083101	12.034	75.609	5716.7
12	0.08135	12.293	77.237	5965.5
13	0.081177	12.319	77.401	5990.9
14	0.077851	12.845	80.708	6513.8
15	0.077851	12.845	80.708	6513.8
16	0.061885	16.159	101.53	10308
17	0.05751	17.388	109.25	11937
18	0.057463	17.402	109.34	11956
19	0.057459	17.404	109.35	11958
20	0.05741	17.419	109.44	11978

Tabella 14 – Periodi e frequenze modi di vibrare

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle percentuali di massa eccitata per i primi 20 modi di vibrare.

StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
1	1.095388	6.838E-14	0.3907	8.385E-16	6.838E-14	0.3907	8.385E-16
2	1.045761	0.39423	5.678E-14	6.365E-17	0.39423	0.3907	9.022E-16
3	0.633309	1.298E-19	1.172E-16	5.411E-14	0.39423	0.3907	5.501E-14
4	0.571687	7.887E-19	4.204E-16	0.31866	0.39423	0.3907	0.31866
5	0.494322	7.898E-16	0.00388	4.826E-15	0.39423	0.39457	0.31866
6	0.161843	0.000008578	6.964E-14	4.036E-17	0.39424	0.39457	0.31866
7	0.160039	2.019E-14	1.577E-14	1.684E-14	0.39424	0.39457	0.31866
8	0.131103	7.366E-15	0.00013	1.048E-15	0.39424	0.39471	0.31866
9	0.08799	1.879E-13	000000002343	6.119E-14	0.39424	0.39471	0.31866
10	0.083298	7.252E-13	0.12081	000000000265	0.39424	0.51552	0.31866
11	0.083101	000000001259	0.00000002566	0000000002913	0.39424	0.51552	0.31866
12	0.08135	7.96E-15	000000001702	0.03562	0.39424	0.51552	0.35429
13	0.081177	1.666E-14	0.00961	0000000005187	0.39424	0.52513	0.35429
14	0.077851	0.0000164	9.581E-15	0000000004343	0.39425	0.52513	0.35429
15	0.077851	000000007707	3.762E-13	0.0000008903	0.39425	0.52513	0.35429
16	0.061885	1.609E-14	0.000005118	4.362E-16	0.39425	0.52513	0.35429
17	0.05751	000000001068	1.804E-13	6.963E-15	0.39425	0.52513	0.35429
18	0.057463	3.875E-13	000000005433	3.589E-15	0.39425	0.52513	0.35429
19	0.057459	6.527E-18	7.964E-15	000000001336	0.39425	0.52513	0.35429
20	0.05741	000000006936	4.975E-14	3.708E-15	0.39425	0.52513	0.35429

Tabella 15 – Valori percentuali di massa eccitata modi di vibrare

Si riportano di seguito le deformate modali della struttura per i modi di vibrare più significativi:

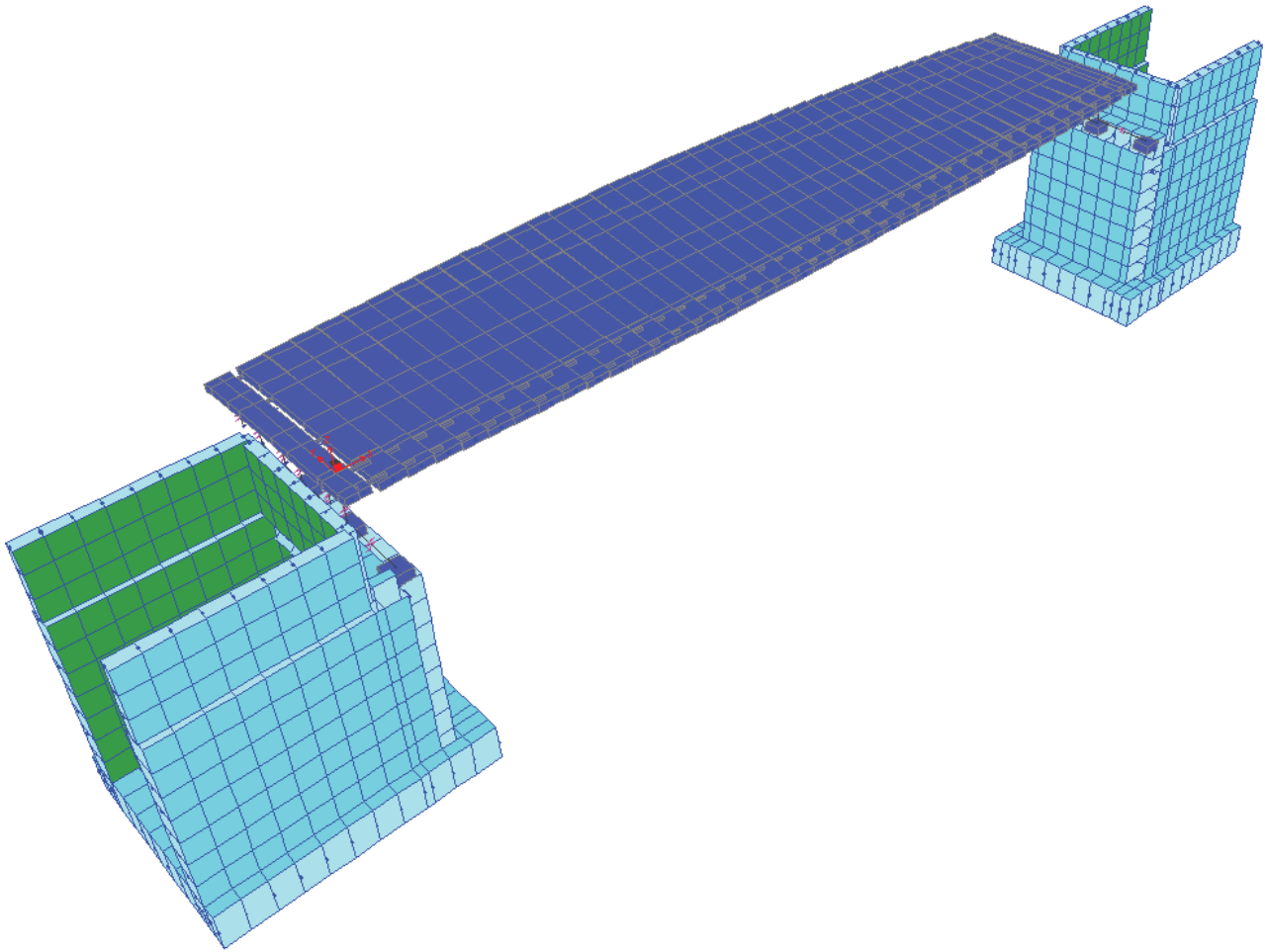


Figura 39 – Deformata modale modo 1 (direzione y)

**RTI di progettazione:**



**PRO  
ITER**  
Progetto  
Infrastrutture  
Territorio s.r.l.

**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

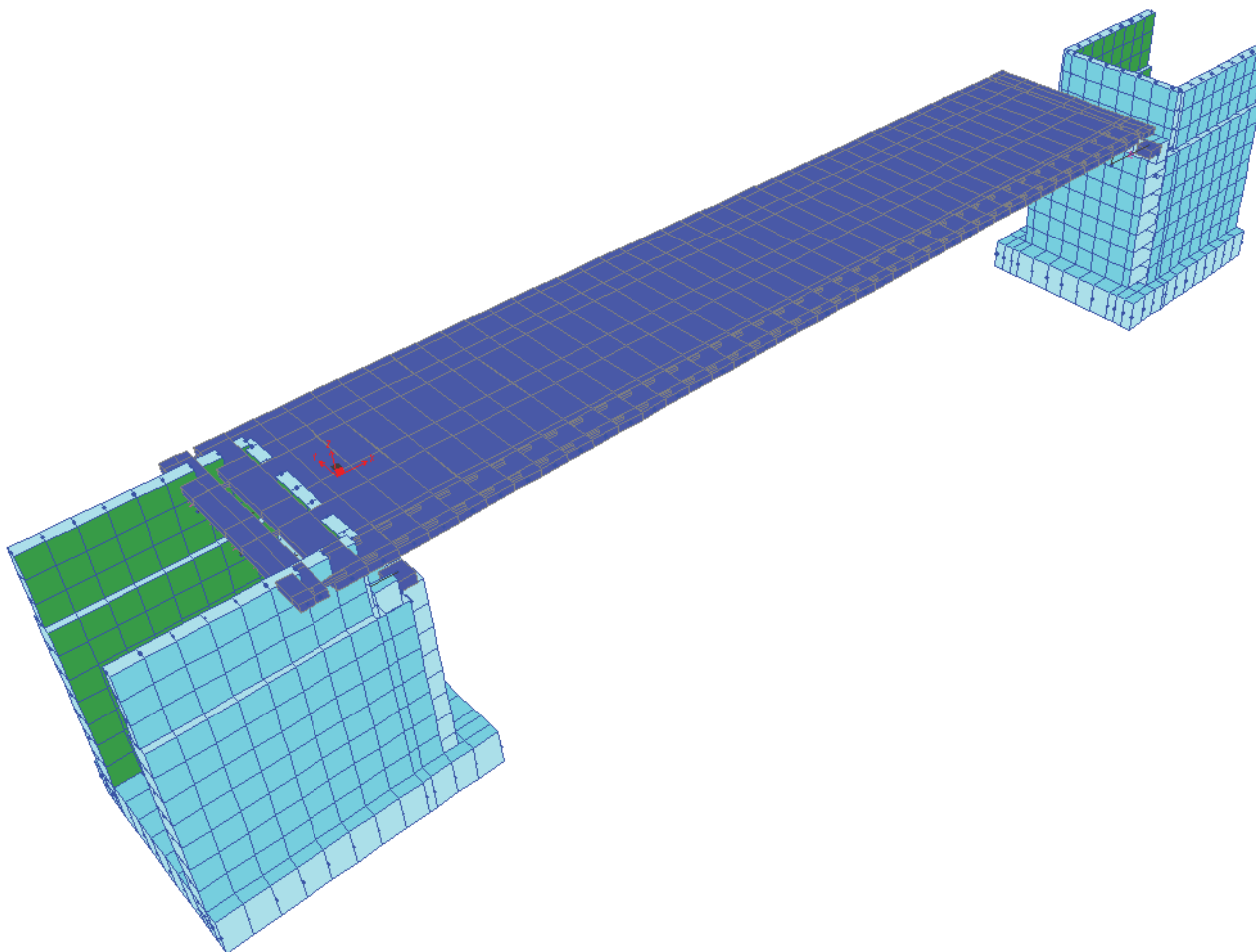


Figura 40 – Deformata modale modo 2 (direzione x)

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

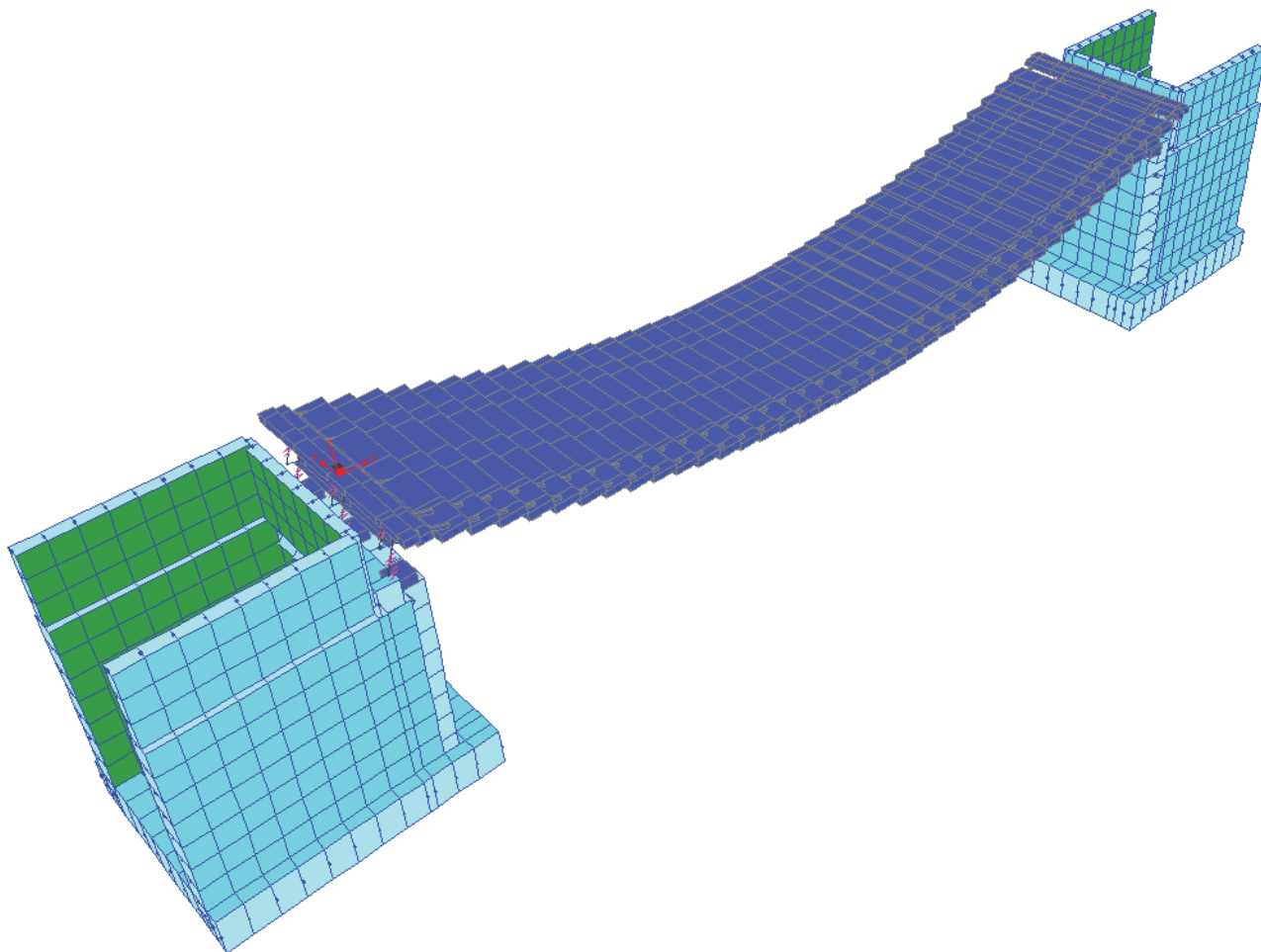


Figura 41 – Deformata modale modo 4 (direzione z)

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



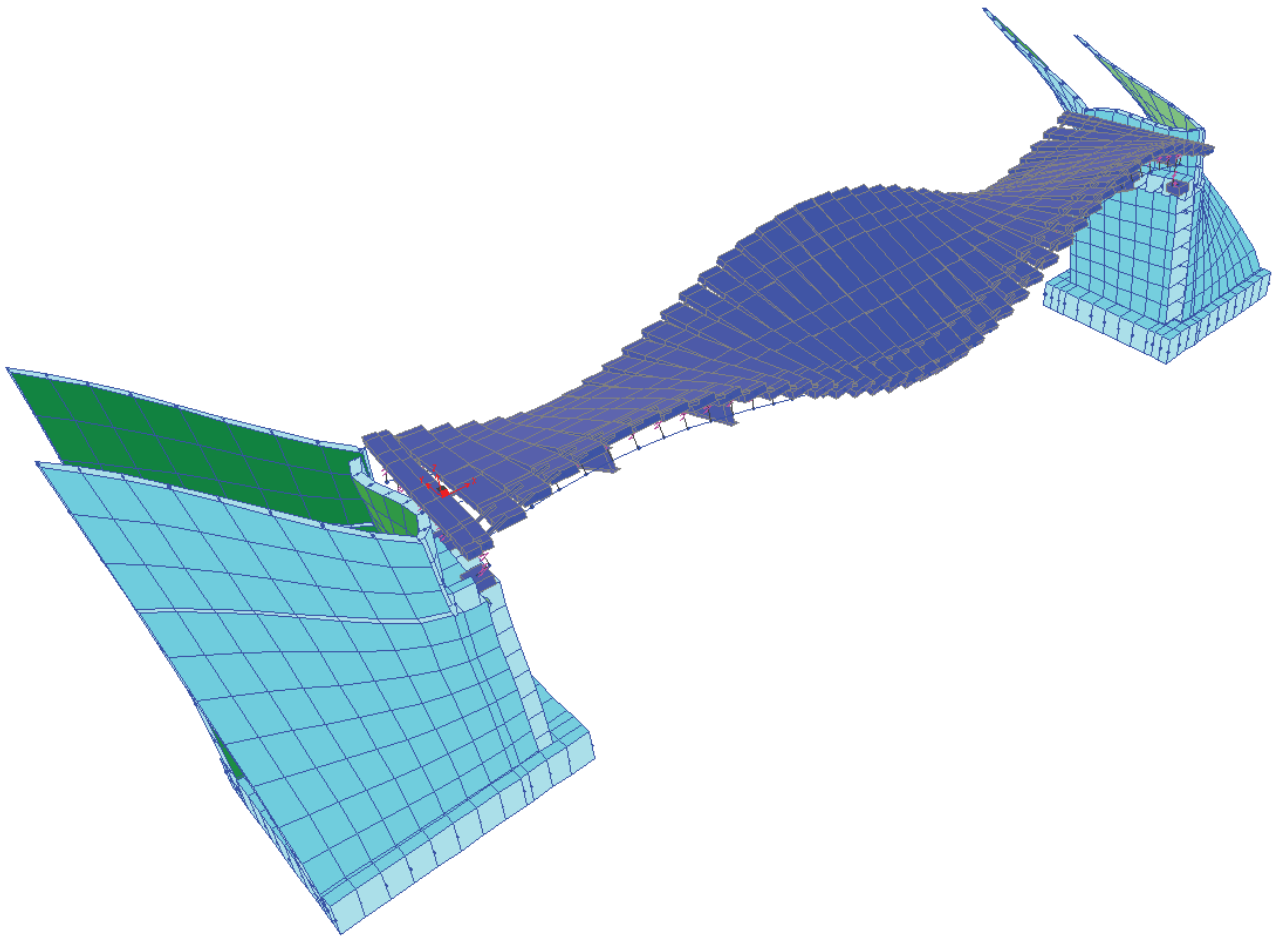


Figura 42 – Deformata modale modo 10 (direzione y)

**RTI di progettazione:**



**PRO  
ITER**  
Progetto  
Infrastrutture  
Territorio s.r.l.

**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

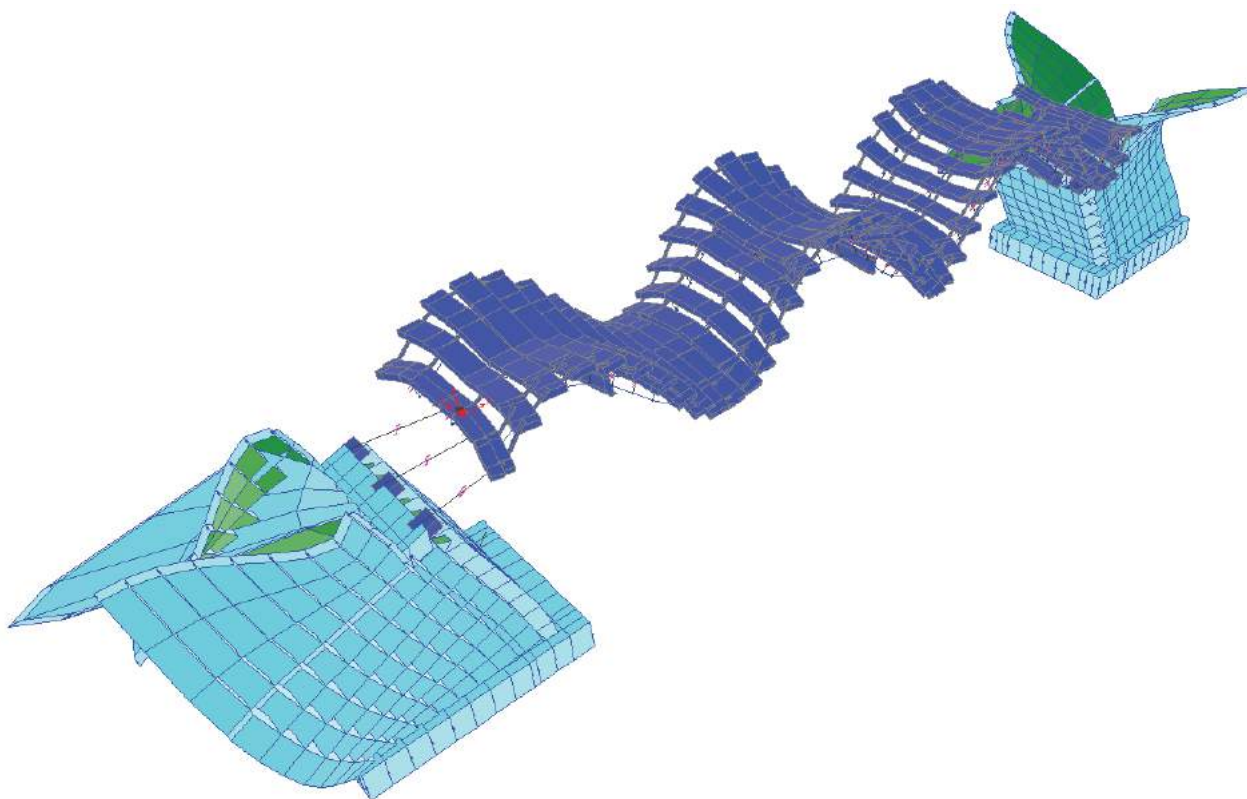


Figura 43 – Deformata modale modo 48 (direzione x)

## 9.2 Sollecitazioni sulle spalle

### 9.2.1 SLU

Vengono di seguito riportati, per ciascuna tipologia di elemento strutturale, gli involuipi delle sollecitazioni più significative allo SLU sulle spalle.

Le sollecitazioni assiali di trazione sono positive; i momenti positivi tendono le fibre interne.

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

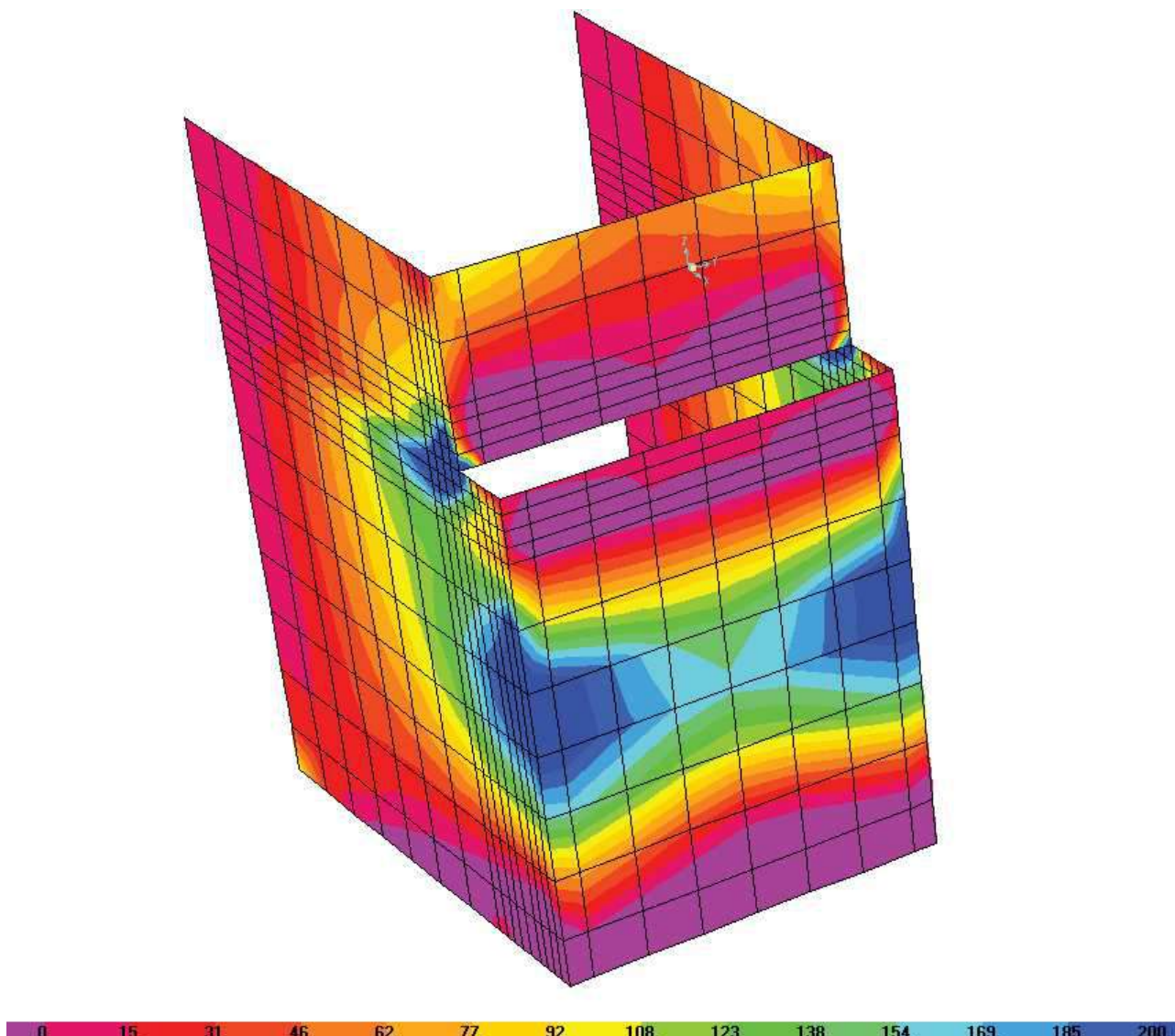


Figura 44 – Sforzo normale orizzontale F11 – involucro valori massimi – SLU

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

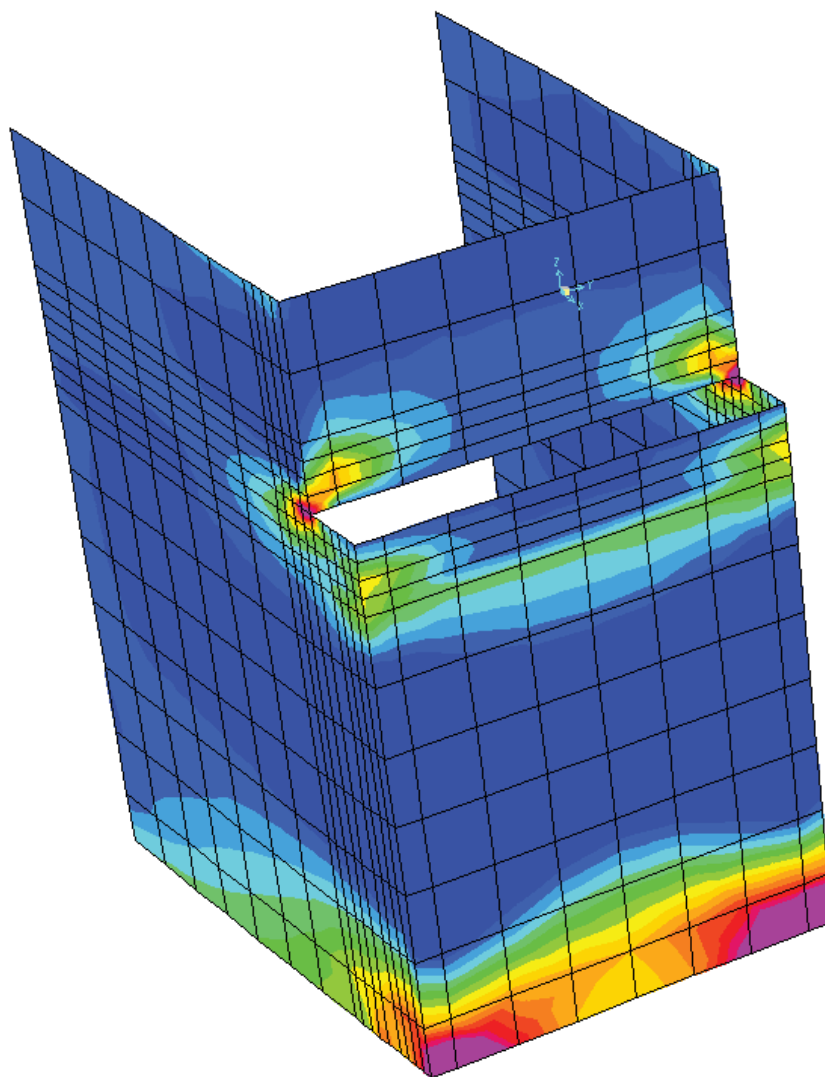


Figura 45 – Sforzo normale orizzontale F11 – involucro valori minimi – SLU

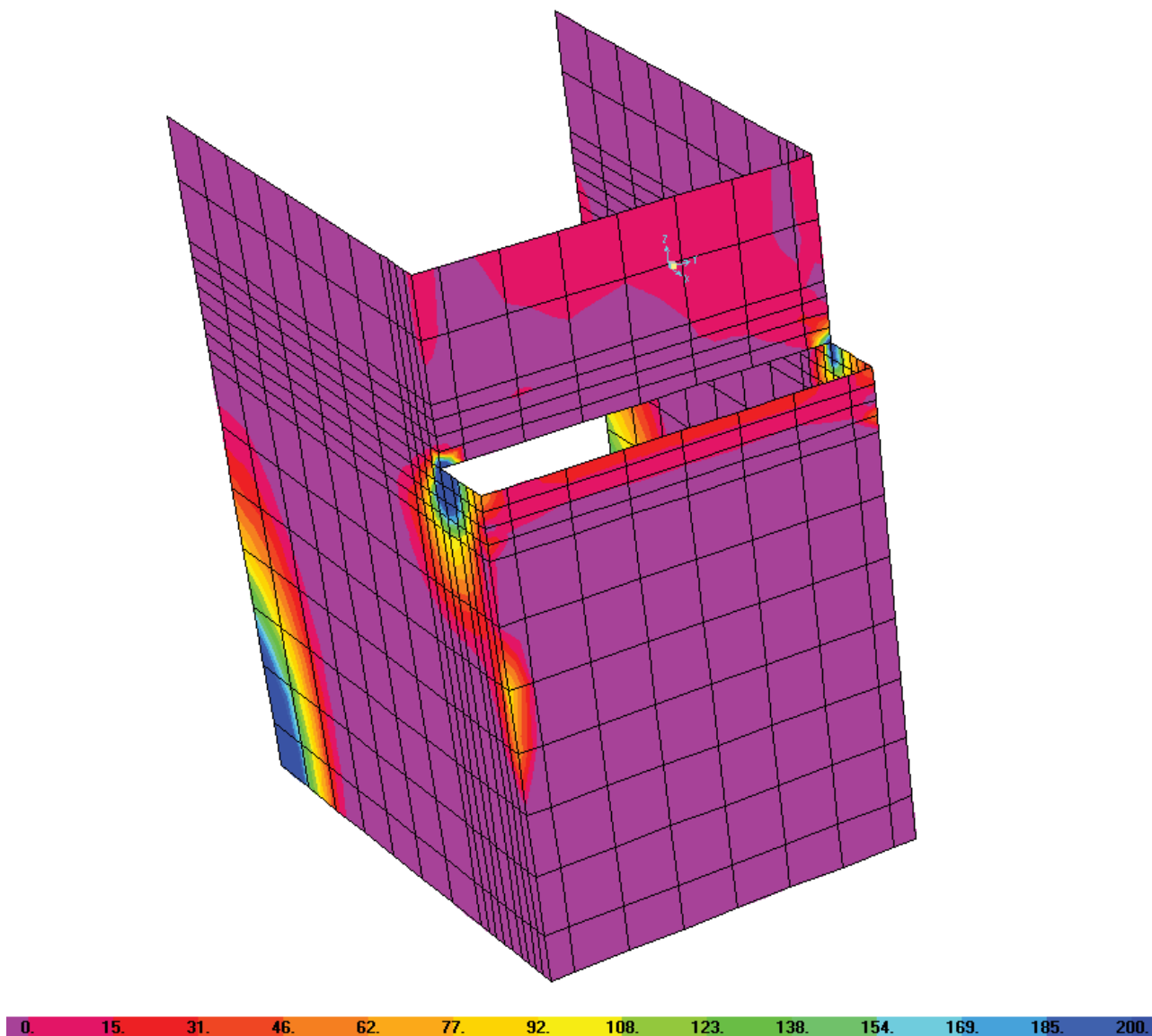


Figura 46 – Sforzo normale verticale F22 – involucro valori massimi – SLU

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

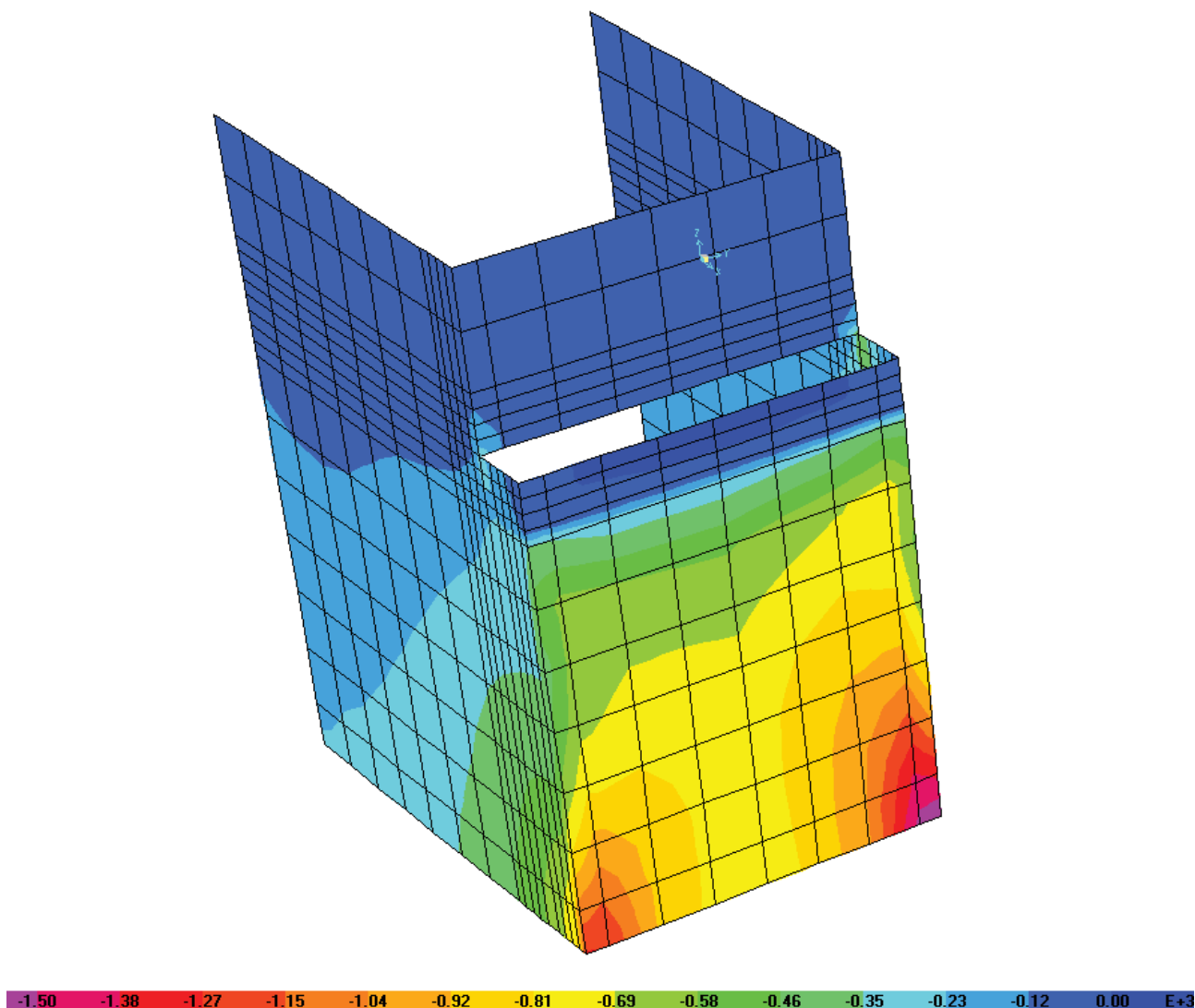


Figura 47 – Sforzo normale verticale F22 – involucro valori minimi – SLU

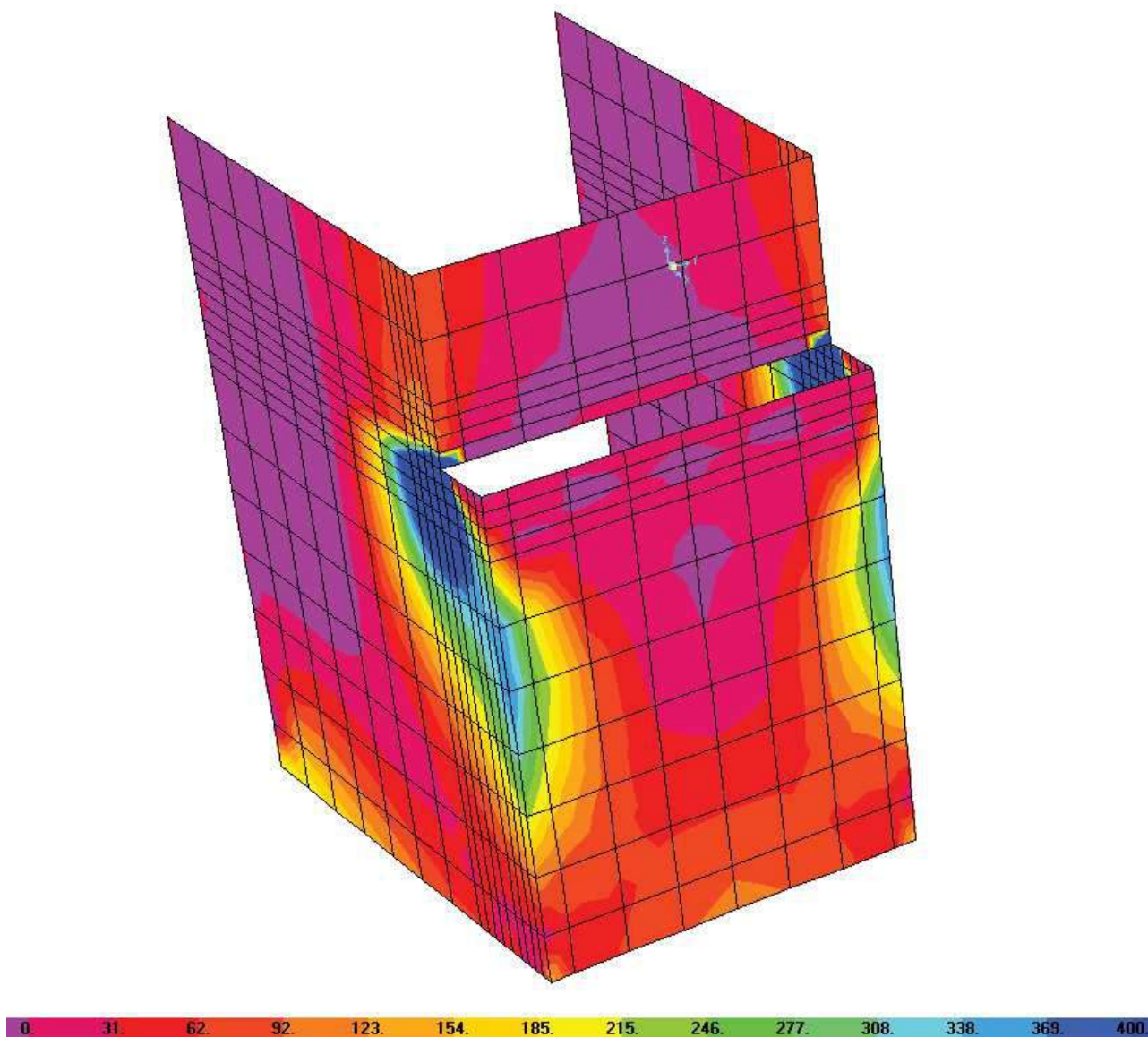


Figura 48 – Momento flettente orizzontale M11 – inviluppo valori massimi – SLU

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

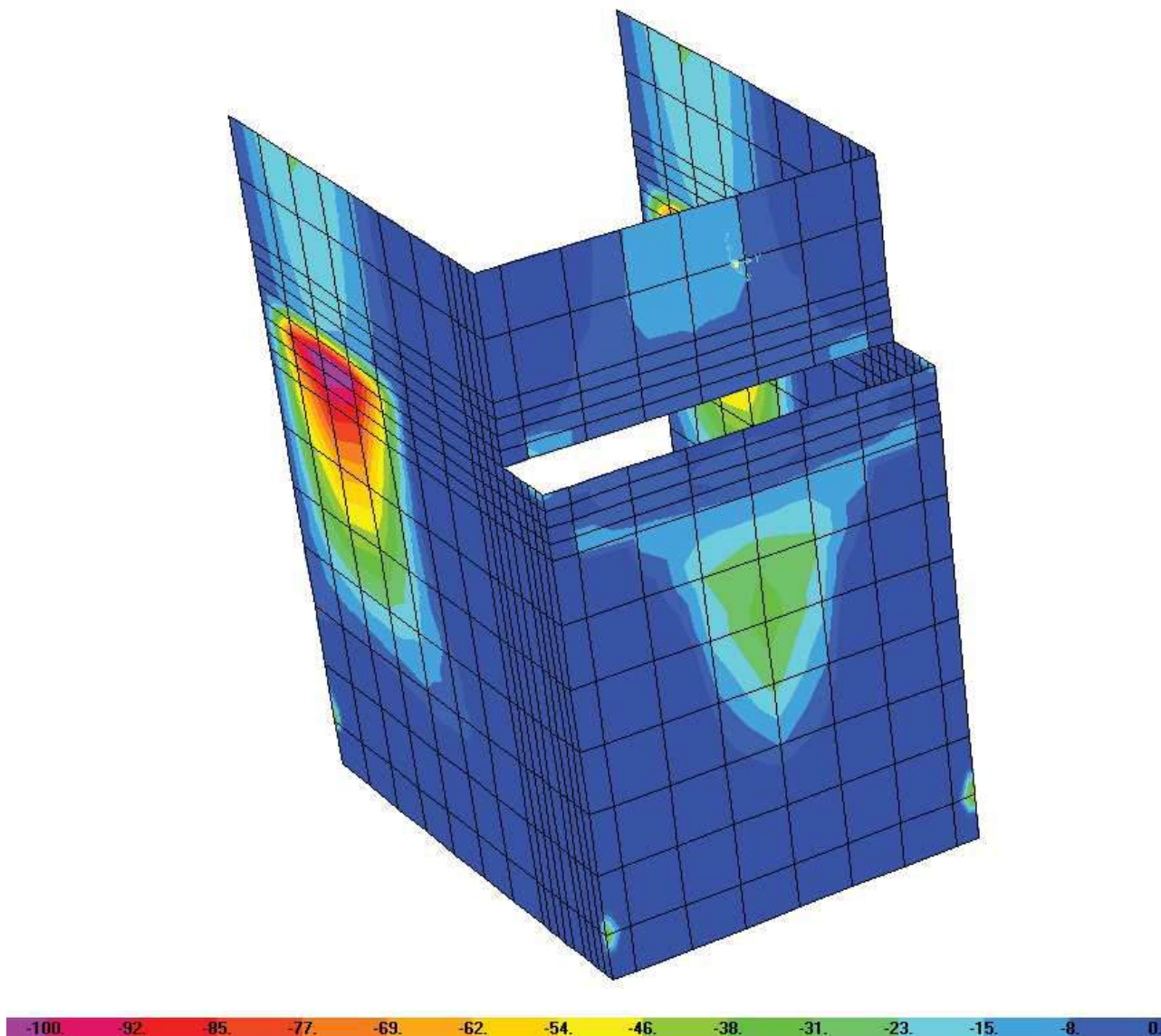


Figura 49 – Momento flettente orizzontale M11 – involucro valori minimi – SLU



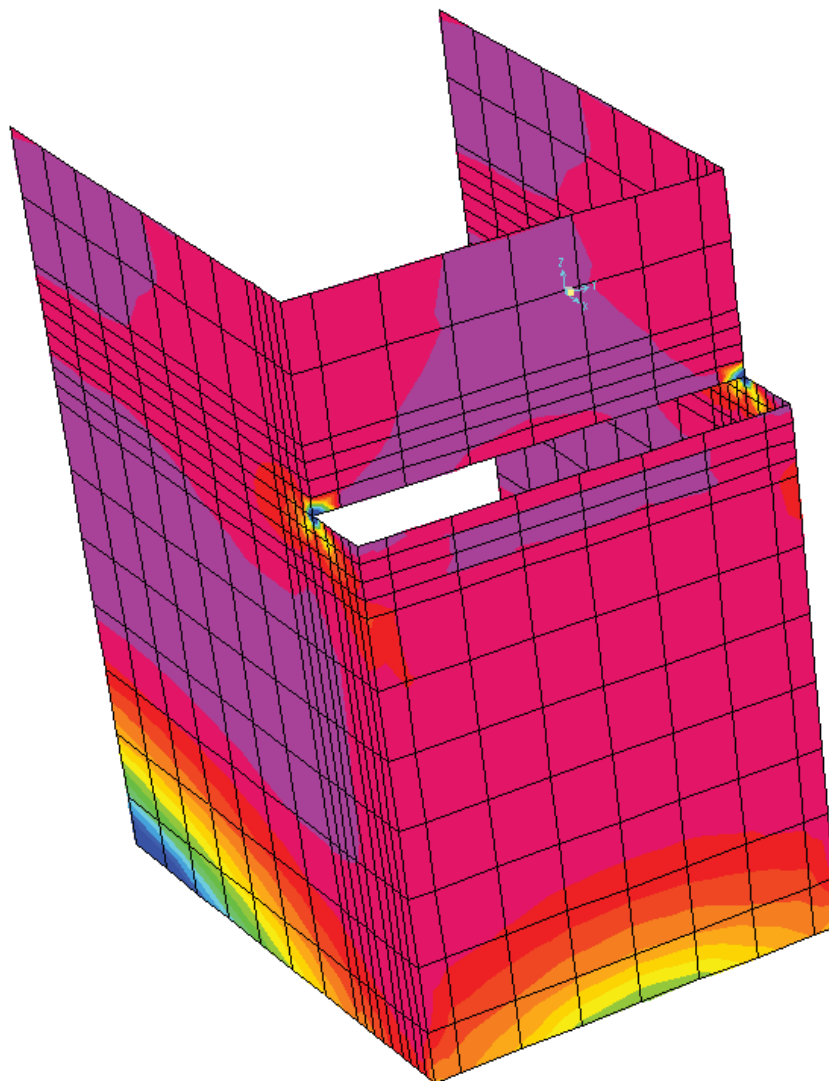


Figura 50 – Momento flettente verticale M22 – involucro valori massimi – SLU

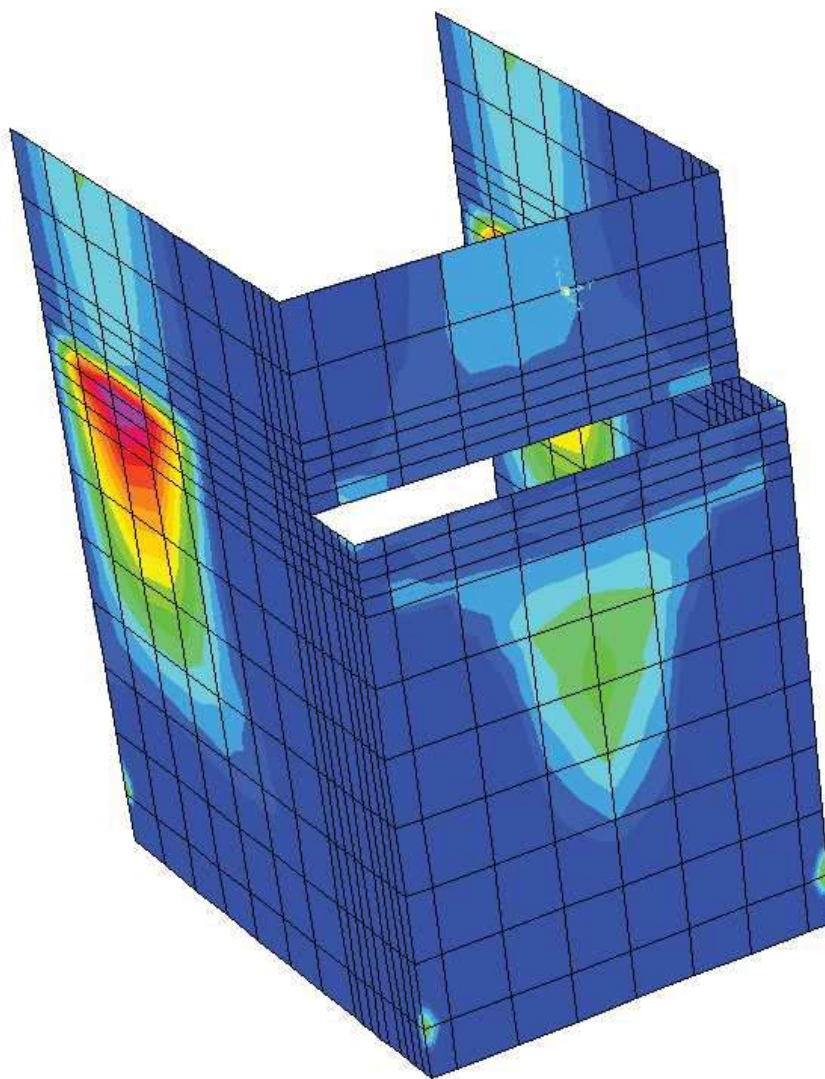


Figura 51 – Momento flettente verticale M22 – involucro valori massimi – SLU

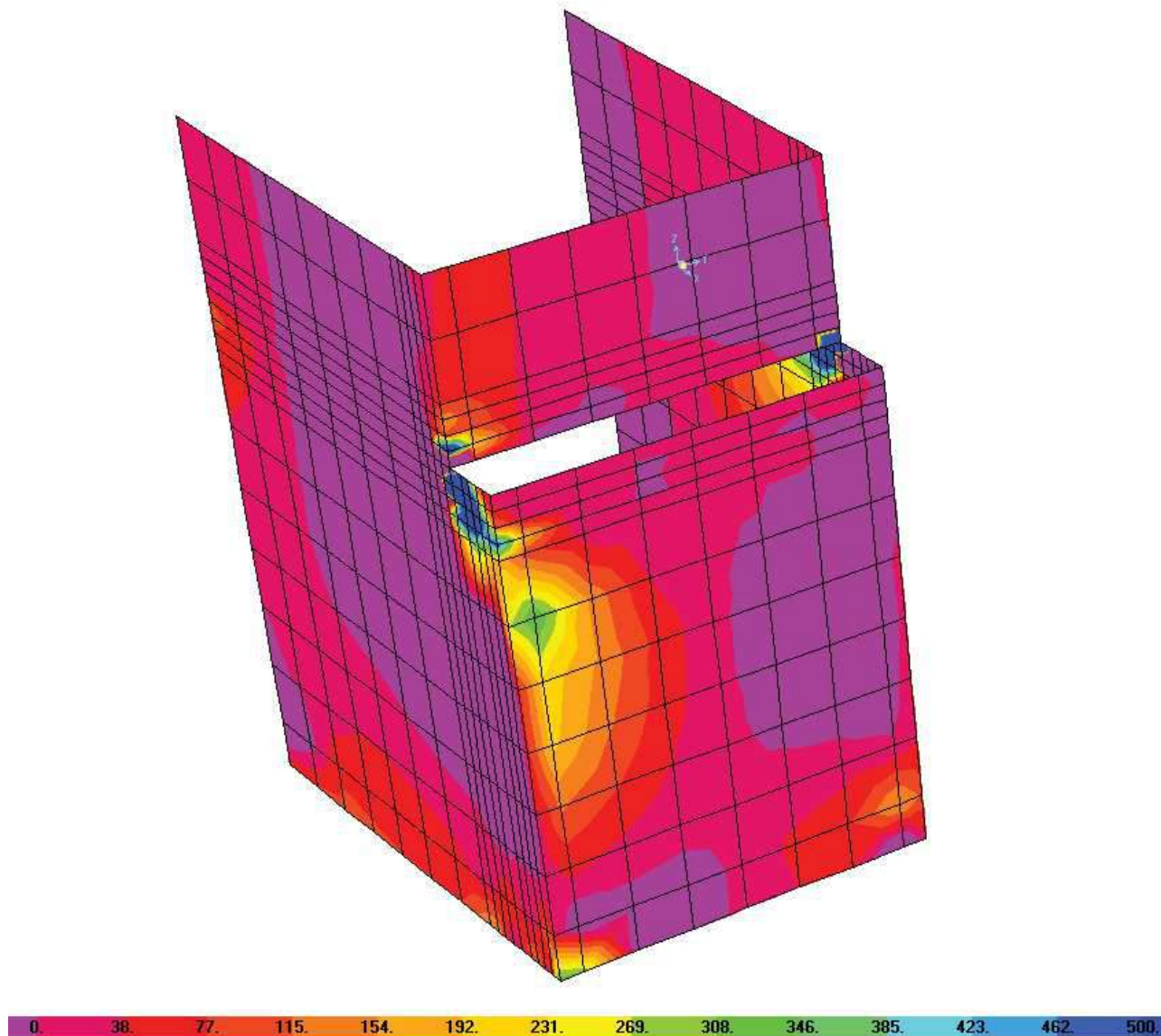


Figura 52 – Taglio orizzontale V13 – involucro valori massimi – SLU

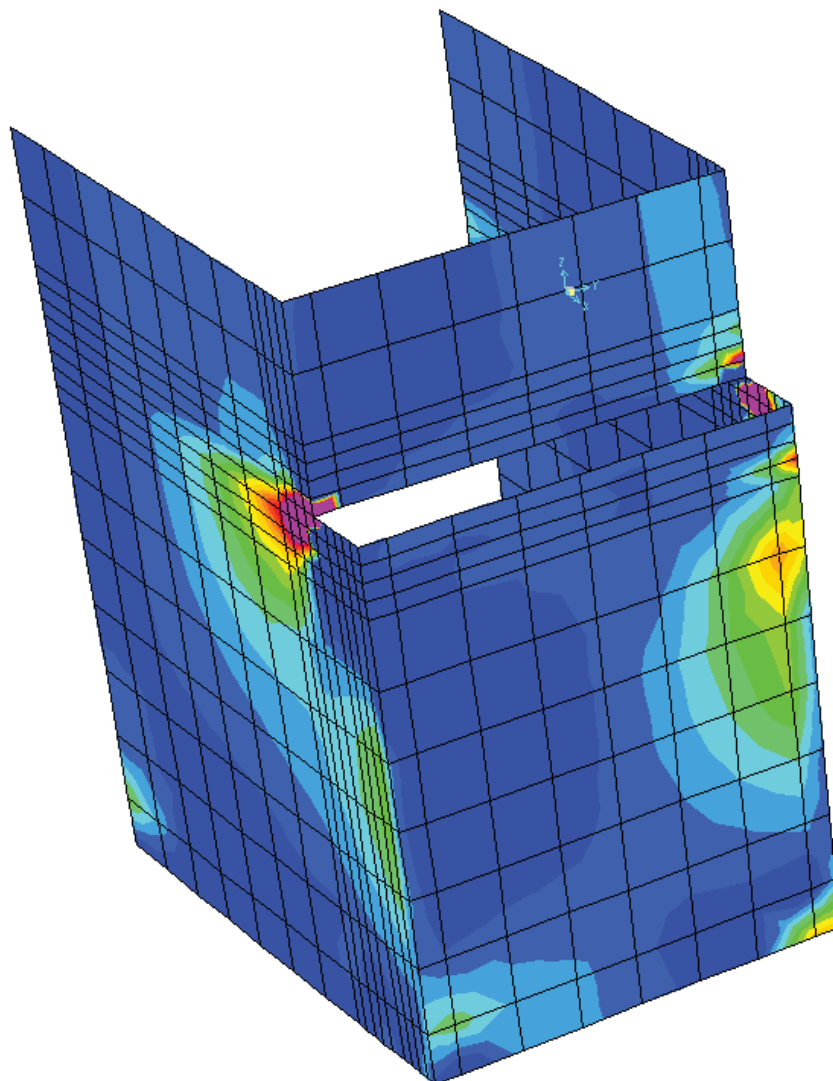


Figura 53 – Taglio orizzontale V13 – involucro valori minimi – SLU

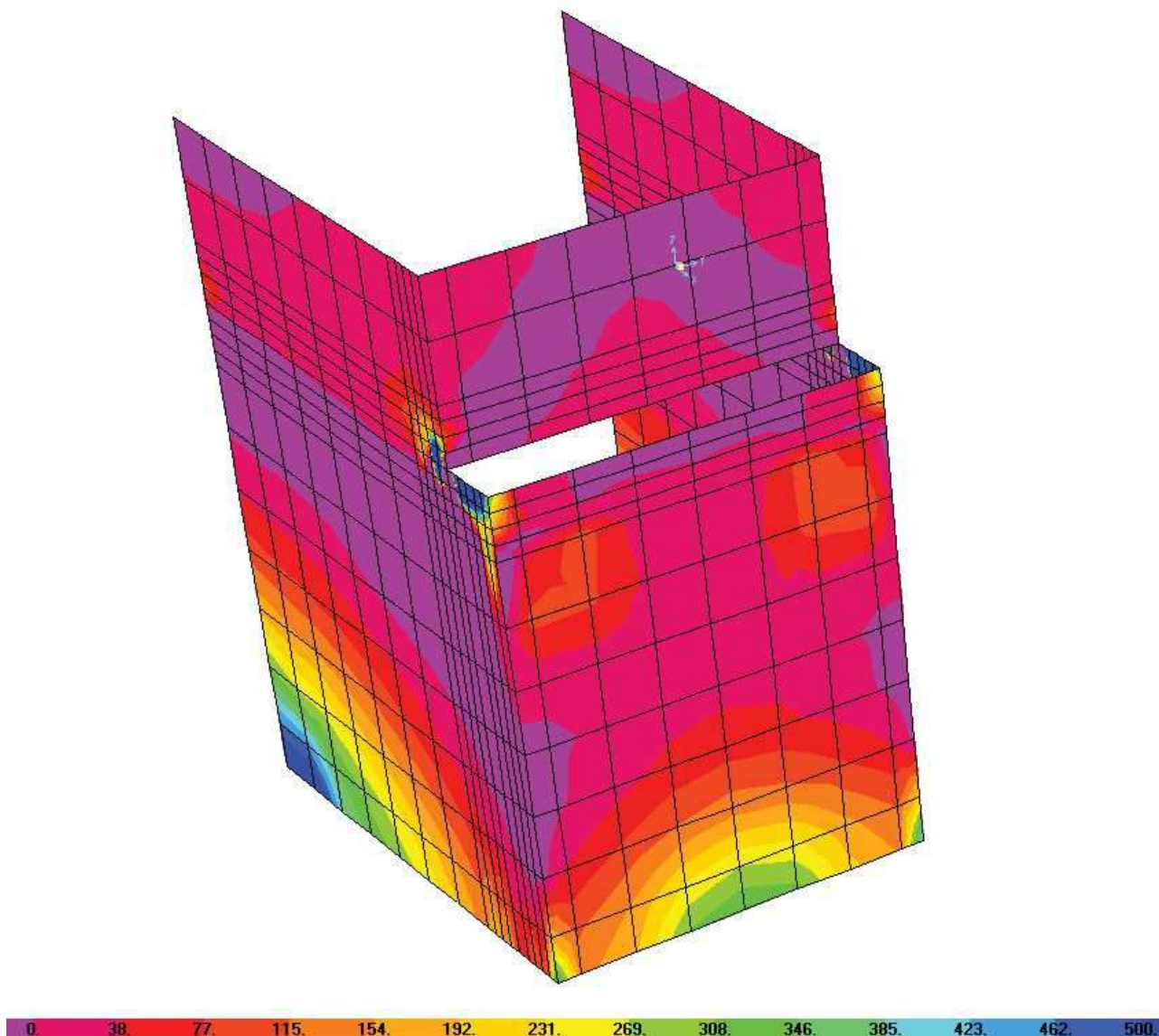


Figura 54 – Taglio verticale V23 – inviluppo valori massimi – SLU

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

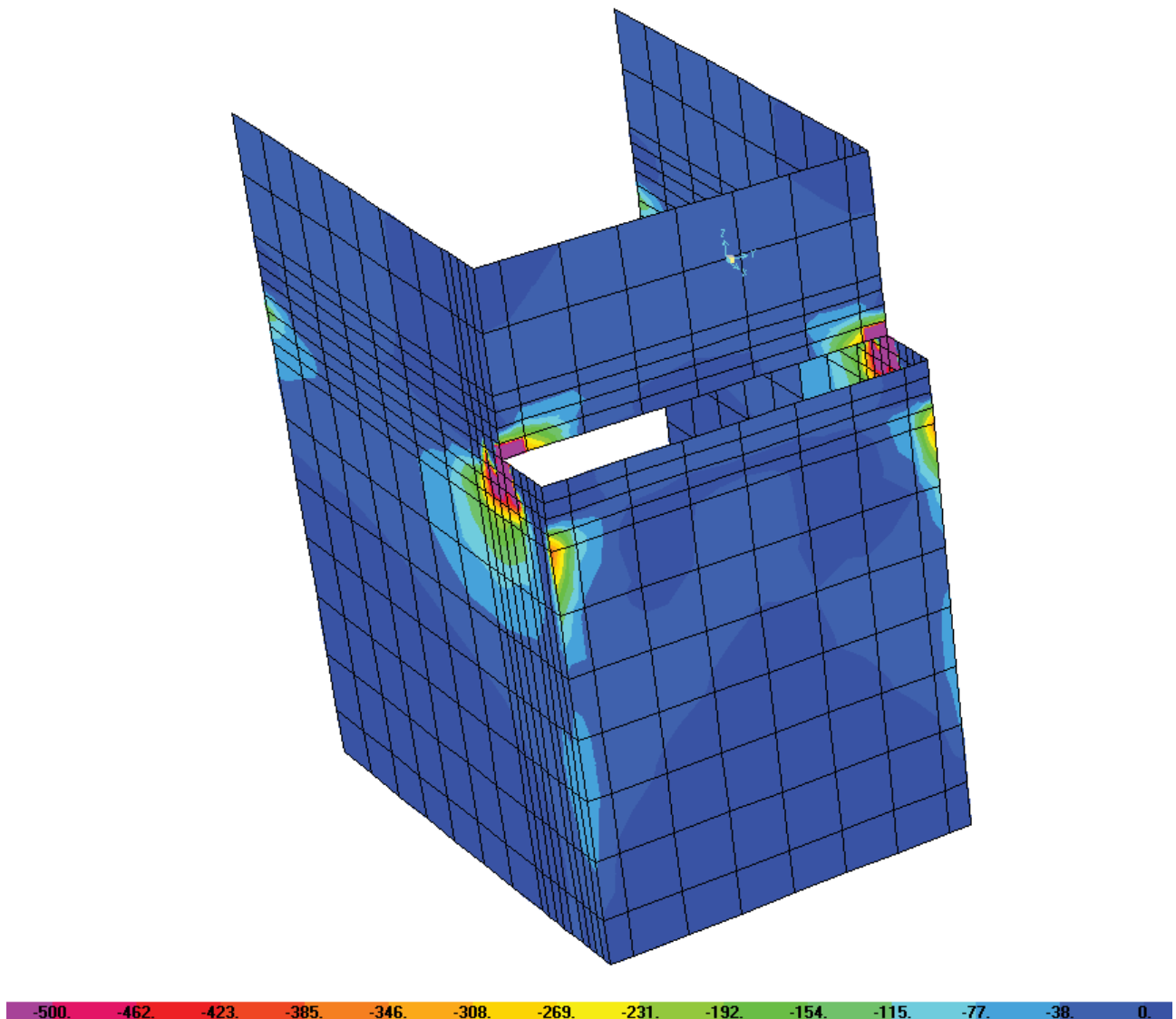


Figura 55 – Taglio verticale V23 – involucro valori minimi – SLU

### 9.2.2 SLE – combinazione rara

Vengono di seguito riportati, per ciascuna tipologia di elemento strutturale, gli involucri delle sollecitazioni più significative allo SLE, combinazione rara, sulle spalle.

Le sollecitazioni assiali di trazione sono positive; i momenti positivi tendono le fibre interne.

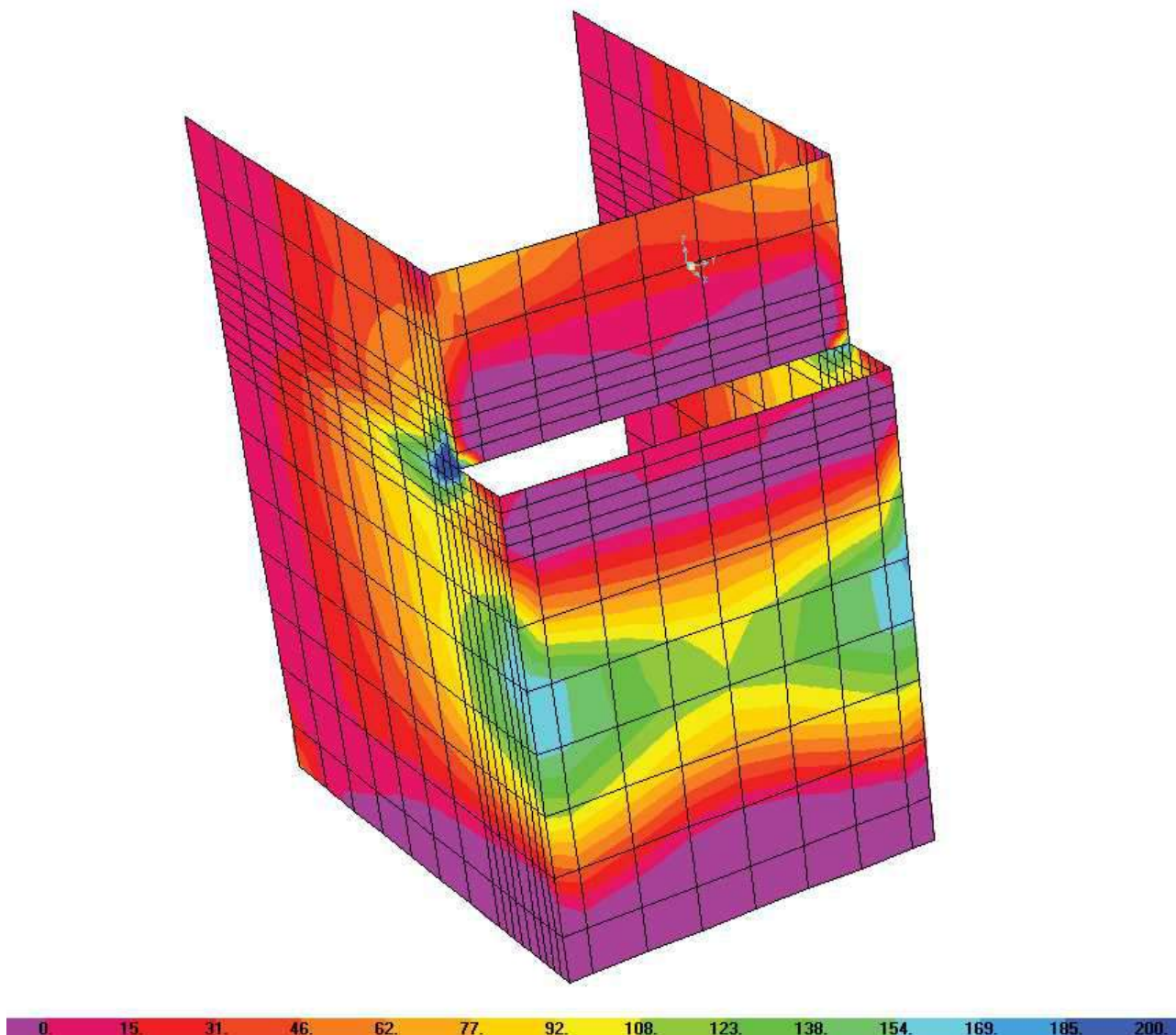


Figura 56 – Sforzo normale orizzontale F11 – involucro valori massimi – SLE

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

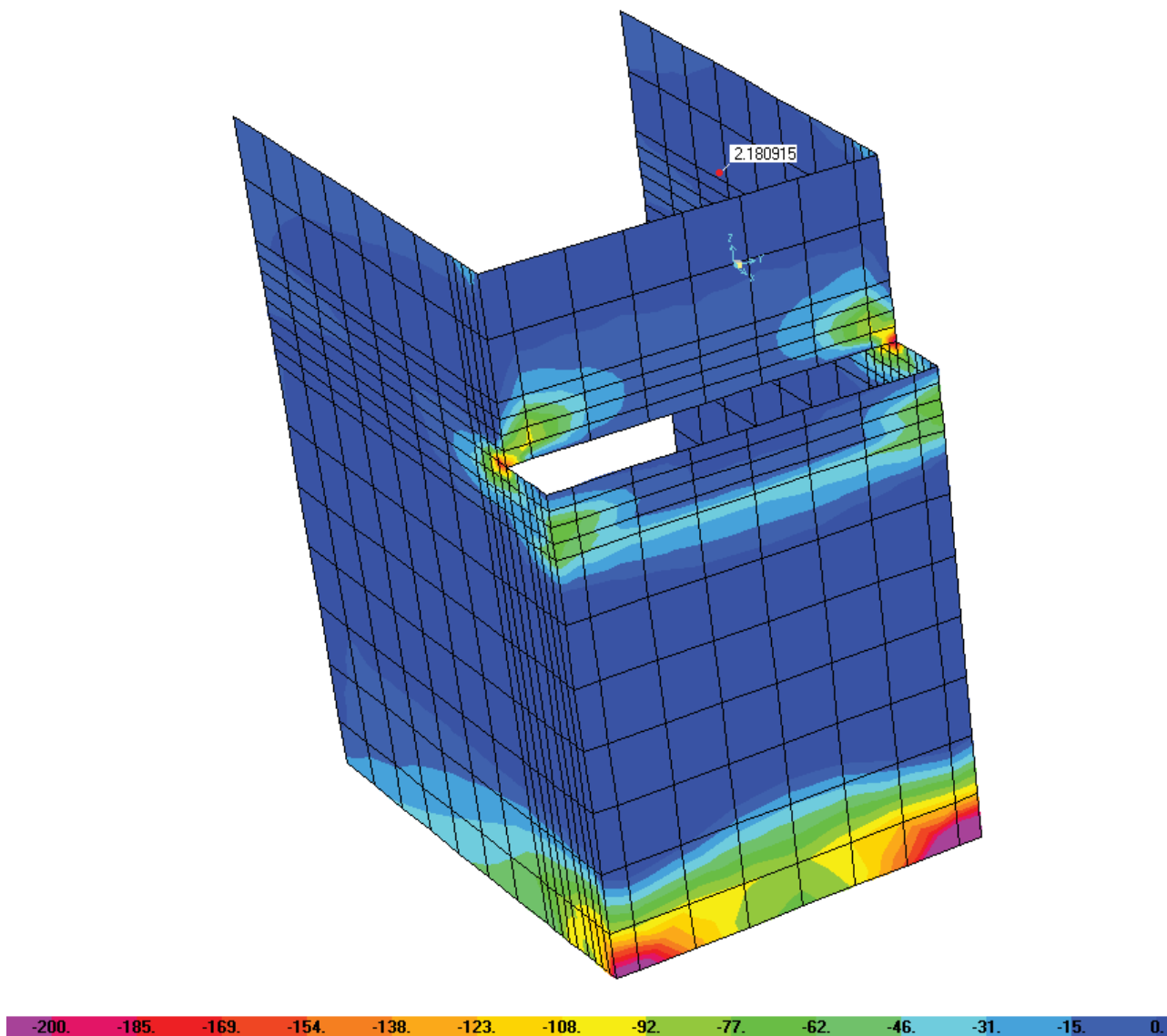


Figura 57 – Sforzo normale orizzontale F11 – involucro valori minimi – SLE



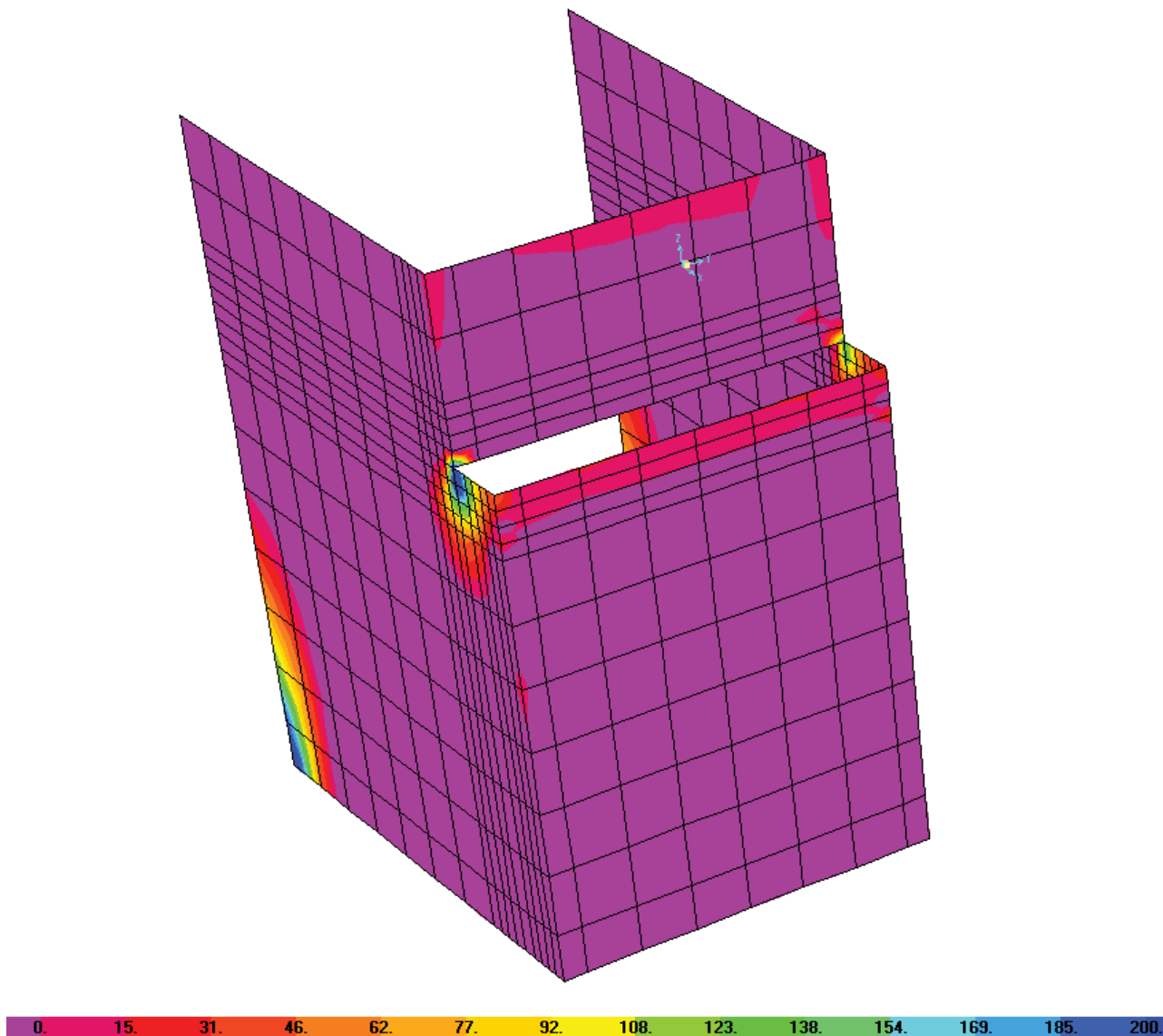


Figura 58 – Sforzo normale verticale F22 – inviluppo valori massimi – SLE

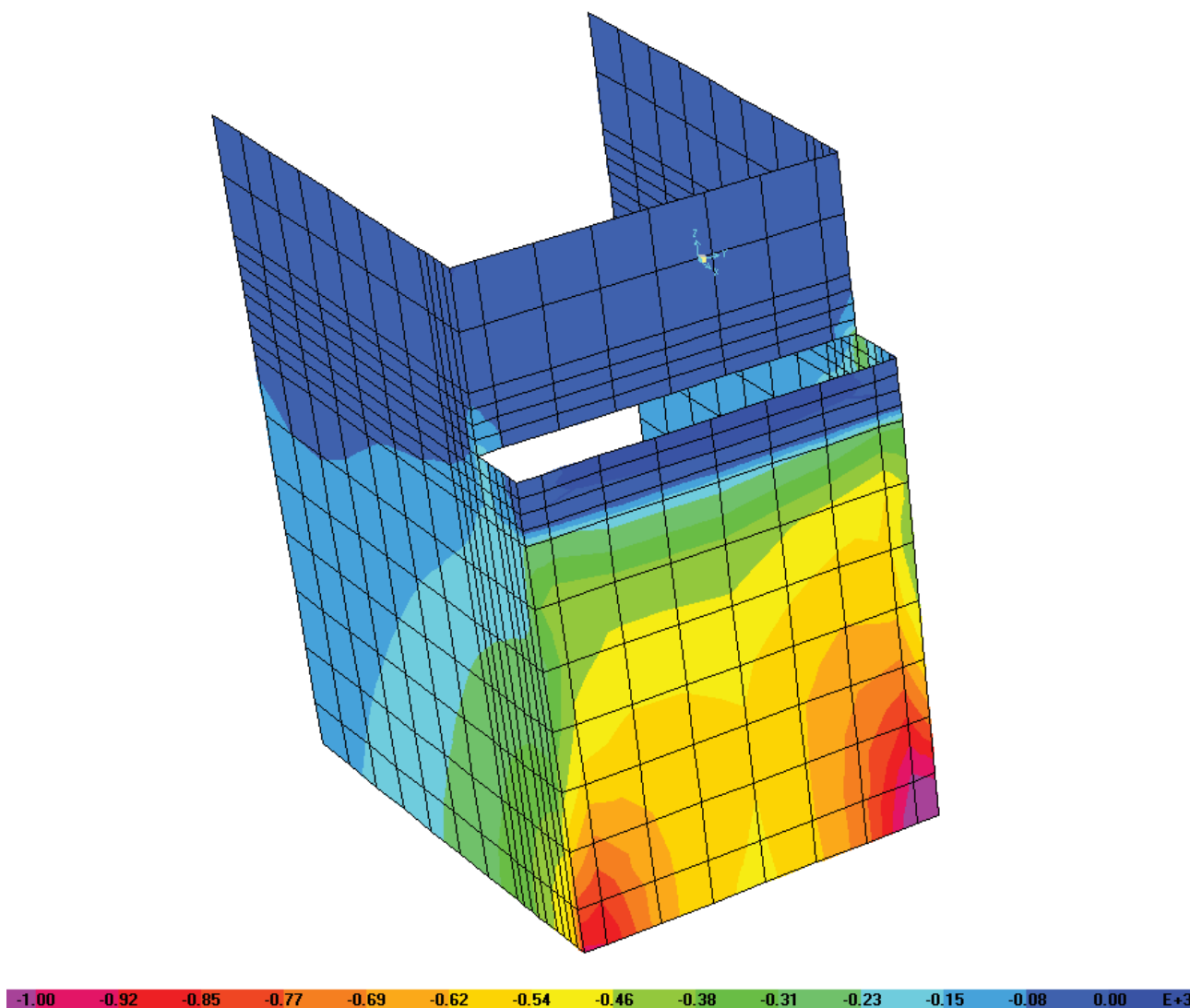


Figura 59 – Sforzo normale verticale F22 – involucro valori minimi – SLE

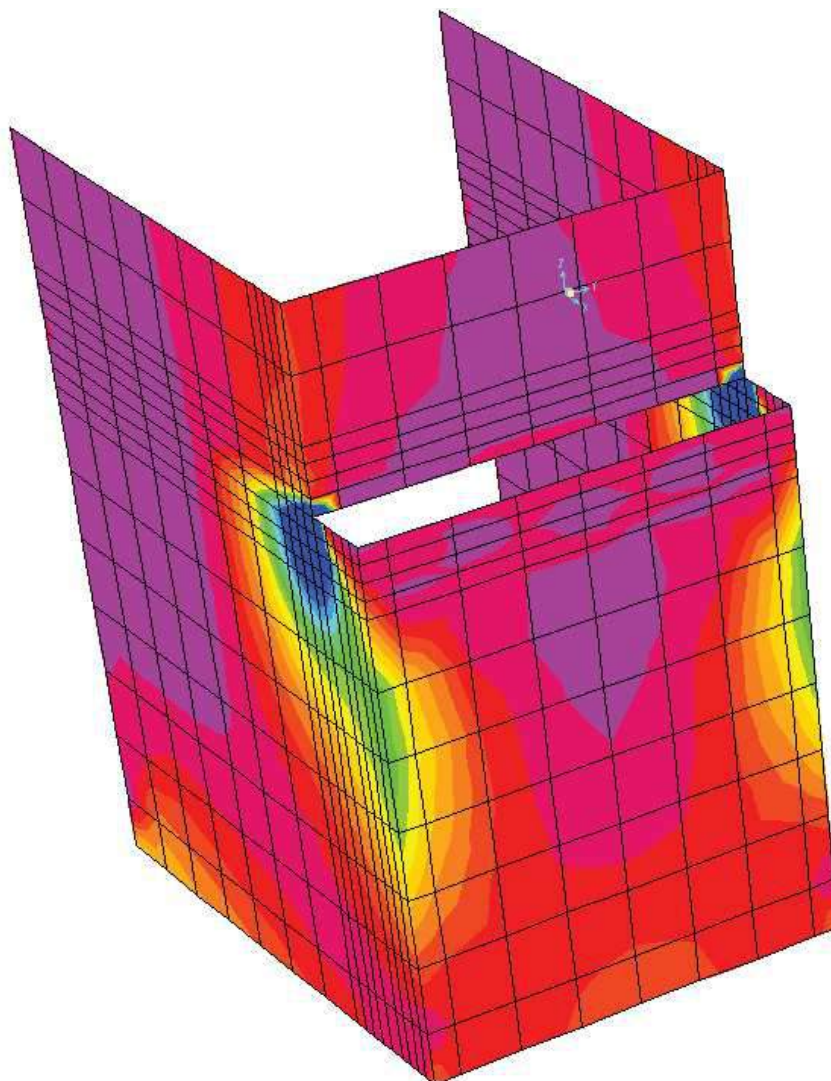


Figura 60 – Momento flettente orizzontale M11 – involucro valori massimi – SLE

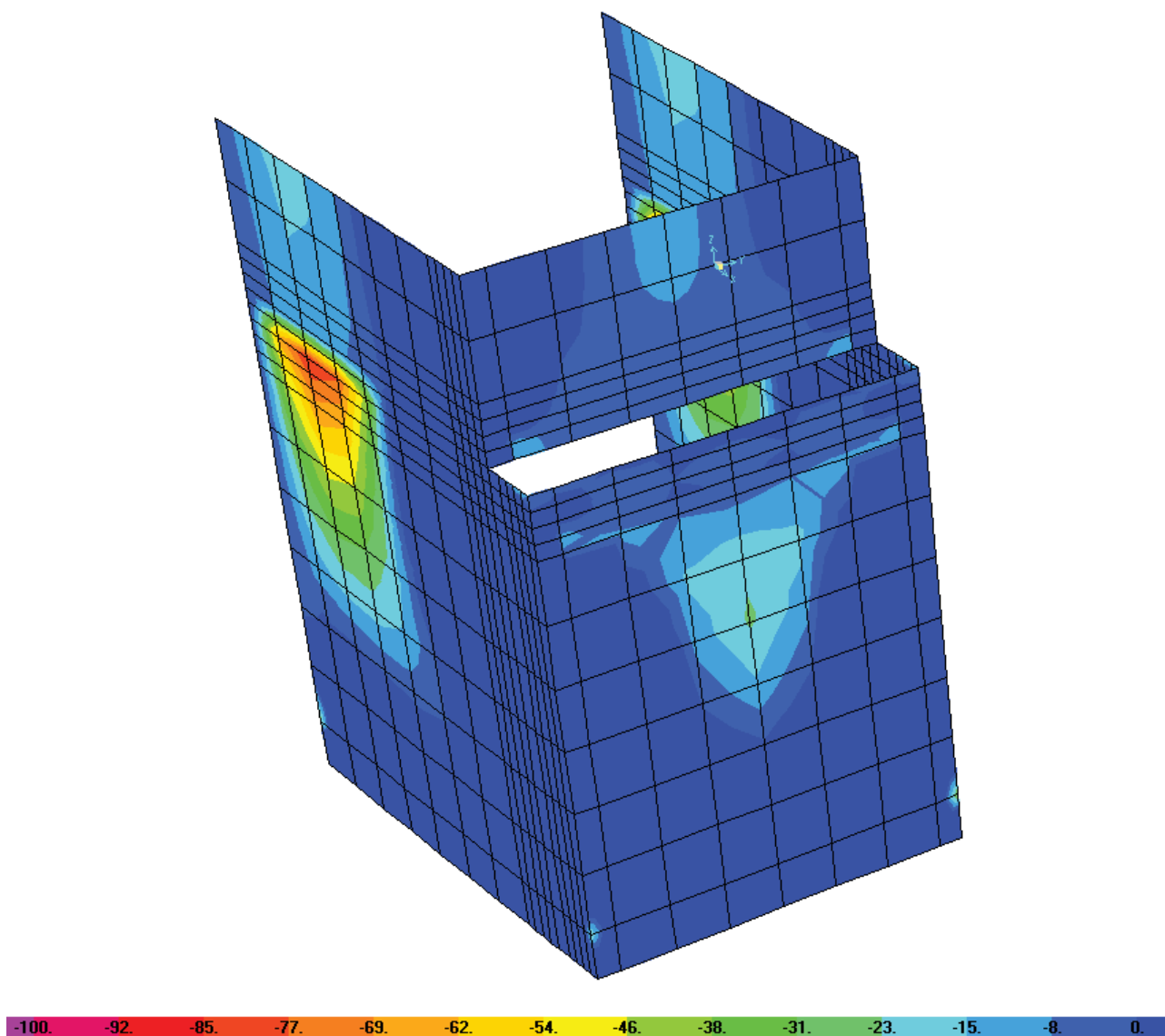


Figura 61 – Momento flettente orizzontale M11 – inviluppo valori minimi – SLE

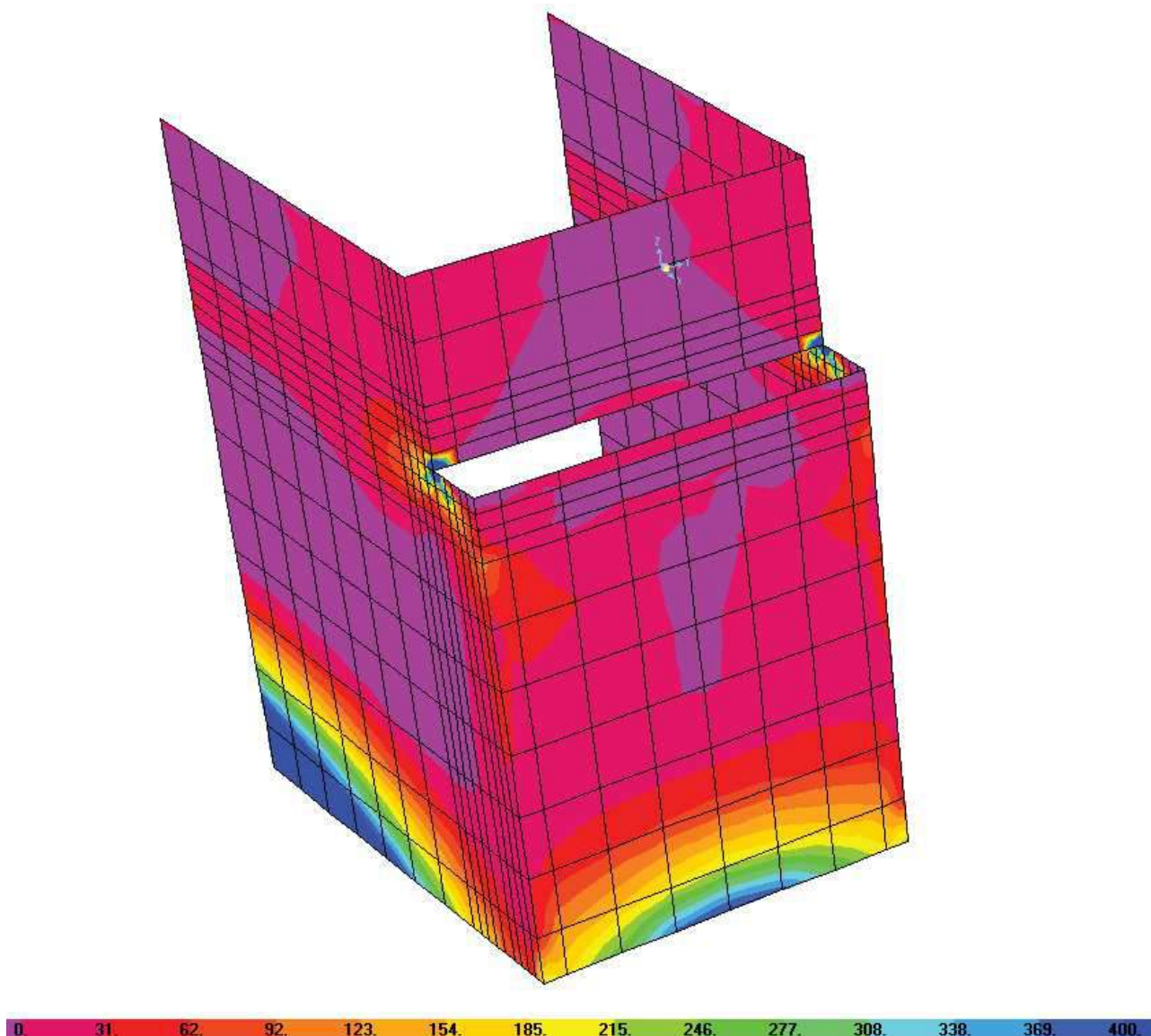


Figura 62 – Momento flettente verticale M22 – involucro valori massimi – SLE

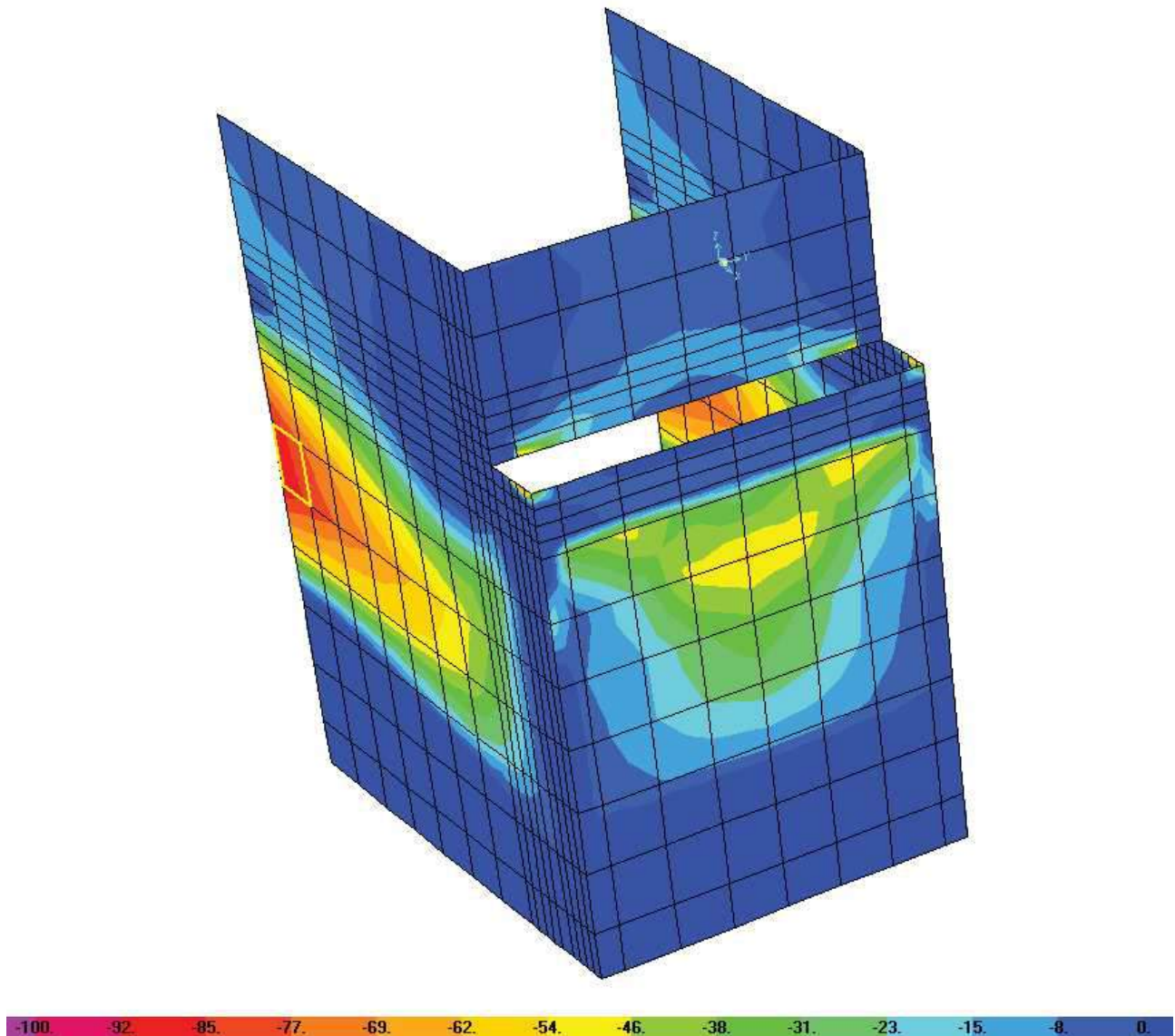


Figura 63 – Momento flettente verticale M22 – involucro valori massimi – SLE

### 9.3 Sollecitazioni sulle fondazioni delle spalle

Vengono di seguito riportati, per ciascuna tipologia di elemento strutturale, gli involucri delle sollecitazioni più significative allo SLU sulle spalle.

I momenti positivi tendono le fibre superiori.

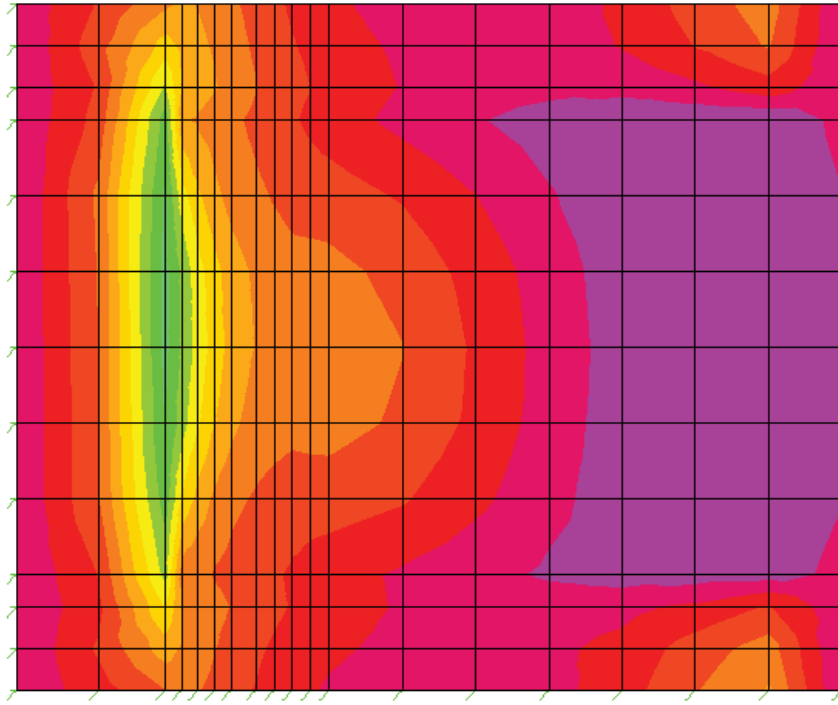


Figura 64 – Momento flettente orizzontale M11 – involucro valori massimi – SLU

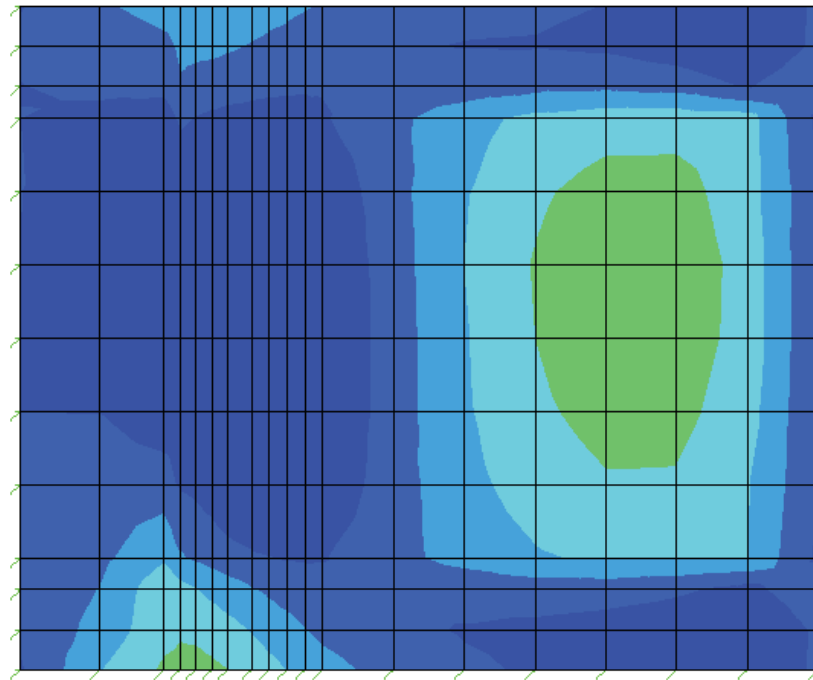


Figura 65 – Momento flettente orizzontale M11 – involucro valori minimi – SLU

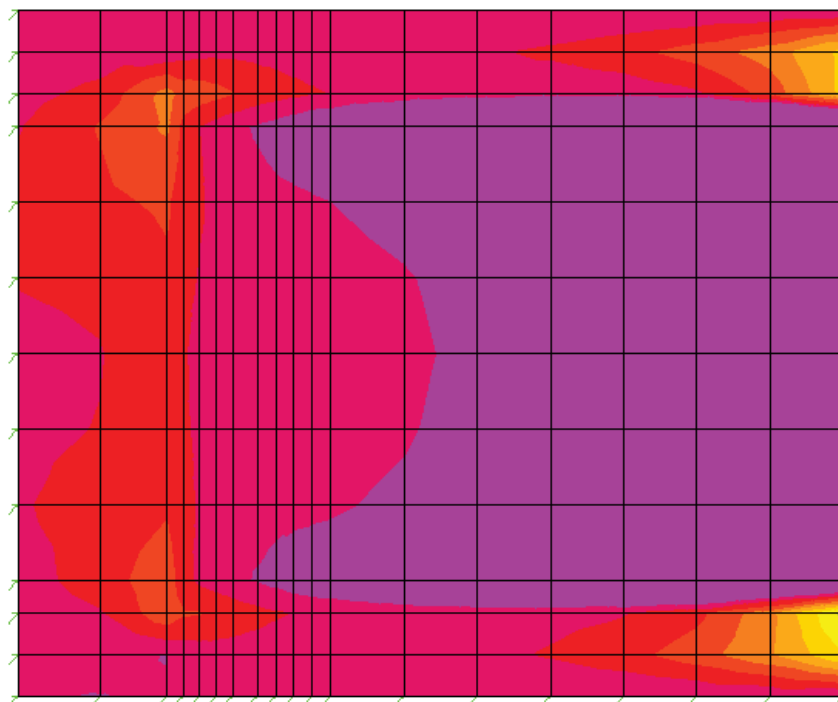


Figura 66 – Momento flettente verticale M22 – involucro valori massimi – SLU

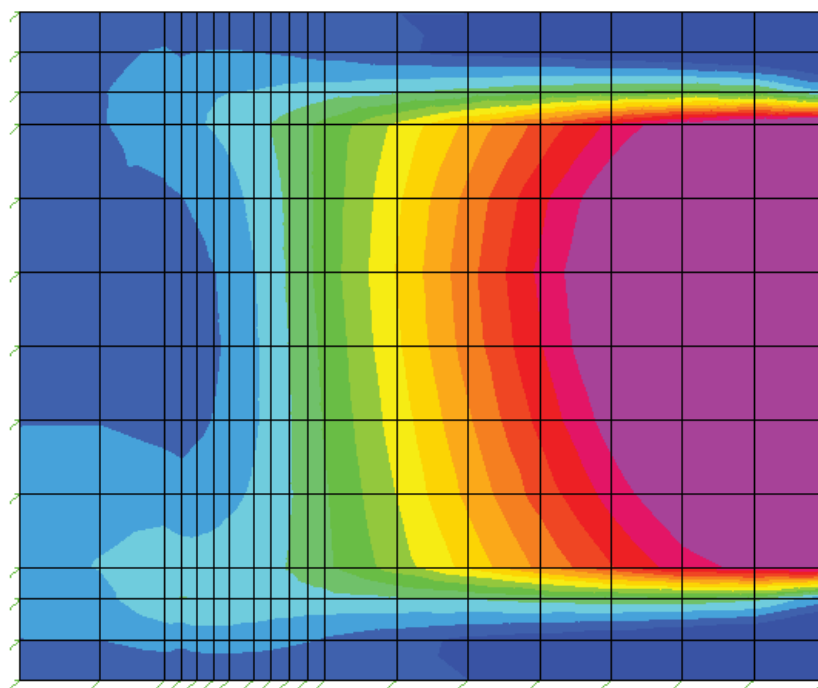


Figura 67 – Momento flettente verticale M22 – involucro valori massimi – SLU



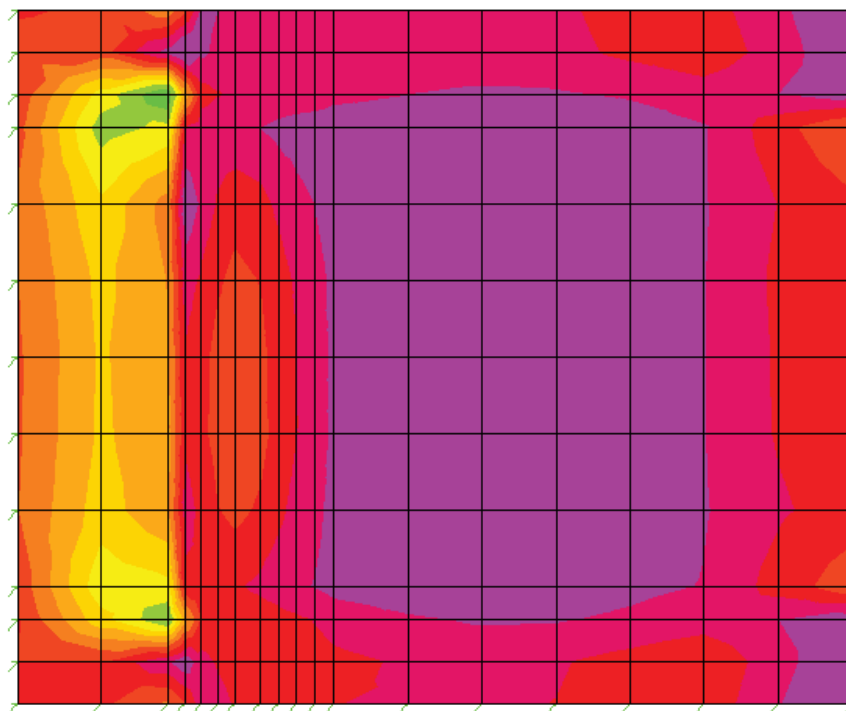


Figura 68 – Taglio orizzontale V13 – involucro valori massimi – SLU

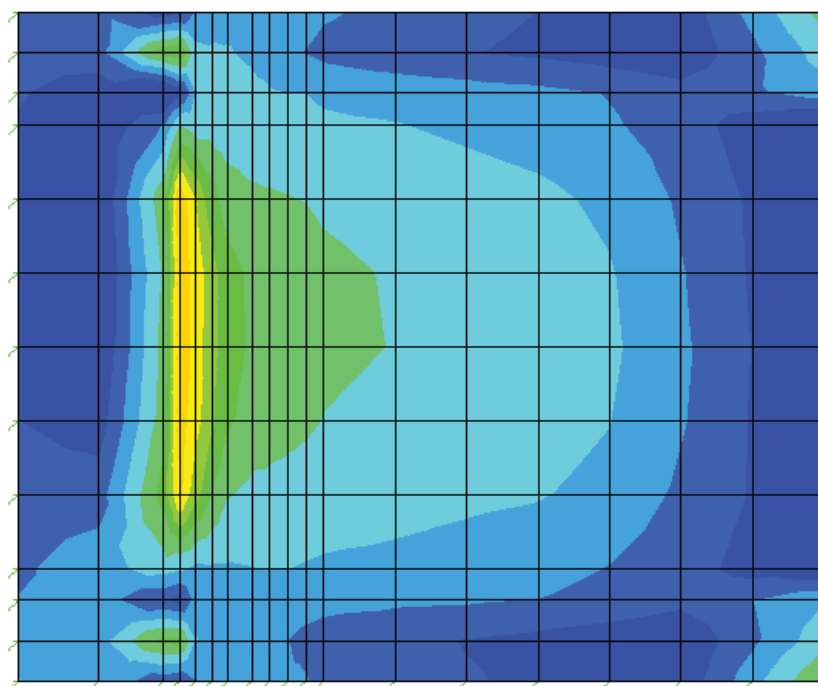


Figura 69 – Taglio orizzontale V13 – involucro valori minimi – SLU

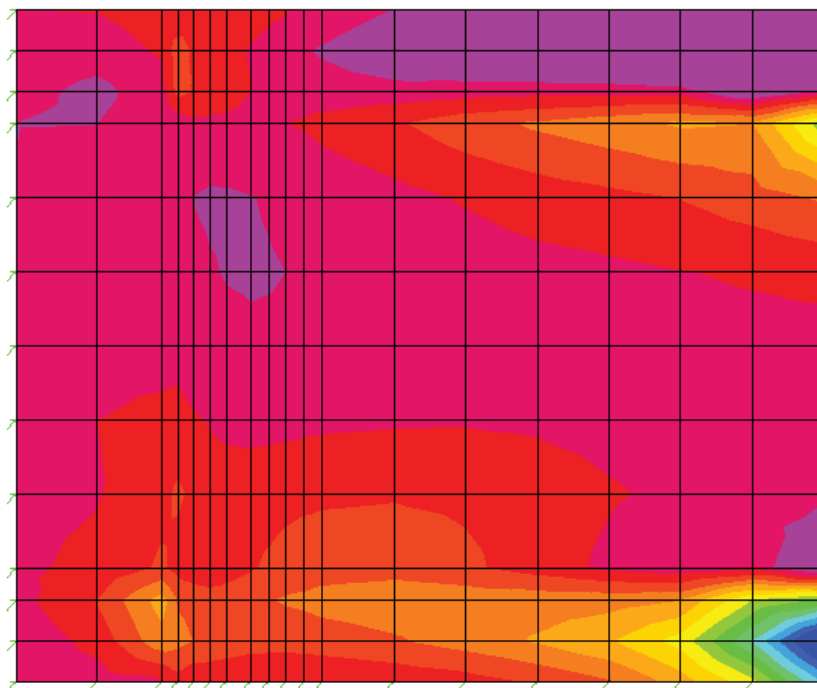


Figura 70 – Taglio verticale V23 – inviluppo valori massimi – SLU

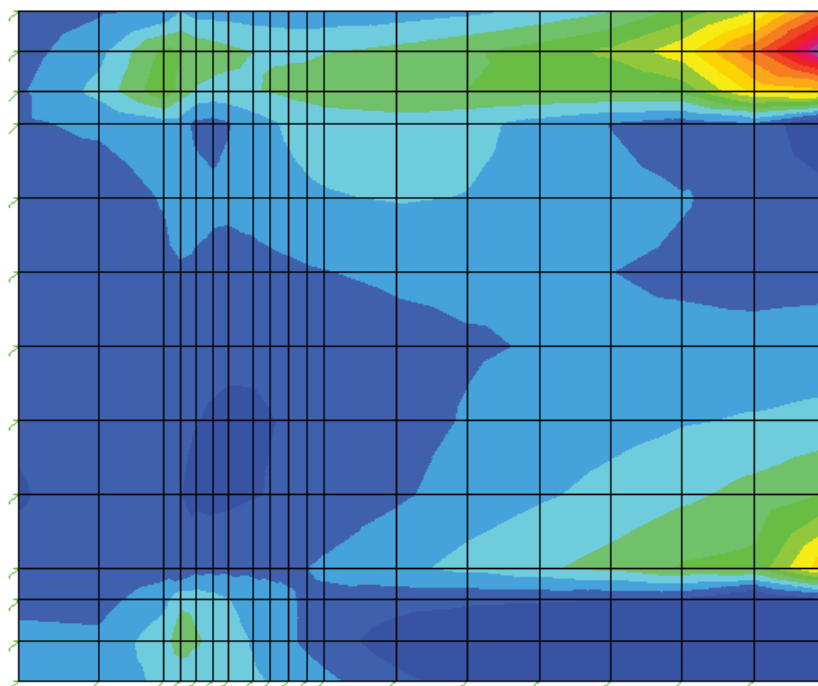


Figura 71 – Taglio verticale V23 – inviluppo valori minimi – SLU

## 10 VERIFICHE DELLE SPALLE

### 10.1 Verifiche del muro frontale

#### 10.1.1 Sollecitazioni di verifica

##### 10.1.1.1 Sollecitazioni di verifica

Si riporta di seguito il riepilogo delle sollecitazioni massime e minime agenti allo SLU.

			Muro frontale	
			Valore	Ubicazione
Sforzo assiale orizzontale	F11 (kN/m)	Massimo	216	Filo muri andatori
		Minimo	-412	Filo fondazione
Sforzo assiale verticale	F22 (kN/m)	Massimo	0	Sommità
		Minimo	-1427	Filo fondazione
Momento orizzontale	M11 (kN m/m)	Massimo	258	Filo muri andatori
		Minimo	-36	Mezzeria
Momento verticale	M22 (kN m/m)	Massimo	283	Filo fondazione
		Minimo	-36	Mezzeria
Taglio orizzontale	V13 (kN/m)	Massimo (valore assoluto)	345	Filo muri andatori
Taglio verticale	V23 (kN/m)	Massimo (valore assoluto)	266	Filo fondazione

Tabella 16 – Massime azioni di verifica allo SLU

Si riporta di seguito il riepilogo delle sollecitazioni massime e minime agenti allo SLE, combinazione rara.

			Muro frontale	
			Valore	Ubicazione
Sforzo assiale orizzontale	F11 (kN/m)	Massimo	159	Filo muri andatori
		Minimo	-124	Filo fondazione
Sforzo assiale verticale	F22 (kN/m)	Massimo	0	Sommità
		Minimo	-1029	Filo fondazione
Momento orizzontale	M11 (kN m/m)	Massimo	191	Filo muri andatori
		Minimo	-24	Mezzeria
Momento verticale	M22 (kN m/m)	Massimo	208	Filo fondazione
		Minimo	-55	Mezzeria

Tabella 17 – Massime azioni di verifica allo SLE

Le sollecitazioni assiali di trazione sono positive; i momenti positivi tendono le fibre interne.

## **10.1.2 Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione orizzontale**

### **10.1.2.1 Sezione di verifica**

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.60 m.

L'armatura interna è costituita da  $\Phi 20/20$  cm.

L'armatura esterna è costituita da  $\Phi 20/20$  cm.

### **10.1.2.2 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 216 kN/m.

Il massimo momento flettente in valore assoluto è pari a 258 kN m/m.

Il momento resistente è pari a 776 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 3.59.

### **10.1.2.3 SLE**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 159 kN/m.

Il massimo momento flettente in valore assoluto è pari a 191 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 0.69 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 131.5 MPa < 360 MPa.

### **10.1.2.4 SLF**

Poichè le tensioni nelle armature allo SLF (combinazioni quasi permanente e frequente) sono inferiori a quelle allo SLE, combinazione rara, e dato che queste ultime rispettano i limiti della tabella C4.1.II della Circolare, si può concludere che la verifica a fessurazione è soddisfatta senza calcolo diretto.

## **10.1.3 Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione verticale**

### **10.1.3.1 Sezione di verifica**

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

99

**RTI di progettazione:**



**Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5

20125 - Milano

Tel. 02 6787911

email: mail@proiter.it



**Mandante**

Via Artemide n°3

92100 Agrigento

Tel. 0922 421007

email: deltaingegneria@pec.it

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.60 m.

L'armatura interna è costituita da  $\Phi 26/10$  cm.

L'armatura esterna è costituita da  $\Phi 20/20$  cm.

### **10.1.3.2 Armatura interna**

#### **10.1.3.2.1 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 0 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a 283 kN m/m.

Il momento resistente è pari a 3111 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 11.

#### **10.1.3.2.2 SLE**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 0 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a 208 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 0.65 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 27.5 MPa < 360 MPa.

#### **10.1.3.2.3 SLF**

Poichè le tensioni nelle armature allo SLF (combinazioni quasi permanente e frequente) sono inferiori a quelle allo SLE, combinazione rara, e dato che queste ultime rispettano i limiti della tabella C4.1.II della Circolare, si può concludere che la verifica a fessurazione è soddisfatta senza calcolo diretto.

### **10.1.3.3 Armatura esterna**

#### **10.1.3.3.1 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 0 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a -36 kN m/m.

Il momento resistente è pari a -938 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 26.

#### **10.1.3.3.2 SLE**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 0 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a -55 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 0.23 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 23.5 MPa < 360 MPa.

#### **10.1.3.3.3 SLF**

Poichè le tensioni nelle armature allo SLF (combinazioni quasi permanente e frequente) sono inferiori a quelle allo SLE, combinazione rara, e dato che queste ultime rispettano i limiti della tabella C4.1.II della Circolare, si può concludere che la verifica a fessurazione è soddisfatta senza calcolo diretto.

### **10.1.4 Verifiche a taglio**

#### **10.1.4.1 Sezione di verifica**

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.60 m.

L'armatura trasversale è costituita da spille  $9\Phi 10/m^2$ .

#### **10.1.4.2 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 216 kN/m.

Il massimo taglio in valore assoluto è pari a 345 kN m/m.

A favore di sicurezza non si tiene conto dell'armatura a taglio.

<b>Resistenza al taglio</b>	- Vcls1	329.90 kN
	- Vcls2	429.76 kN
	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>429.76 kN</b>
<b>Necessità di armature a taglio</b>	<b>V<sub>RD cls</sub> &lt; V<sub>ED</sub></b>	<b>NO</b>

Il taglio resistente è pari a 430 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 1.25.

## 10.2 Verifiche dei muri andatori

### 10.2.1 Sollecitazioni di verifica

#### 10.2.1.1 Sollecitazioni di verifica

Si riporta di seguito il riepilogo delle sollecitazioni massime e minime agenti allo SLU.

			Muri andatori	
			Valore	Ubicazione
Sforzo assiale orizzontale	F11 (kN/m)	Massimo	205	Filo muro frontale
		Minimo	-143	Filo fondazione
Sforzo assiale verticale	F22 (kN/m)	Massimo	364	Filo fondazione - estremità
		Minimo	-623	Filo fondazione
Momento orizzontale	M11 (kN m/m)	Massimo	405	Filo muro frontale
		Minimo	-115	Mezzeria
Momento verticale	M22 (kN m/m)	Massimo	623	Filo fondazione - estremità
		Minimo	-114	Mezzeria
Taglio orizzontale	V13 (kN/m)	Massimo (valore assoluto)	338	Filo muro frontale
Taglio verticale	V23 (kN/m)	Massimo (valore assoluto)	469	Filo fondazione - estremità

Tabella 18 – Massime azioni di verifica allo SLU

			Muri andatori	
			Valore	Ubicazione
Sforzo assiale orizzontale	F11 (kN/m)	Massimo	159	Filo muro frontale
		Minimo	-106	Filo fondazione
Sforzo assiale verticale	F22 (kN/m)	Massimo	204	Filo fondazione - estremità
		Minimo	-456	Filo fondazione
Momento orizzontale	M11 (kN m/m)	Massimo	326	Filo muro frontale
		Minimo	-85	Mezzeria
Momento verticale	M22 (kN m/m)	Massimo	529	Filo fondazione - estremità
		Minimo	-91	Mezzeria

Si riporta di seguito il riepilogo delle sollecitazioni massime e minime agenti allo SLE, combinazione rara.

Tabella 19 – Massime azioni di verifica allo SLE

Le sollecitazioni assiali di trazione sono positive; i momenti positivi tendono le fibre interne.

## **10.2.2 Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione orizzontale**

### **10.2.2.1 Sezione di verifica**

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.00 m.

L'armatura interna è costituita da  $\Phi 20/20$  cm.

L'armatura esterna è costituita da  $\Phi 20/20$  cm.

### **10.2.2.2 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 205 kN/m.

Il massimo momento flettente in valore assoluto è pari a 405 kN m/m.

Tali valori sono presenti solo in una piccola zona in cui si hanno picchi delle sollecitazioni.

Il momento resistente è pari a 480 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 1.19.

### **10.2.2.3 SLE**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 159 kN/m.

Il massimo momento flettente in valore assoluto è pari a 326 kN m/m.

Tali valori sono presenti solo in una piccola zona in cui si hanno picchi delle sollecitazioni.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 3.28 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 280.7 MPa < 360 MPa.



#### **10.2.2.4 SLF**

Per semplicità e a favore di sicurezza viene effettuata con le sollecitazioni allo SLE combinazione rara.

Viene verificato lo stato limite di formazione delle fessure, così come previsto nelle NTC2008 (§4.1.2.2.4.1), considerando la sezione non fessurata (I stadio, a differenza della sezione parzializzata che viene definita al II stadio) e specificando la verifica per sollecitazioni derivanti da flessione, verificando pertanto che la tensione al lembo teso del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{cm}/1,2$ .

La massima tensione di trazione nel calcestruzzo è pari a 1.91 MPa < 3.10 MPa

### **10.2.3 Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione verticale**

#### **10.2.3.1 Sezione di verifica**

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.00 m.

L'armatura interna è costituita da  $\Phi 26/10$  cm.

L'armatura esterna è costituita da  $\Phi 20/20$  cm.

#### **10.2.3.2 Armatura interna**

##### **10.2.3.2.1 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 364 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a 623 kN m/m.

Il momento resistente è pari a 1722 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 2.76.

##### **10.2.3.2.2 SLE**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 204 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a 529 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 3.37 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 133.3 MPa < 360 MPa.

### 10.2.3.2.3 SLF

Poichè le tensioni nelle armature allo SLF (combinazioni quasi permanente e frequente) sono inferiori a quelle allo SLE, combinazione rara, e dato che queste ultime rispettano i limiti della tabella C4.1.II della Circolare, si può concludere che la verifica a fessurazione è soddisfatta senza calcolo diretto.

### 10.2.3.3 Armatura esterna

#### 10.2.3.3.1 SLU

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 364 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a -114 kN m/m.

Il momento resistente è pari a -409 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 3.59.

#### 10.2.3.3.2 SLE

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 204 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a -91 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 0.37 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 129.1 MPa < 360 MPa.

#### 10.2.3.3.3 SLF

Poichè le tensioni nelle armature allo SLF (combinazioni quasi permanente e frequente) sono inferiori a quelle allo SLE, combinazione rara, e dato che queste ultime rispettano i limiti della tabella C4.1.II della Circolare, si può concludere che la verifica a fessurazione è soddisfatta senza calcolo diretto.

## 10.2.4 Verifiche a taglio

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

105

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

**10.2.4.1 Sezione di verifica**

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.00 m.

L'armatura trasversale è costituita da spille  $9\Phi 10/m^2$ .

**10.2.4.2 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 364 kN/m.

Il massimo taglio in valore assoluto è pari a 469 kN m/m.

**Elementi privi di armatura resistente a taglio**

	-	V <sub>cls1</sub>	227.77 kN
	-	V <sub>cls2</sub>	261.91 kN
<b>Resistenza al taglio</b>		<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>261.91 kN</b>
<b>Necessità di armature a taglio</b>		<b>V<sub>RD cls</sub> &lt; V<sub>ED</sub></b>	<b>SI</b>

**Elementi con armature trasversali resistenti a taglio**

Resistenza a "taglio trazione"		V <sub>RSD</sub>	584.71 kN
Resistenza a "taglio compressione"		V <sub>RCD</sub>	2401.13 kN
<b>Resistenza a taglio</b>		<b>V<sub>RD</sub></b>	<b>584.71 kN</b>

Il taglio resistente è pari a 585 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 1.25.

**10.3 Verifiche del muro paraghiaia****10.3.1 Sollecitazioni di verifica****10.3.1.1 Sollecitazioni di verifica**

Si riporta di seguito il riepilogo delle sollecitazioni massime e minime agenti allo SLU.

			Muro paraghiaia	
			Valore	Ubicazione
Sforzo assiale orizzontale	F11 (kN/m)	Massimo	107	Filo muri trasversali
		Minimo	-132	Filo muri trasversali
Sforzo assiale verticale	F22 (kN/m)	Massimo	0	Sommità
		Minimo	-106	Filo muro frontale
Momento orizzontale	M11 (kN m/m)	Massimo	65	Filo muri trasversali
		Minimo	-15	Mezzeria sommità
Momento verticale	M22 (kN m/m)	Massimo	33	Filo muro frontale
		Minimo	-15	Mezzeria sommità
Taglio orizzontale	V13 (kN/m)	Massimo (valore assoluto)	109	Filo muri trasversali (valore mediato su 1 m)
Taglio verticale	V23 (kN/m)	Massimo (valore assoluto)	38	Filo muri trasversali - base

Tabella 20 – Massime azioni di verifica allo SLU

Si riporta di seguito il riepilogo delle sollecitazioni massime e minime agenti allo SLE, combinazione rara.

			Muro paraghiaia	
			Valore	Ubicazione
Sforzo assiale orizzontale	F11 (kN/m)	Massimo	79	Filo muri trasversali
		Minimo	-97	Filo muri trasversali
Sforzo assiale verticale	F22 (kN/m)	Massimo	0	Sommità
		Minimo	-77	Filo muro frontale
Momento orizzontale	M11 (kN m/m)	Massimo	48	Filo muri trasversali
		Minimo	-11	Mezzeria sommità
Momento verticale	M22 (kN m/m)	Massimo	11	Filo muro frontale
		Minimo	-19	Mezzeria sommità

Tabella 21 – Massime azioni di verifica allo SLE

Le sollecitazioni assiali di trazione sono positive; i momenti positivi tendono le fibre interne.

### **10.3.2 Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione orizzontale**

#### **10.3.2.1 Sezione di verifica**

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 0.40 m.

L'armatura interna è costituita da  $\Phi 16/20$  cm.

L'armatura esterna è costituita da  $\Phi 16/20$  cm.

### **10.3.2.2 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 107 kN/m.

Il massimo momento flettente in valore assoluto è pari a 65 kN m/m.

Il momento resistente è pari a 120 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 1.85.

### **10.3.2.3 SLE**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 79 kN/m.

Il massimo momento flettente in valore assoluto è pari a 48 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 2.99 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 189.3 MPa < 360 MPa.

### **10.3.2.4 SLF**

Poichè le tensioni nelle armature allo SLF (combinazioni quasi permanente e frequente) sono inferiori a quelle allo SLE, combinazione rara, e dato che queste ultime rispettano i limiti della tabella C4.1.II della Circolare, si può concludere che la verifica a fessurazione è soddisfatta senza calcolo diretto.

## **10.3.3 Verifiche a presso/tenso-flessione in direzione verticale**

### **10.3.3.1 Sezione di verifica**

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.00 m.

L'armatura interna è costituita da  $\Phi 26/10$  cm.

L'armatura esterna è costituita da  $\Phi 20/20$  cm.

### **10.3.3.2 Armatura interna**

**10.3.3.2.1 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 0 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a 33 kN m/m.

Il momento resistente è pari a 389 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 12.

**10.3.3.2.2 SLE**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 0 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a 11 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 0.47 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 11.49 MPa < 360 MPa.

**10.3.3.2.3 SLF**

Poichè le tensioni nelle armature allo SLF (combinazioni quasi permanente e frequente) sono inferiori a quelle allo SLE, combinazione rara, e dato che queste ultime rispettano i limiti della tabella C4.1.II della Circolare, si può concludere che la verifica a fessurazione è soddisfatta senza calcolo diretto.

**10.3.3.3 Armatura esterna****10.3.3.3.1 SLU**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 0 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a -15 kN m/m.

Il momento resistente è pari a -137 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 9.13.

**10.3.3.3.2 SLE**

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 0 kN/m.

Il massimo momento flettente è pari a -19 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 0.47 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 11.49 MPa < 360 MPa.

### 10.3.3.3 SLF

Poichè le tensioni nelle armature allo SLF (combinazioni quasi permanente e frequente) sono inferiori a quelle allo SLE, combinazione rara, e dato che queste ultime rispettano i limiti della tabella C4.1.II della Circolare, si può concludere che la verifica a fessurazione è soddisfatta senza calcolo diretto.

## 10.3.4 Verifiche a taglio

### 10.3.4.1 Sezione di verifica

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 0.40 m.

L'armatura trasversale è costituita da spille  $9\Phi 10/m^2$ .

### 10.3.4.2 SLU

A favore di sicurezza non si tiene conto delle sollecitazioni di compressione.

La massima trazione è pari a 107 kN/m.

Il massimo taglio in valore assoluto è pari a 109 kN m/m.

A favore di sicurezza non si tiene conto dell'armatura a taglio.

	- Vcls1	134.31 kN
	- Vcls2	137.52 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>137.52 kN</b>
<b>Necessità di armature a taglio</b>	<b>V<sub>RD cls</sub> &lt; V<sub>ED</sub></b>	<b>NO</b>

Il taglio resistente è pari a 138 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 1.27.

## 10.4 Verifiche della piastra di fondazione

### 10.4.1 Sollecitazioni di verifica

#### 10.4.1.1 Sollecitazioni di verifica

Si riporta di seguito il riepilogo delle sollecitazioni massime e minime agenti allo SLU.

			Piastra di fondazione	
			Valore	Ubicazione
Momento orizzontale	M11 (kN m/m)	Massimo	356	Sbalzo lato valle
		Minimo	-142	Campo interno
Momento verticale	M22 (kN m/m)	Massimo	279	Filo muri andatori
		Minimo	-781	Campo interno
Taglio orizzontale	V13 (kN/m)	Massimo (valore assoluto)	343	Filo muro frontale
Taglio verticale	V23 (kN/m)	Massimo (valore assoluto)	383	Filo muri andatori (valore mediato su 1 m)

Tabella 22 – Massime azioni di verifica allo SLU

I momenti positivi tendono le fibre inferiori.

### 10.4.2 Verifiche a flessione

#### 10.4.2.1 Sezione di verifica

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.50 m.

L'armatura superiore è costituita da  $\Phi 26/20$  cm lungo entrambe le direzioni.

L'armatura inferiore è costituita da  $\Phi 26/20$  cm lungo entrambe le direzioni.

#### 10.4.2.2 SLU

Il massimo momento flettente in valore assoluto è pari a 781 kN m/m.

Il momento resistente è pari a 1475 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 1.89.

#### 10.4.2.3 SLE

A favore di sicurezza, la verifica viene effettuata con le sollecitazioni allo SLU.

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

111

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



Il massimo momento flettente in valore assoluto è pari a 781 kN m/m.

La tensione di compressione nel calcestruzzo è pari a 3.36 MPa < 19.92 MPa.

La tensione di trazione nelle armature è pari a 215.3 MPa < 360 MPa.

#### 10.4.2.4 SLF

Per semplicità e a favore di sicurezza viene effettuata con le sollecitazioni allo SLU.

Viene verificato lo stato limite di formazione delle fessure, così come previsto nelle NTC2008 (§4.1.2.2.4.1), considerando la sezione non fessurata (I stadio, a differenza della sezione parzializzata che viene definita al II stadio) e specificando la verifica per sollecitazioni derivanti da flessione, verificando pertanto che la tensione al lembo teso del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{cm}/1,2$ .

La massima tensione di trazione nel calcestruzzo è pari a 1.83 MPa < 3.10 MPa

### 10.4.3 Verifiche a taglio

#### 10.4.3.1 Sezione di verifica

La sezione di verifica ha larghezza di 1.00 m e altezza di 1.50 m.

#### 10.4.3.2 SLU

Il massimo taglio in valore assoluto è pari a 383 kN m/m.

##### *Elementi privi di armatura resistente a taglio*

	- Vcls1	414.54 kN
	- Vcls2	436.15 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>436.15 kN</b>
<b>Necessità di armature a taglio</b>	<b>V<sub>RD cls</sub> &lt; V<sub>ED</sub></b>	<b>NO</b>

Il taglio resistente è pari a 436 kN/m.

La sezione è verificata con coefficiente di sicurezza pari a 1.14.

## 11 BAGGIOLI

I baggioli sono elementi in calcestruzzo sui quali vengono posti gli organi di appoggio a sostegno dell'impalcato dei ponti. Il dimensionamento del baggiolo e delle sue armature è stato effettuato per la massima forza di compressione e per il massimo taglio agente.

Il dimensionamento è stato effettuato secondo la gerarchia delle resistenze, sulla base della capacità degli apparecchi d'appoggio:

- Massimo carico verticale  $F_{zd} = 3250 \text{ kN}$
- Massima forza orizzontale  $F_{xy} = 330 \text{ kN}$

### 11.1 Compressione

Si fa riferimento al §6.2 dell'EC2 che riguarda le zone soggette a pressioni localizzate.

La forza di compressione ultima viene calcolata come:

$$F_{Rdu} = A_{c0} f_{cd} \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} \leq 3A_{c0} f_{cd}$$

dove

- $A_{c0}$  è l'area caricata
- $A_{c1}$  è la massima area di diffusione del carico utilizzata per il calcolo e che ha una forma omotetica a quella di  $A_{c0}$ .

L'EC2 raccomanda che l'area di diffusione  $A_{c1}$  richiesta dalla forza di compressione  $F_{Rdu}$  soddisfi le seguenti condizioni:

- l'altezza di diffusione del carico nella direzione del carico stesso sia presa come indicato nella seguente figura:

Figura 6.29 Distribuzione di progetto nel caso di pressioni localizzate

## Legenda

A Linea di azione

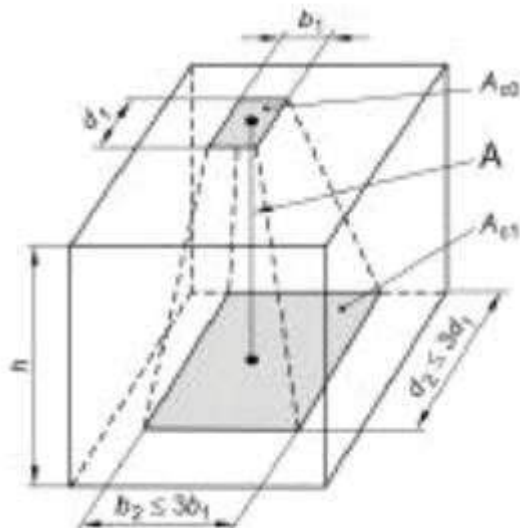
 $h \geq (D_2 - D_1) e$  $\geq (d_2 - d_1)$ 

Figura 72 – Distribuzione di progetto nel caso di pressioni localizzate

- il centro dell'area di diffusione  $A_{c1}$  sia sulla retta di azione passante per il centro dell'area caricata  $A_{c0}$ ;
- se sull'area di calcestruzzo agiscono più forze di compressione, le aree di diffusione non debbano essere sovrapposte.

Inoltre, l'EC2 raccomanda che il valore di  $F_{Rdu}$  sia ridotto se il carico non è uniformemente distribuito sull'area  $A_{c0}$  e se esistono forze di taglio importanti. Per questo motivo, nel caso specifico si decide di applicare un coefficiente riduttivo molto cautelativo pari a 0.5.

La verifica viene effettuata per il baggiolo più basso, che ha altezza pari a 30 cm.

$R_{ck}$	40	MPa	
$f_{ck}$	33.2	MPa	
$f_{cd}$	18.81333	MPa	
$b_1$	470	mm	
$d_1$	980	mm	
$b_2$	770	mm	
$d_2$	1200	mm	
$h$	300	mm	
$A_{c0}$	460600	mm <sup>2</sup>	Area caricata
$A_{c1}$	924000	mm <sup>2</sup>	Area di distribuzione massima di progetto
$r$	0.5		Coefficiente riduttivo
$F_{Rdu}$	6137	kN	Resistenza di progetto
$F_{Ed}$	3250	kN	Forza verticale di progetto

La verifica è soddisfatta con coefficiente di sicurezza pari a 1.89.

## 11.2 Taglio

Si fa riferimento al meccanismo resistente di mensola tozza con trasmissione diretta del taglio.

Le dimensioni in pianta del baggiolo sono 0.80 m x 1.20 m. L'altezza massima del baggiolo è di 0.40 m. La verifica viene effettuata per il baggiolo più alto.

Il meccanismo resistente è costituito da un tirante verticale, corrispondente all'armatura tesa, e da un pontone di calcestruzzo inclinato di un angolo  $\alpha$ . Siano:

- $\lambda$  la cotangente di  $\alpha$ ;
- $A_s$  l'area di armatura tesa.

La portanza del baggiolo si calcola come:

$$P_{Rs} = A_s f_{yd} / \lambda$$

La resistenza del puntone di calcestruzzo è data da

$$P_{Rc} = 0.4 d 0.9 b f_{cd} c / (1 + \lambda^2) \geq P_{Rs}$$

dove

- $b$  e  $d$  sono le dimensioni in pianta del baggiolo
- $c$  è un coefficiente pari a 1 per baggiolo non staffato e 1.5 per baggiolo staffato.

h	400	mm	Altezza baggiolo
b	800	mmm	Dimensione minore in pianta
d	1200	mmm	Dimensione maggiore in pianta
$\lambda$	0.817	-	Inclinazione biella calcestruzzo
$f_{yd}$	391.3	MPa	
n	7	-	Numero barre armatura
$\phi$	16	mm	Diametro barre armatura
$P_{Rs}$	674	kN	Resistenza di progetto
$P_{Ed}$	330	kN	Forza verticale di progetto
$P_{Ed}$	<	$P_{Rd}$	VERIFICA
$R_{ck}$	40	MPa	
$f_{ck}$	33.2	MPa	
$f_{cd}$	18.81333	MPa	
c	1	-	Coefficiente per staffature
$P_{Rc}$	4331	kN	Resistenza puntone
$P_{Rs}$	<	$P_{Rc}$	VERIFICA

La verifica è soddisfatta con coefficiente di sicurezza pari a 2.04.

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## 12 RITEGNI SISMICI

La verifica dei ritegni sismici viene eseguita confrontando le azioni di progetto con la resistenza a taglio delle mensole tozze in cemento armato costituenti il ritegno stesso.

Si fa riferimento, a favore di sicurezza, a quanto riportato nel §7.9.5.3.3 delle NTC 2018.

I ritegni vengono dimensionati per resistere ad una forza pari a  $\alpha Q$ , dove

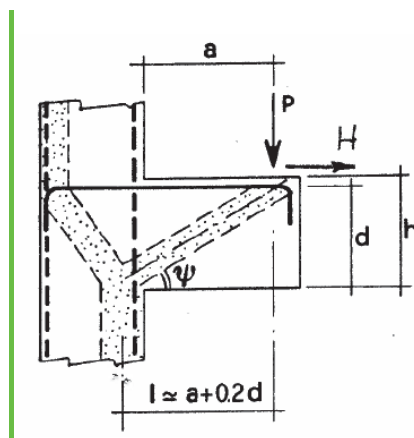
- $\alpha = 1.5 S a_g/g$  è l'accelerazione normalizzata di progetto valutata allo SLC
- $Q$  è il peso della parte di impalcato collegato a ciascuna spalla.

Nel caso in esame:

- $S = 1.20$
- $a_g = 0.071 g$  allo SLC
- $Q = 1058.56$  è il peso di metà dell'impalcato (inclusi i permanenti portati)

La forza sismica orizzontale sul ritegno vale dunque:

$$F_h = 1.5 \times 1.20 \times 0.071 \times 1058.56 = 135 \text{ kN}$$



## Progetto Esecutivo

**Geometria Mensola**

Altezza mensola	$h_c$	0.30	[m]	
Larghezza mensola (spessore mensola)	$b$	0.80	[m]	
Lunghezza mensola (sbalzo)	$s$	0.30	[m]	
Copriferro mensola	$c$	0.05	[m]	
Distanza da filo parete applicazione carico	$a_c$	0.24	[m]	
Altezza utile mensola	$d$	0.25	[m]	$d = h_c - c$
Distanza del carico dal traliccio (assenza di carico orizzontale)	$l$	0.29	[m]	$l = a_c + (0,2)d$
Inclinazione risultante rispetto alla verticale	$\alpha$	0.00	[°]	$\alpha = \arctan(H_{Ed}/V_{Ed})$
Cotg $\psi$	Cotg $\psi$	1.29	[-]	$\text{Cotg } \psi = l / (0,9d)$

**Materiali**Calcestruzzo

Classe di resistenza	C28/35			
Resistenza a compressione cubica del cls	$R_{ck}$	35.00	[MPa]	
Resistenza a compressione cilindrica del cls	$f_{ck}$	29.05	[MPa]	$f_{ck} = 0,83 R_{ck}$
Coefficiente parziale di sicurezza del cls	$\gamma_c$	1.50	[-]	
Resistenza a compressione di progetto del cls	$f_{cd}$	21.17	[MPa]	$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c$
<u>Acciaio</u>				
Tipo di acciaio	B450 C			
Resistenza caratteristica a snervamento nominale	$f_{yk}$	450.00	[MPa]	
Resistenza caratteristica a rottura nominale	$f_{tk}$	540.00	[MPa]	
Coefficiente parziale di sicurezza acciaio	$\gamma_s$	1.15	[-]	
Resistenza di progetto a snervamento	$f_{yd}$	391.30	[MPa]	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

**Azioni di calcolo**

Carico di calcolo	$P_{Ed}$	135.28	[kN]
-------------------	----------	--------	------

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Progetto Esecutivo

## Armatura principale

Diametro armatura principale	$\phi_t$	16.00	[mm]
Sezione trasversale tondino	$A_t$	201.06	[mm <sup>2</sup> ]
Numero tondini armatura principale	$n_t$	6.00	[-]
Sezione trasversale totale armatura principale	$A_{t,tot}$	1 206.37	[mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente in funzione della presenza di staffatura	$c$	1.50	[-]

$c=1$  per sbalzi di piastre non provvisti di staffatura e  $c=1,5$  per sbalzi di travi provvisti di staffatura

Resistenza del tirante orizzontale di acciaio	$P_{Rs}$	366.25	[kN]
Resistenza del puntone di cls	$P_{Rc}$	742.29	[kN]

$$P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) / \cotg \psi$$

$$P_{Rc} = 0,4bd f_{cd} / (1 + \cotg^2 \psi)$$

## Verifica

Resistenza lato cls deve essere maggiore di quella lato acciaio	$P_{Rc} > P_{Rs}$	VERO
Resistenza lato acciaio deve essere maggiore di $P_{Ed}$	$P_{Rs} > P_{Ed}$	VERO

Fattore di Sicurezza	$P_{Rs} / P_{Ed}$	2.71
----------------------	-------------------	------

La verifica è soddisfatta con coefficiente di sicurezza pari a 2.71.

## RTI di progettazione:



## Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



## 13 SOLLECITAZIONI ALLA BASE DELLE FONDAZIONI DELLE SPALLE

Si riportano di seguito le sollecitazioni derivanti dal modello in corrispondenza del baricentro della base della fondazione per le differenti combinazioni.

Le convenzioni sono le seguenti:

- L'asse x è longitudinale, l'asse y è trasversale, l'asse z è verticale.
- Forze agenti in direzione x con verso positivo sono concordi alla spinta del terreno, e pertanto tendono a fare spostare la spalla verso l'impalcato.
- Le forze agenti in direzione z sono negative se sono concordi con la forza peso, e pertanto tendono a fare spostare la spalla verso il basso.

Combinazione		Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kN m	My kN m	Mz kN m
SLU_A1_1	Min	1422	-31	-25371	-4621	-14837	-1365
	Max	3898	408	-17201	310	17572	1413
SLU_A1_2	Max	1501	-23	-25100	-5622	-13930	-1682
	Min	3669	495	-17209	232	15980	1718
SLU_A1_3	Max	1391	-23	-25100	-4544	-14924	-1353
	Min	3780	401	-17209	232	16975	1389
SLU_A2_1	Max	2007	-26	-19043	-3066	-11961	-897
	Min	3597	272	-17206	264	14290	938
SLU_A2_2	Max	2074	-20	-18811	-4869	-11012	-1458
	Min	3373	429	-17212	198	12759	1488
SLU_A2_3	Max	1978	-20	-18811	-3000	-11874	-887
	Min	3468	265	-17212	198	13621	917
SLU_EQU_1	Max	1220	-31	-21063	-4621	-12642	-1365
	Min	3374	408	-15478	310	15376	1413
SLU_EQU_2	Max	1299	-23	-20792	-5622	-11734	-1682
	Min	3145	495	-15485	232	13785	1718
SLU_EQU_3	Max	1188	-23	-20792	-4544	-12728	-1353
	Min	3255	401	-15485	232	14779	1389
SLE_Rara_1	Max	1614	-23	-18718	-3104	-8016	-914
	Min	2866	275	-17209	229	10042	949
SLE_Rara_2	Max	1673	-17	-18517	-3765	-7344	-1124
	Min	2696	332	-17215	172	8863	1151
SLE_Rara_3	Max	1599	-17	-18517	-3046	-8007	-905
	Min	2770	269	-17215	172	9526	931
SLE_Freq_1	Max	-421	-17	-18517	-172	-8427	-27

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

120

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Combinazione		Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kN m	My kN m	Mz kN m
SLE_Freq_1	Min	566	17	-17215	172	9978	53
SLE_Freq_2	Max	1867	0	-17913	-719	-5161	-220
SLE_Freq_2	Min	2169	63	-17232	0	5161	220
SLE_Freq_3	Max	1848	0	-17913	0	-5327	0
SLE_Freq_3	Min	2187	0	-17232	0	5327	0
SLE_Perm_1	Max	1867	0	-17913	0	-5161	0
SLE_Perm_1	Min	2169	0	-17232	0	5161	0
SLU_Sism_1	Max	1652	-103	-17984	-722	-8558	-252
SLU_Sism_1	Min	2697	103	-17162	722	8558	252
SLU_Sism_2	Max	1652	-103	-17984	-722	-8558	-252
SLU_Sism_2	Min	2697	103	-17162	722	8558	252
SLU_Sism_3	Max	1912	-342	-17957	-2408	-6642	-841
SLU_Sism_3	Min	2437	342	-17189	2408	6642	841
SLU_Sism_4	Max	1912	-342	-17957	-2408	-6642	-841
SLU_Sism_4	Min	2437	342	-17189	2408	6642	841
SLU_Sism_5	Max	1910	-103	-18047	-722	-6649	-252
SLU_Sism_5	Min	2439	103	-17099	722	6649	252
SLU_Sism_6	Max	1910	-103	-18047	-722	-6649	-252
SLU_Sism_6	Min	2439	103	-17099	722	6649	252
SLD_Sism_1	Max	1832	-53	-17947	-372	-7231	-130
SLD_Sism_1	Min	2517	53	-17199	372	7231	130
SLD_Sism_2	Max	1832	-53	-17947	-372	-7231	-130
SLD_Sism_2	Min	2517	53	-17199	372	7231	130
SLD_Sism_3	Max	1966	-177	-17930	-1241	-6244	-433
SLD_Sism_3	Min	2383	177	-17216	1241	6244	433
SLD_Sism_4	Max	1966	-177	-17930	-1241	-6244	-433
SLD_Sism_4	Min	2383	177	-17216	1241	6244	433
SLD_Sism_5	Max	1965	-53	-17962	-372	-6245	-130
SLD_Sism_5	Min	2384	53	-17184	372	6245	130
SLD_Sism_6	Max	1965	-53	-17962	-372	-6245	-130
SLD_Sism_6	Min	2384	53	-17184	372	6245	130

Tabella 23 – Sollecitazioni alla base della fondazione

## 14 MURI D'ALA

### 14.1 Generalità

Nel presente capitolo vengono riportati i calcoli e le verifiche relativi ai muri d'ala; in particolare, è stato preso in considerazione il concio più alto ed è stata effettuata la verifica per la sezione intermedia del concio.

La geometria del muro oggetto di verifica è riportata di seguito.

#### Paramento

Materiale	Cls Armato
Altezza paramento	10.70[m]
Altezza paramento libero	9.20 [m]
Spessore in sommità	0.40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.32 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	5.70 [°]

#### Fondazione

Materiale	Cls Armato
Lunghezza mensola di valle	1.50 [m]
Lunghezza mensola di monte	3.18 [m]
Lunghezza totale	6.00 [m]
Inclinazione piano di posa	0.00 [°]
Spessore	1.50 [m]
Spessore magrone	0.20 [m]

#### **RTI di progettazione:**



#### **Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### **Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

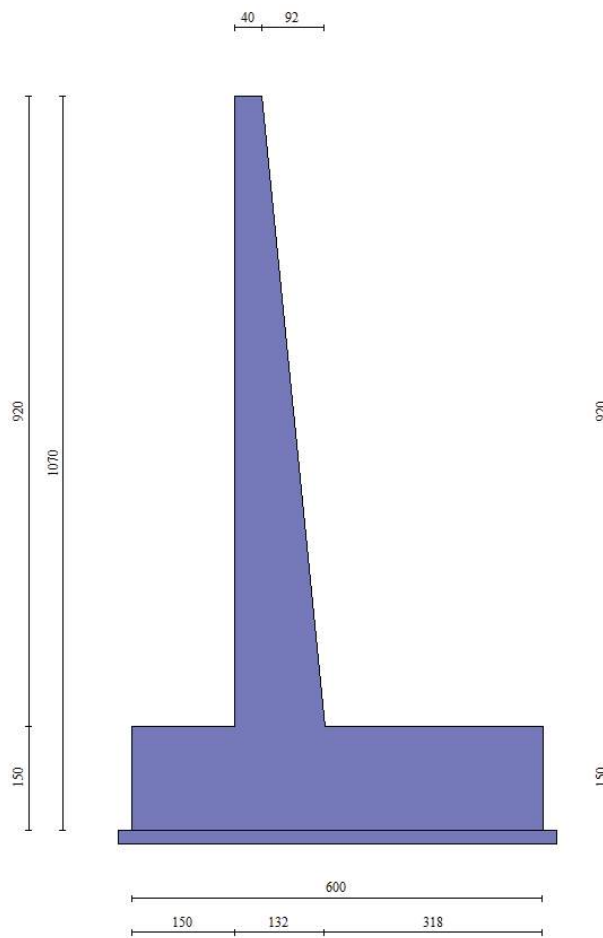


Figura 73 – Geometria del muro d'ala

## 14.2 Modellazione

### 14.2.1 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)

- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### **14.2.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

Titolo MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno

Versione 15.0

Produttore Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)

Licenza AIU2302G8

#### **14.2.3 Affidabilità dei codici di calcolo**

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### **14.2.4 Modalità di presentazione dei risultati**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### **14.2.5 Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma

grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### **14.2.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dall'utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si può affermare che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

### **14.3 Calcolo della spinta sul muro**

#### **14.3.1 Metodo di Culmann**

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

#### **14.3.2 Spinta in presenza di falda**

Si rimanda a quanto riportato nel §4.1.2.

#### **14.3.3 Spinta in presenza di sisma**

Si rimanda a quanto riportato nel §4.1.4.

### **14.4 Analisi dei carichi**

#### **14.4.1 Pesì propri**

Il peso proprio degli elementi strutturali è calcolato considerando un peso specifico pari a  $25 \text{ kN/m}^3$  per il calcestruzzo armato.

#### **14.4.2 Spinta del terreno**

La spinta del terreno è stata determinata secondo quanto riportato nel §14.3.

Le caratteristiche del terreno di fondazione e del terreno di rinfiaccio sono riportate nel §6.

Non è presente falda.

Il profilo del terreno è riportato nella seguente figura.

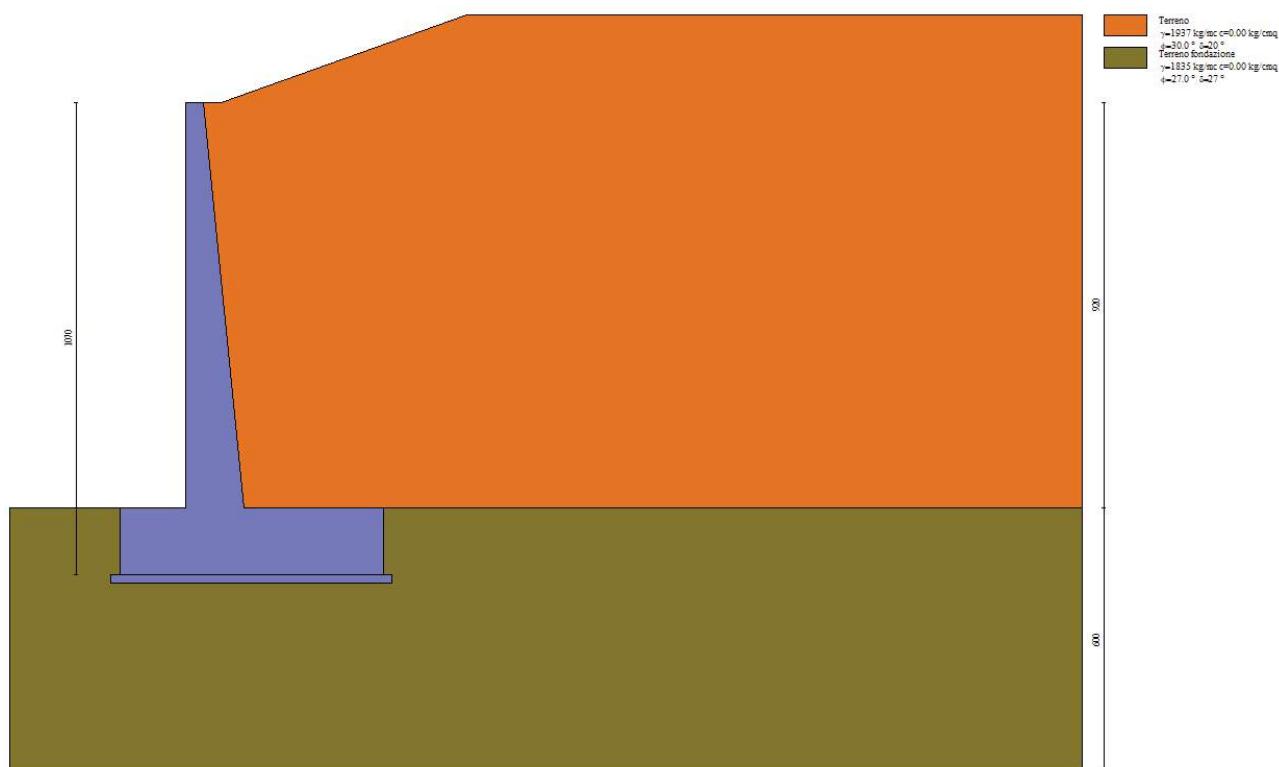


Figura 74 – Profilo del terreno

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	0.40	0.00	0.000
3	6.00	2.00	19.654
4	20.00	2.00	0.000



Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

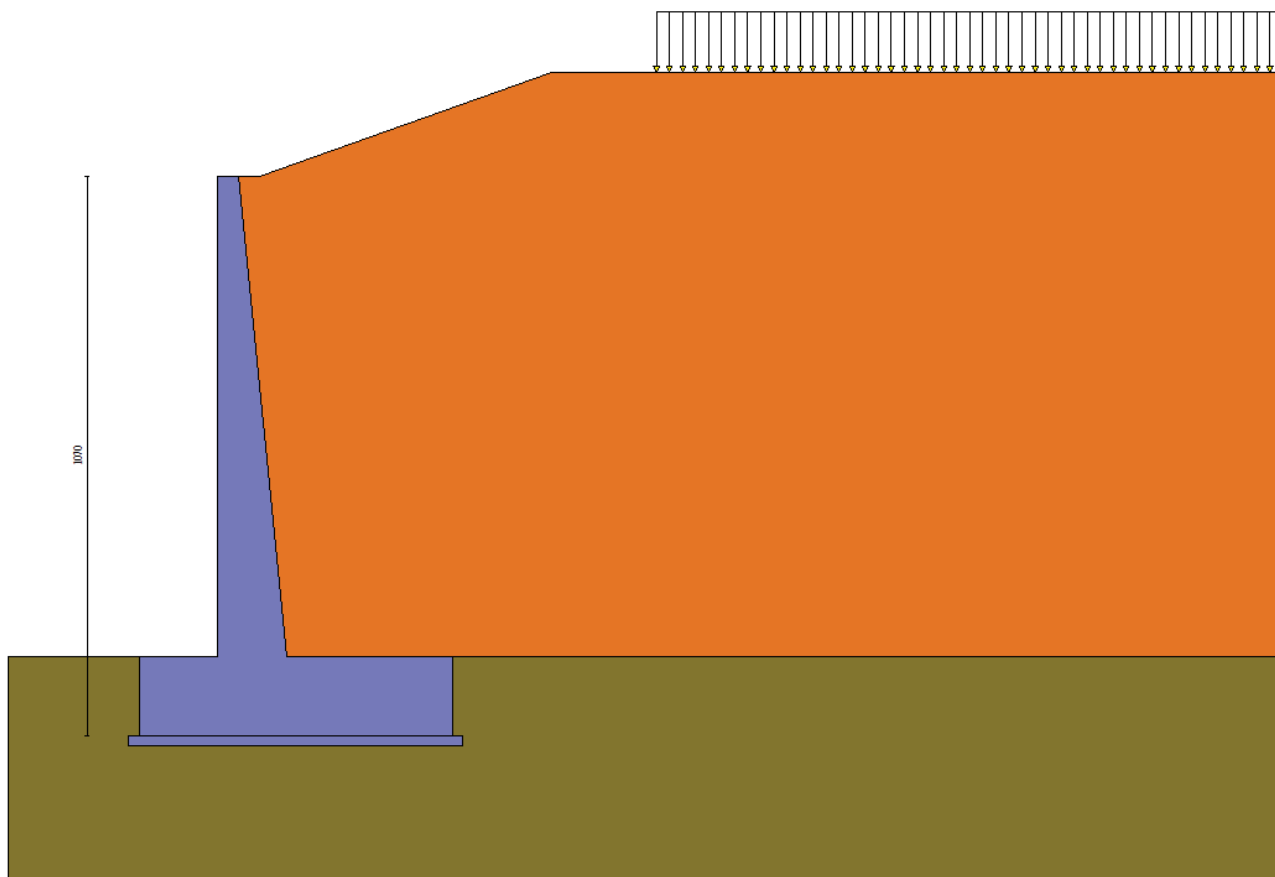
**14.4.3 Carichi variabili**È stato considerato un carico di 20 kN/m<sup>2</sup>, applicato sull'intera carreggiata stradale.

Figura 75 – Carico variabile

**Simbologia adottata**

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M	Momento espresso in [kgm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kg]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kg]

**Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF**Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$ 

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

128

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					8.00	20.00	2039.40	2039.40

#### 14.4.4 Azione sismica

Si rimanda a quanto riportato nel §7.9.

Si assume che il muro possa muoversi rispetto al terreno, per cui vengono assunti i coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima previsti dalle NTC 2018, come riportato di seguito.

	SLV	SLD
Accelerazione al suolo $a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.600	0.310
Accelerazione al suolo $a_g$ [% di g]	<b>0.061</b>	<b>0.032</b>
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.970	2.730
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_{c^*}$	0.370	0.310
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico $S_s$	Tipo B	<b>1.200</b>
Coefficiente di riduzione ( $\beta_m$ )	C	0.380
Coefficiente di riduzione ( $\beta_m$ ) verifica ribaltamento		0.57
Coefficiente amplificazione topografica $S_T$	T1	<b>1.00</b>
<b><math>K_h = a_g/g * S_s * S_t * \beta_m</math></b>		
<b>Coeff. di intensità sismica orizzontale <math>K_h</math> [%]</b>	<b>2.789</b>	<b>1.782</b>
Intensità sismica Verticale/Orizzontale	0.50	

Figura 76 – Determinazione dei coefficienti di intensità sismica

#### 14.5 Combinazioni dei carichi

Si rimanda a quanto riportato nel §8.

##### 14.5.1 Riepilogo dei coefficienti

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favolevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavolevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favolevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Permanenti non	Sfavolevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.30	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
strutturali										
Variabili	Favolevoli	$\gamma_{O,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavolevoli	$\gamma_{O,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favolevoli	$\gamma_{OT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavolevoli	$\gamma_{OT,sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00	1.00	1.00

### Coeff. parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
✓						
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

## 14.5.2 Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

### Combinazione n° 2 - STR A1-M1-R3 (sismica)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole

## Progetto Esecutivo

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR A1-M1-R3 (sismica)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR A1-M1-R3

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR A1-M1-R3

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR A1-M1-R3

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO A2-M2-R2

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO A2-M2-R2 (sismica)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO A2-M2-R2 (sismica)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (sismica) (sismica)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (sismica)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

132

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ (sismica)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ (sismica)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

**14.6 Risultati del calcolo delle forze****14.6.1 Spinta**

## Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
Sp	Spinta statica, espressa in [kg]
P <sub>Sp</sub>	Punto di applicazione della spinta statica, espressa in [m]
Sps	Incremento spinta sismica, espressa in [kg]
P <sub>Sps</sub>	Punto di applicazione dell'incremento di spinta sismica, espressa in [m]
Sw	Spinta falda, espressa in [kg]
P <sub>Sw</sub>	Punto di applicazione della spinta della falda, espressa in [m]
Ss	Sottospinta falda, espressa in [kg]

n°	Sp [kg]	P <sub>Sp</sub> [m]	Sps [kg]	P <sub>Sps</sub> [m]	Sw [kg]	P <sub>Sw</sub> [m]	Ss [kg]
1	67014	4.10; -6.66	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0
2	46953	4.10; -6.63	3474	4.10; -4.01	0	0.00; 0.00	0
3	46953	4.10; -6.63	2167	4.10; -4.01	0	0.00; 0.00	0
4	67014	4.10; -6.66	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0
5	67014	4.10; -6.66	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0
6	67014	4.10; -6.66	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0
7	63960	4.10; -6.61	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0
8	46953	4.10; -6.63	3474	4.10; -4.01	0	0.00; 0.00	0
9	46953	4.10; -6.63	2167	4.10; -4.01	0	0.00; 0.00	0
10	70862	4.10; -6.60	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0
11	46953	4.10; -6.63	5280	4.10; -4.01	0	0.00; 0.00	0
12	46953	4.10; -6.63	3324	4.10; -4.01	0	0.00; 0.00	0
13	51377	4.10; -6.66	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0
14	50257	4.10; -6.66	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0
15	46953	4.10; -6.63	0	0.00; 0.00	0	0.00; 0.00	0

n°	Sp [kg]	P <sub>Sp</sub> [m]	Sps [kg]	P <sub>Sps</sub> [m]	Sw [kg]	P <sub>Sw</sub> [m]	Ss [kg]
16	46953	4.10; -6.63	2199	4.10; -4.01	0	0.00; 0.00	0
17	46953	4.10; -6.63	1363	4.10; -4.01	0	0.00; 0.00	0

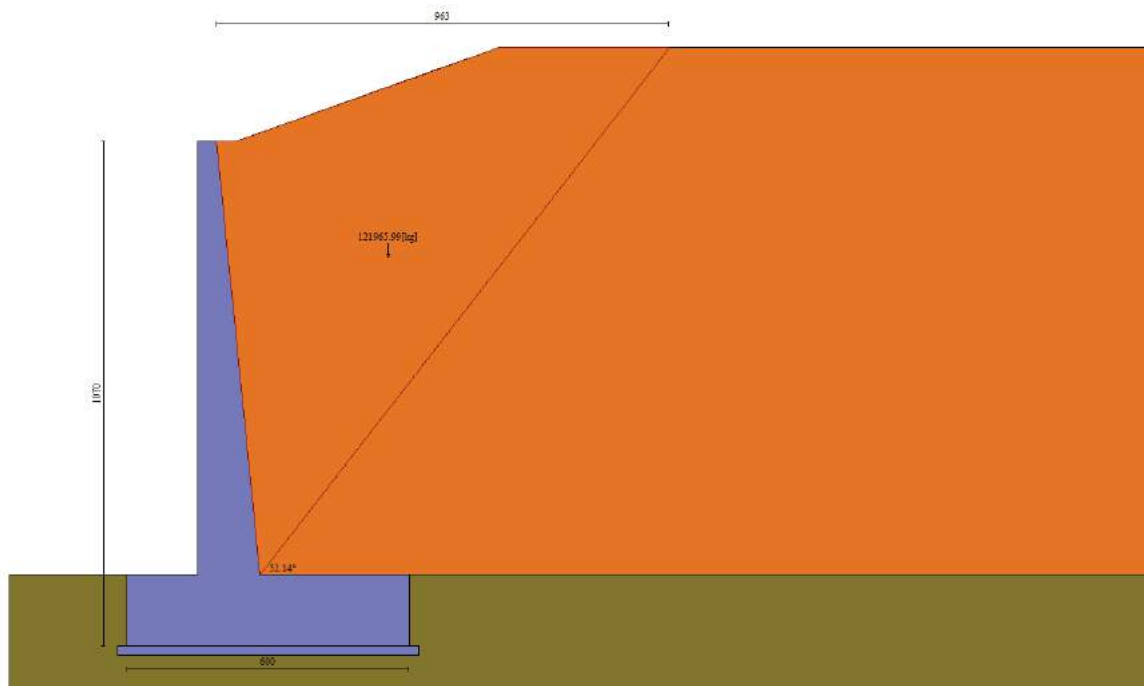


Figura 77 – Cuneo di spinta statico (Combinazione n° 1)

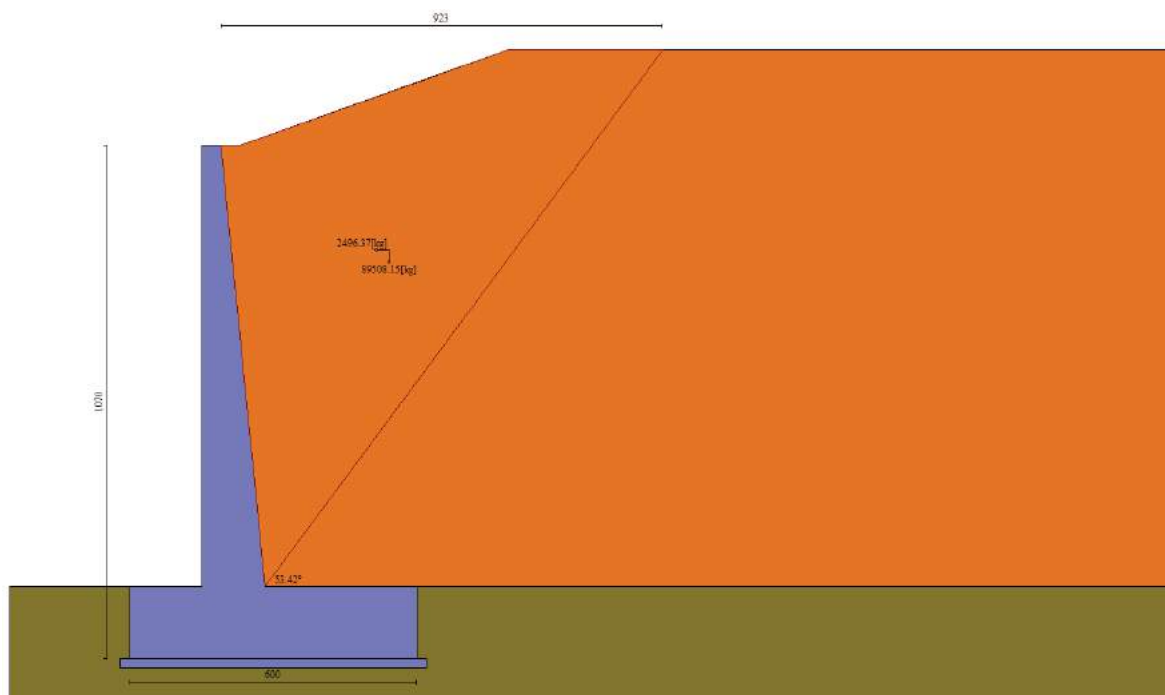


Figura 78 – Cuneo di spinta sismico (Combinazione n° 2)

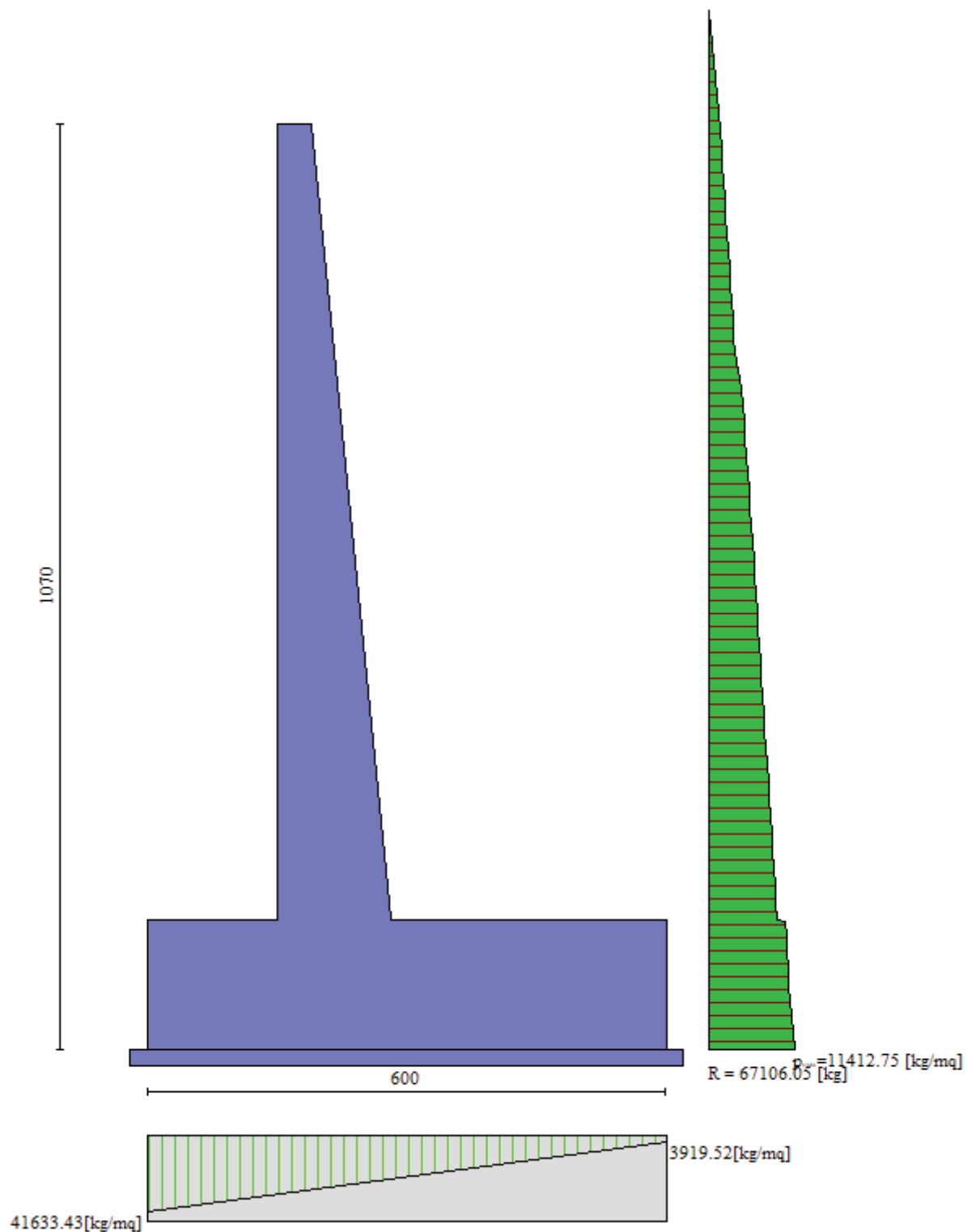


Figura 79 – Diagramma delle pressioni agenti sull'opera (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



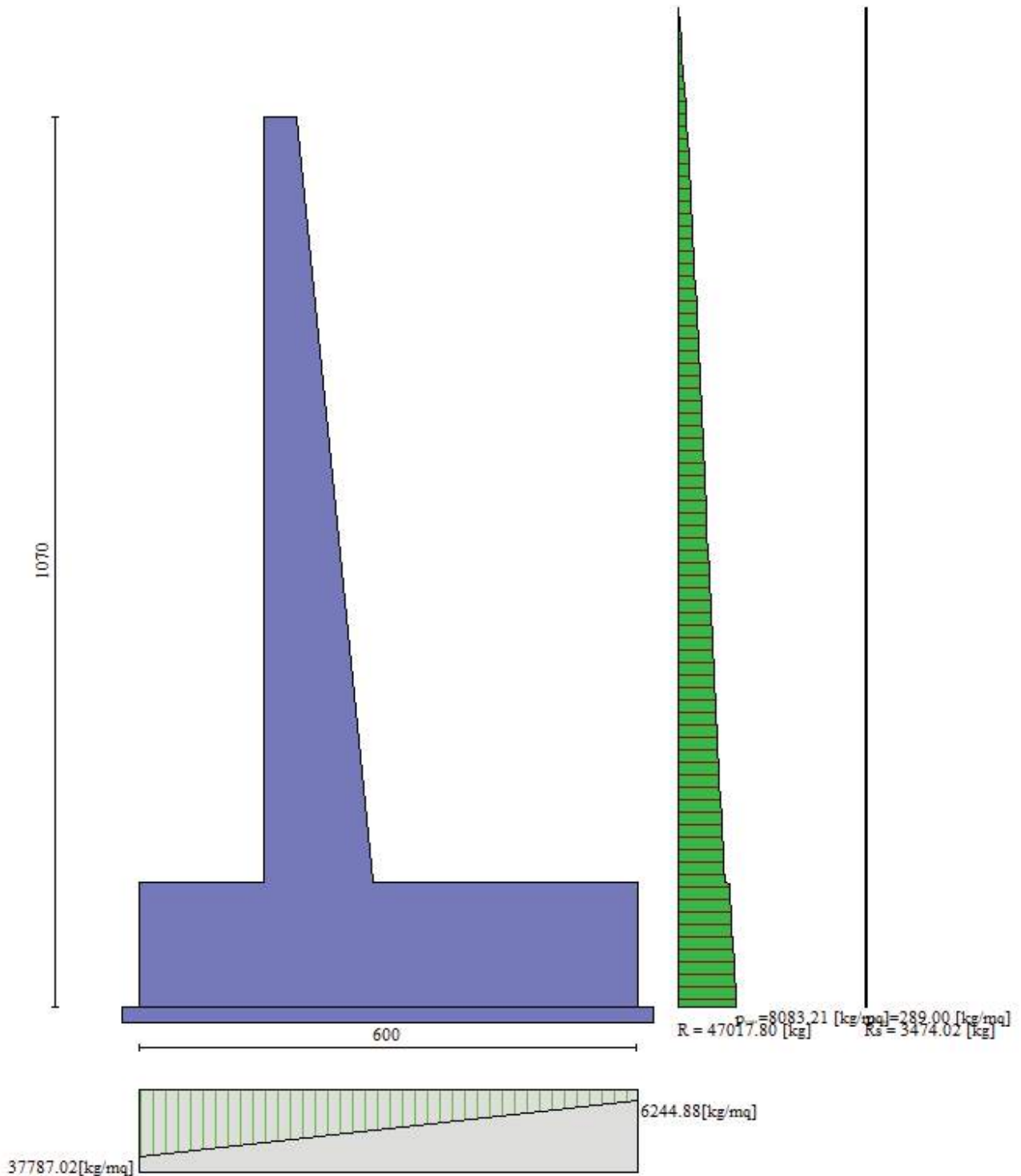


Figura 80 – Diagramma delle pressioni agenti sull'opera (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

### 14.6.2 Forze

Simbologia adottata

n°                      Indice della combinazione

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

136

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

Pm	Peso muro, espressa in [kg]
Imx, Imy	Inerzia orizzontale e verticale muro, espressa in [kg]
Gm	Baricentro muro, espressa in [m]
Pt	Peso terrapieno, espressa in [kg]
Itx, Ity	Inerzia orizzontale e verticale terrapieno, espressa in [kg]
Gt	Baricentro terrapieno, espressa in [m]
Fx	Sottospinta falda, espressa in [kg]
Fy	Sottospinta falda, espressa in [kg]

n°	Pm [kg]	Imx [kg]	Imy [kg]	Gm [m]	Pt [kg]	Itx [kg]	Ity [kg]	Gt [m]	Fy [kg]	Fx [kg]
1	42254	0	0	0.62; -7.83	69597	0	0	2.31; -4.08	0	0
2	42254	1178	589	0.62; -7.83	69597	1941	971	2.31; -4.08	0	0
3	42254	1178	-589	0.62; -7.83	69597	1941	-971	2.31; -4.08	0	0
4	54930	0	0	0.62; -7.83	90476	0	0	2.31; -4.08	0	0
5	42254	0	0	0.62; -7.83	90476	0	0	2.31; -4.08	0	0
6	54930	0	0	0.62; -7.83	69597	0	0	2.31; -4.08	0	0
7	42254	0	0	0.62; -7.83	69597	0	0	2.31; -4.08	0	0
8	42254	1178	589	0.62; -7.83	69597	1941	971	2.31; -4.08	0	0
9	42254	1178	-589	0.62; -7.83	69597	1941	-971	2.31; -4.08	0	0
10	38028	0	0	0.62; -7.83	62638	0	0	2.31; -4.08	0	0
11	42254	1768	884	0.62; -7.83	69597	2912	1456	2.31; -4.08	0	0
12	42254	1768	-884	0.62; -7.83	69597	2912	-1456	2.31; -4.08	0	0
13	42254	0	0	0.62; -7.83	69597	0	0	2.31; -4.08	0	0
14	42254	0	0	0.62; -7.83	69597	0	0	2.31; -4.08	0	0
15	42254	0	0	0.62; -7.83	69597	0	0	2.31; -4.08	0	0
16	42254	753	377	0.62; -7.83	69597	1240	620	2.31; -4.08	0	0
17	42254	753	-377	0.62; -7.83	69597	1240	-620	2.31; -4.08	0	0

## 14.7 Verifiche geotecniche

### 14.7.1 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza. Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq FS_{RIB}$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed

il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro è positivo, ribaltante se è negativo.

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

n°	Ms	Mr	FS
	[kgm]	[kgm]	
10	488147	276581	1.765
11	523585	234654	2.231
12	510894	230849	2.213

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

### 14.7.2 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza:

$$\frac{F_r}{F_s} \geq FS_{SCOR}$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]
Rt	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps), espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra resistenza allo scorrimento e carico parallelo al piano di posa)

n°	Rsa [kg]	Rpt [kg]	Rps [kg]	Rt [kg]	T [kg]	FS
1	72361	2749	0	75110	62269	1.162
2	70036	2749	0	72786	49972	1.401

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rt	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
3	68200	2749	0	70950	48758	1.399
4	89458	2749	0	92207	62269	1.437
5	82999	2749	0	85748	62269	1.333
6	78819	2749	0	81569	62269	1.266

**N.B. Il fattore di sicurezza è calcolato dal software trascurando il contributo di Rpt, e quindi come Rsa/T, e non come Rt/T.**

### 14.7.3 Verifica al carico limite

Si rimanda a quanto riportato nel §4.2.

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico verticale totale, espresso in [kg]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kg]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
1	136620	384716	384716	2.816
2	132058	355105	355105	2.689
3	128455	356482	356482	2.775
4	170175	367661	367661	2.160
5	157499	367226	367226	2.332
6	149296	348833	348833	2.337

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
ic, iq, i <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, d <sub>γ</sub>	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, g <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, b <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s <sub>γ</sub>	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p <sub>γ</sub>	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
r <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B <sub>γ</sub> N <sub>γ</sub> viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kg/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm <sup>q</sup> ]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Vesic).

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Nc Nq N <sub>γ</sub>	ic iq i <sub>γ</sub>	dc dq d <sub>γ</sub>	gc gq g <sub>γ</sub>	bc bq b <sub>γ</sub>	sc sq s <sub>γ</sub>	pc pq p <sub>γ</sub>	r <sub>γ</sub>	D	H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	29.236 15.896 11.555	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	0.901	1.50	1.27	1863	27.00	0.00
2	29.236 15.896 11.555	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	0.901	1.50	1.27	1863	27.00	0.00
3	29.236 15.896 11.555	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	0.901	1.50	1.27	1863	27.00	0.00
4	29.236 15.896 11.555	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	0.901	1.50	1.27	1863	27.00	0.00
5	29.236 15.896 11.555	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	0.901	1.50	1.27	1863	27.00	0.00
6	29.236 15.896 11.555	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	1.300 1.000 0.800	-- -- --	0.901	1.50	1.27	1863	27.00	0.00

I parametri geotecnici adottati, considerando lo strato eluvio colluviale, in coerenza a quanto previsto nella relazione geotecnica sono:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 = 1.863 \text{ kg/m}^3$
- $\varphi' = 27^\circ$
- $c' = 0 \text{ kPa}$

#### 14.7.4 Verifica alla stabilità globale

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

con

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  ed  $a_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop** contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

#### Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
7	-0.40; 0.40	11.99	1.105
8	-0.40; 0.40	11.99	1.354
9	-0.40; 0.40	11.99	1.352

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Dettagli strisce verifiche stabilità

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

Qy carico sulla striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cmq]

### Combinazione n° 7 - GEO A2-M2-R2

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [kg]
1	6810	1790	11.49 - 0.76	75.359	24.791	0.00	0.000	
2	10124	1790	0.76	63.965	24.791	0.00	0.000	
3	12131	1790	0.76	56.500	24.791	0.00	0.000	
4	13664	1790	0.76	50.335	24.791	0.00	0.000	
5	14907	1018	0.76	44.900	24.791	0.00	0.000	
6	15942	0	0.76	39.945	24.791	0.00	0.000	
7	16800	0	0.76	35.329	22.177	0.00	0.000	
8	17368	0	0.76	30.965	22.177	0.00	0.000	
9	17563	0	0.76	26.794	22.177	0.00	0.000	
10	17971	0	0.76	22.772	22.177	0.00	0.000	
11	18419	0	0.76	18.866	22.177	0.00	0.000	
12	18342	0	0.76	15.049	22.177	0.00	0.000	
13	18190	0	0.76	11.300	22.177	0.00	0.000	
14	18002	0	0.76	7.599	22.177	0.00	0.000	
15	19853	0	0.76	3.930	22.177	0.00	0.000	
16	14202	0	0.76	0.278	22.177	0.00	0.000	
17	4066	0	0.76	-3.374	22.177	0.00	0.000	
18	3620	0	0.76	-7.039	22.177	0.00	0.000	
19	3041	0	0.76	-10.734	22.177	0.00	0.000	
20	2802	0	0.76	-14.475	22.177	0.00	0.000	
21	2487	0	0.76	-18.280	22.177	0.00	0.000	
22	2093	0	0.76	-22.171	22.177	0.00	0.000	
23	1612	0	0.76	-26.174	22.177	0.00	0.000	
24	1037	0	0.76	-30.320	22.177	0.00	0.000	
25	355	0	-7.59 - 0.76	-34.122	22.177	0.00	0.000	

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



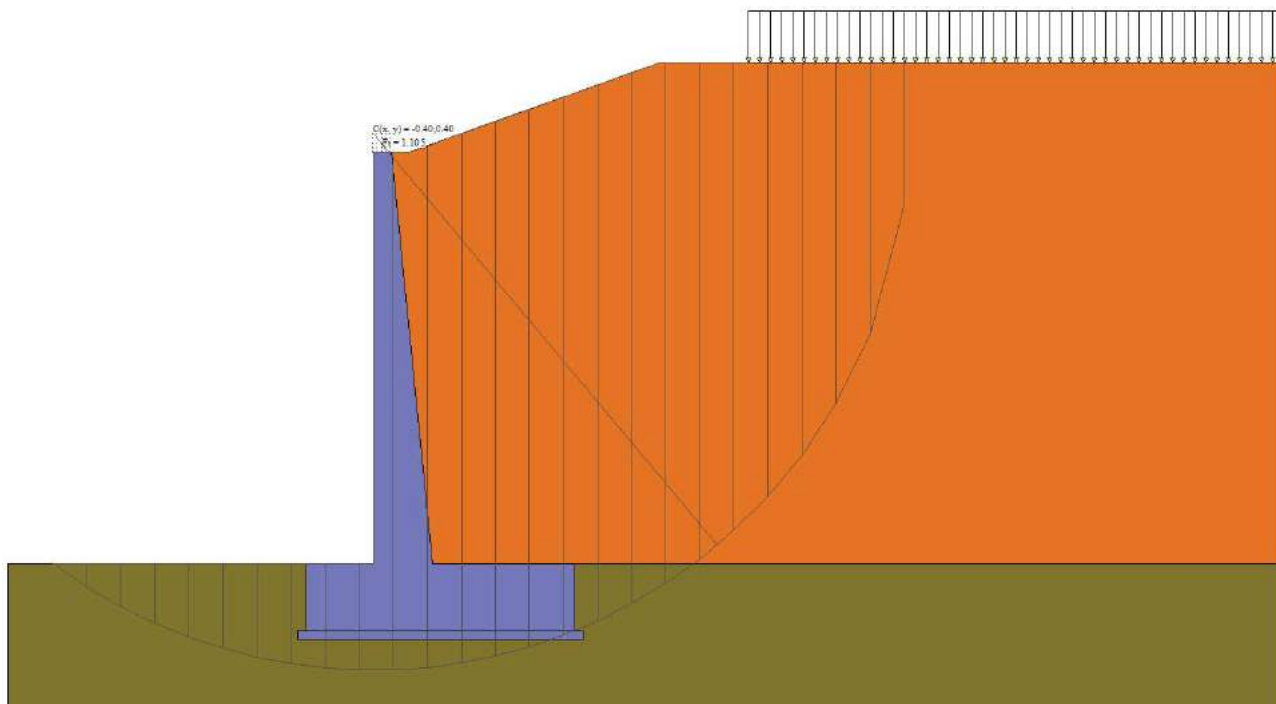


Figura 81 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

## Combinazione n° 8 - GEO A2-M2-R2

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	u [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tx; Ty [kg]
1	6810	0	11.49 - 0.76	75.359	30.000	0.00	0.000	
2	10124	0	0.76	63.965	30.000	0.00	0.000	
3	12131	0	0.76	56.500	30.000	0.00	0.000	
4	13664	0	0.76	50.335	30.000	0.00	0.000	
5	14907	0	0.76	44.900	30.000	0.00	0.000	
6	15942	0	0.76	39.945	30.000	0.00	0.000	
7	16800	0	0.76	35.329	27.000	0.00	0.000	
8	17368	0	0.76	30.965	27.000	0.00	0.000	
9	17563	0	0.76	26.794	27.000	0.00	0.000	
10	17971	0	0.76	22.772	27.000	0.00	0.000	
11	18419	0	0.76	18.866	27.000	0.00	0.000	
12	18342	0	0.76	15.049	27.000	0.00	0.000	
13	18190	0	0.76	11.300	27.000	0.00	0.000	
14	18002	0	0.76	7.599	27.000	0.00	0.000	
15	19853	0	0.76	3.930	27.000	0.00	0.000	
16	14202	0	0.76	0.278	27.000	0.00	0.000	
17	4066	0	0.76	-3.374	27.000	0.00	0.000	
18	3620	0	0.76	-7.039	27.000	0.00	0.000	
19	3041	0	0.76	-10.734	27.000	0.00	0.000	
20	2802	0	0.76	-14.475	27.000	0.00	0.000	
21	2487	0	0.76	-18.280	27.000	0.00	0.000	
22	2093	0	0.76	-22.171	27.000	0.00	0.000	
23	1612	0	0.76	-26.174	27.000	0.00	0.000	
24	1037	0	0.76	-30.320	27.000	0.00	0.000	
25	355	0	-7.59 - 0.76	-34.122	27.000	0.00	0.000	

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

144

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

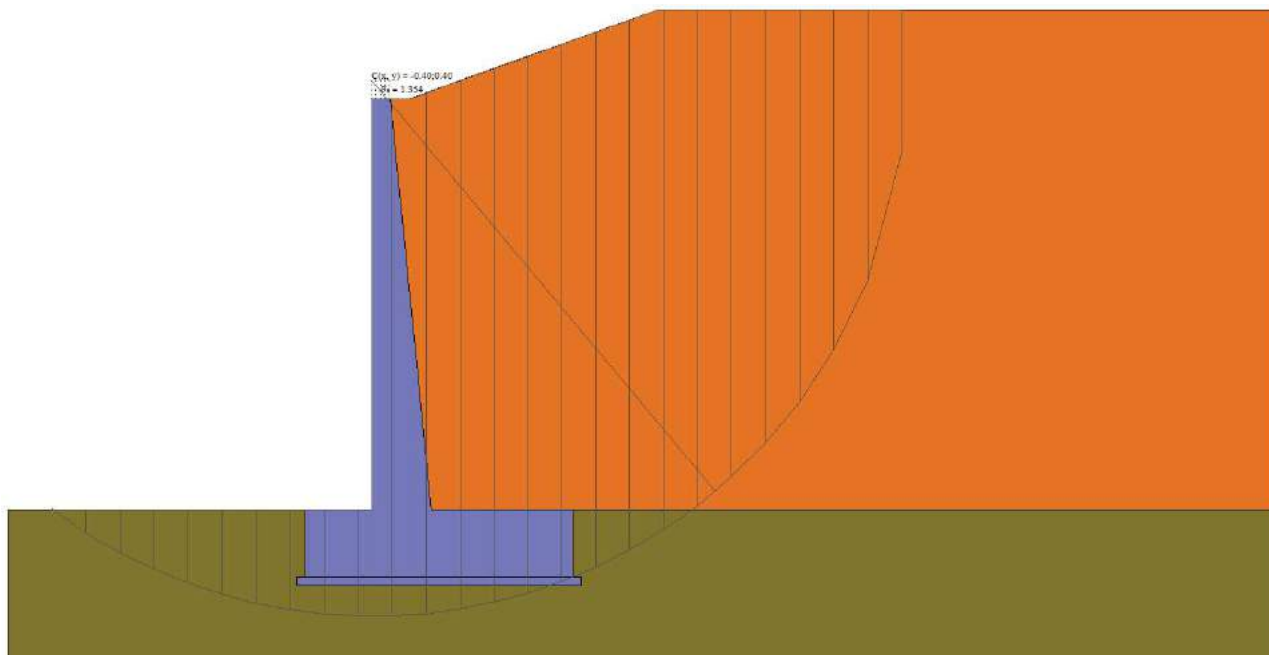


Figura 82 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 8)

Combinazione n° 9 - GEO A2-M2-R2

n°	W [kg]	Qy [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	u [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tx; Ty [kg]
1	6810	0	11.49 - 0.76	75.359	30.000	0.00	0.000	
2	10124	0	0.76	63.965	30.000	0.00	0.000	
3	12131	0	0.76	56.500	30.000	0.00	0.000	
4	13664	0	0.76	50.335	30.000	0.00	0.000	
5	14907	0	0.76	44.900	30.000	0.00	0.000	
6	15942	0	0.76	39.945	30.000	0.00	0.000	
7	16800	0	0.76	35.329	27.000	0.00	0.000	
8	17368	0	0.76	30.965	27.000	0.00	0.000	
9	17563	0	0.76	26.794	27.000	0.00	0.000	
10	17971	0	0.76	22.772	27.000	0.00	0.000	
11	18419	0	0.76	18.866	27.000	0.00	0.000	
12	18342	0	0.76	15.049	27.000	0.00	0.000	
13	18190	0	0.76	11.300	27.000	0.00	0.000	
14	18002	0	0.76	7.599	27.000	0.00	0.000	
15	19853	0	0.76	3.930	27.000	0.00	0.000	
16	14202	0	0.76	0.278	27.000	0.00	0.000	
17	4066	0	0.76	-3.374	27.000	0.00	0.000	
18	3620	0	0.76	-7.039	27.000	0.00	0.000	
19	3041	0	0.76	-10.734	27.000	0.00	0.000	
20	2802	0	0.76	-14.475	27.000	0.00	0.000	
21	2487	0	0.76	-18.280	27.000	0.00	0.000	
22	2093	0	0.76	-22.171	27.000	0.00	0.000	
23	1612	0	0.76	-26.174	27.000	0.00	0.000	
24	1037	0	0.76	-30.320	27.000	0.00	0.000	
25	355	0	-7.59 - 0.76	-34.122	27.000	0.00	0.000	

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

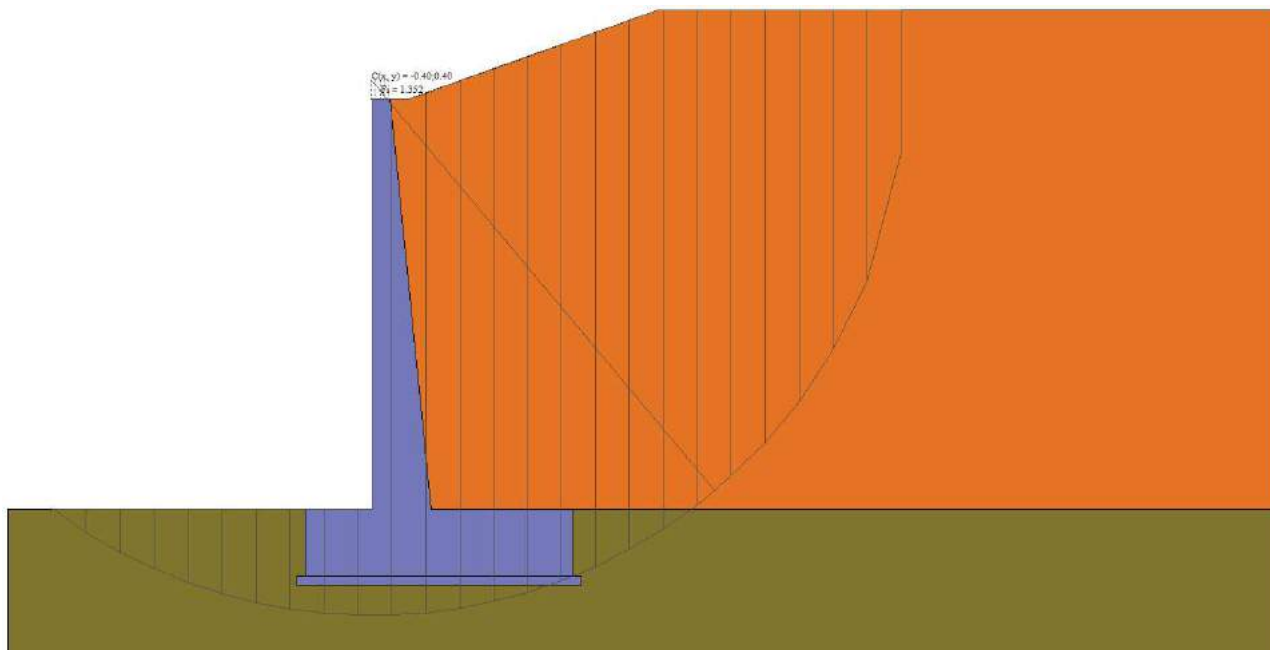


Figura 83 – Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 9)

## 14.8 Verifiche strutturali

### 14.8.1 Inviluppo delle sollecitazioni

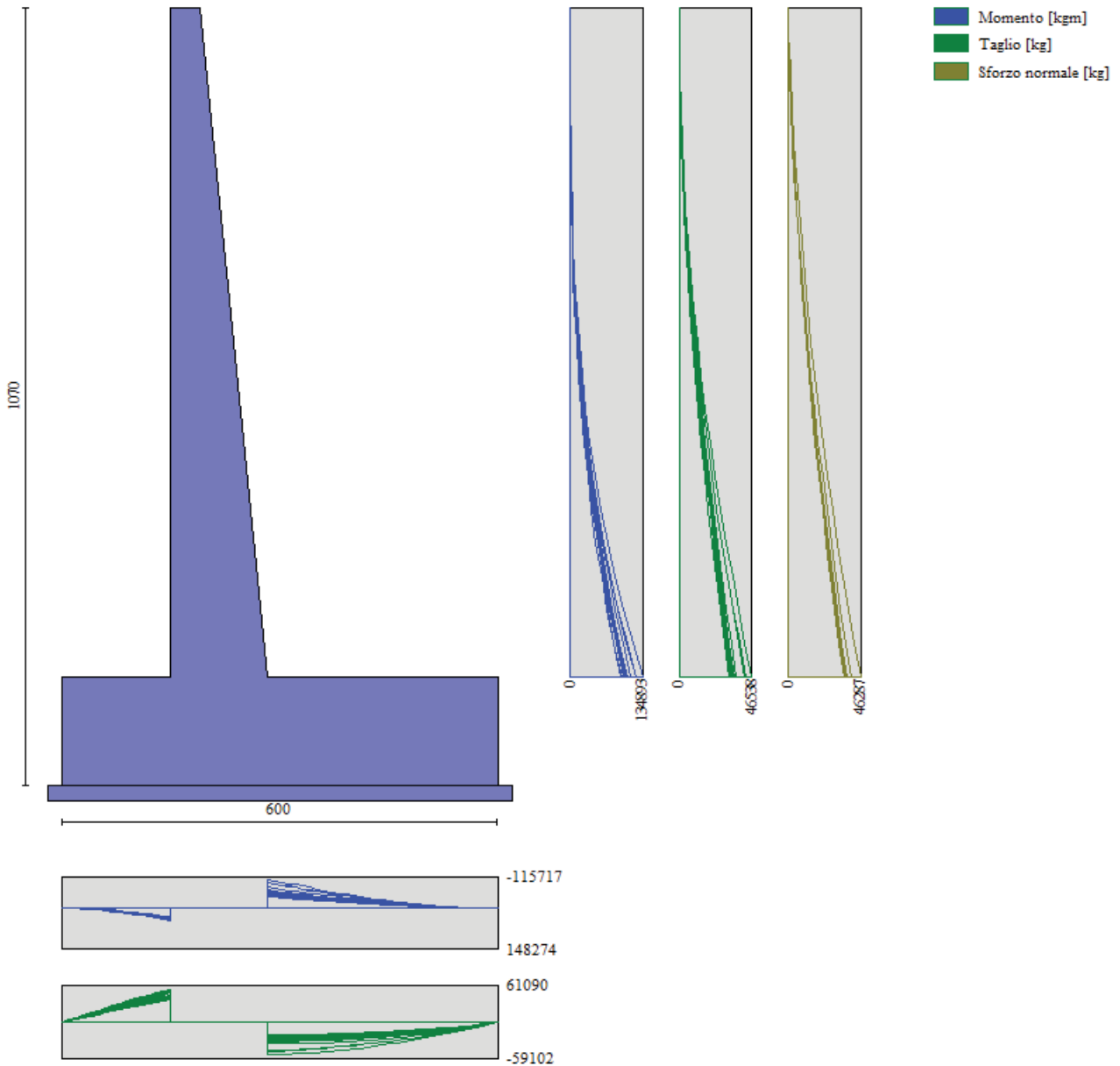


Figura 84 – Inviluppo delle sollecitazioni

### 14.8.2 Armature

Il muro sarà armato come segue:

- Fondazione:
  - spessore 150 cm
  - armatura superiore  $\Phi 26/10\text{cm}$
  - armatura inferiore  $\Phi 26/10\text{cm}$
  - armatura a taglio non necessaria
  - armatura longitudinale  $\Phi 16/20\text{cm}$
- Paramento:
  - spessore in testa 40 cm
  - armatura esterna (base)  $\Phi 26/20\text{cm}$
  - armatura interna (base)  $\Phi 26/10\text{cm}$
  - armatura esterna (testa)  $\Phi 20/20\text{cm}$
  - armatura interna (testa)  $\Phi 26/20\text{cm}$
  - armatura a taglio non necessaria
  - armatura longitudinale  $\Phi 16/20\text{cm}$

### 14.8.3 Verifiche a flessione

#### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mu	momento ultimi espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

**Paramento****Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3**

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0	0	1000.000
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	9	526	0	0	1000.000
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	86	1197	35788	500310	418.093
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	317	2030	62269	398685	196.412
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	803	3026	85174	321100	106.120
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1641	4184	99496	253696	60.628
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	2931	5506	104267	195856	35.574
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	4771	6989	106820	156489	22.389
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	7260	8636	109610	130387	15.099
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	10495	10445	112258	111715	10.696
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	14577	12415	196194	167095	13.459
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	19604	14536	207102	153562	10.564
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	25661	16797	218175	142809	8.502
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	32828	19196	228868	133829	6.972
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	41181	21732	239416	126344	5.814
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	50797	24404	266749	128154	5.251
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	61737	27260	275850	121801	4.468
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	74133	30325	285323	116716	3.849
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	88126	33531	294898	112206	3.346
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	103797	36876	300454	106744	2.895
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	121222	40359	310214	103282	2.559

**Combinazione n° 2 - STR A1-M1-R3**

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0	0	1000.000
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	27	576	23317	506350	879.368
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	167	1275	50878	387508	303.943
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	491	2111	72439	311207	147.397
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	1076	3085	88775	254586	82.519
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1997	4196	95179	199964	47.653
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	3333	5445	99346	162293	29.808
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	5159	6830	102835	136144	19.933
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	7553	8353	106342	117606	14.079
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	10591	10013	110254	104236	10.410
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	14351	11810	195331	160745	13.611
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	18908	13734	206399	149916	10.916
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	24331	15778	217866	141281	8.954
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	30681	17941	228869	133833	7.460
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	38018	20221	239742	127517	6.306
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	46402	22619	267835	130557	5.772
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	55890	25132	277190	124642	4.960
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	66542	27761	286754	119630	4.309
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	78415	30504	296499	115342	3.781
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	91565	33363	302174	110102	3.300
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	106051	36336	312169	106959	2.944

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Combinazione n° 3 - STR A1-M1-R3

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0	0	1000.000
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	21	554	20023	527831	952.288
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	137	1232	46750	420918	341.691
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	416	2047	69176	340184	166.207
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	936	2999	88498	283470	94.520
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1774	4089	97545	224822	54.987
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	3006	5315	101994	180352	33.930
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	4709	6679	105470	149596	22.396
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	6960	8181	109040	128157	15.666
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	9836	9819	112386	112191	11.425
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	13414	11594	196577	169910	14.654
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	17770	13497	207946	157941	11.702
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	22972	15520	219249	148122	9.544
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	29081	17661	230510	139988	7.926
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	36158	19920	241242	132903	6.672
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	44262	22296	270385	136198	6.109
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	53451	24787	279545	129635	5.230
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	63784	27394	288950	124101	4.530
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	75318	30117	298562	119384	3.964
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	88110	32954	304022	113707	3.450
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	102218	35906	313931	110273	3.071

## Combinazione n° 4 - STR A1-M1-R3

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0	0	1000.000
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	11	672	9149	560326	833.805
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	92	1504	32178	523768	348.173
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	333	2515	57616	435270	173.061
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	832	3705	80829	359966	97.168
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1688	5072	100880	303099	59.754
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	3001	6619	109167	240759	36.375
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	4869	8344	113105	193800	23.228
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	7392	10247	116123	160966	15.709
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	10668	12328	119254	137813	11.179
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	14796	14587	200327	197496	13.539
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	19876	17012	212275	181688	10.680
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	25994	19593	223334	168340	8.592
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	33228	22328	234681	157697	7.063
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	41658	25216	245635	148688	5.897
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	51358	28256	277405	152625	5.401
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	62390	31495	286651	144704	4.594
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	74888	34960	295826	138101	3.950
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	88993	38582	305154	132295	3.429
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	104784	42358	309038	124925	2.949
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	122340	46287	319590	120917	2.612

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Combinazione n° 5 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0	0	1000.000
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	9	526	0	0	1000.000
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	86	1197	35788	500310	418.093
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	317	2030	62269	398685	196.412
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	803	3026	85174	321100	106.120
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1641	4184	99496	253696	60.628
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	2931	5506	104267	195856	35.574
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	4771	6989	106820	156489	22.389
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	7260	8636	109610	130387	15.099
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	10495	10445	112258	111715	10.696
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	14577	12415	196194	167095	13.459
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	19604	14536	207102	153562	10.564
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	25661	16797	218175	142809	8.502
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	32828	19196	228868	133829	6.972
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	41181	21732	239416	126344	5.814
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	50797	24404	266749	128154	5.251
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	61737	27260	275850	121801	4.468
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	74133	30325	285323	116716	3.849
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	88126	33531	294898	112206	3.346
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	103797	36876	300454	106744	2.895
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	121222	40359	310214	103282	2.559

## Combinazione n° 6 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0	0	1000.000
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	11	672	9149	560326	833.805
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	92	1504	32178	523768	348.173
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	333	2515	57616	435270	173.061
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	832	3705	80829	359966	97.168
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1688	5072	100880	303099	59.754
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	3001	6619	109167	240759	36.375
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	4869	8344	113105	193800	23.228
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	7392	10247	116123	160966	15.709
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	10668	12328	119254	137813	11.179
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	14796	14587	200327	197496	13.539
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	19876	17012	212275	181688	10.680
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	25994	19593	223334	168340	8.592
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	33228	22328	234681	157697	7.063
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	41658	25216	245635	148688	5.897
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	51358	28256	277405	152625	5.401
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	62390	31495	286651	144704	4.594
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	74888	34960	295826	138101	3.950
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	88993	38582	305154	132295	3.429
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	104784	42358	309038	124925	2.949
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	122340	46287	319590	120917	2.612

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



**Fondazione****Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3**

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	188	0	0	0	1000.000
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	749	0	295379	0	394.214
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1676	0	295379	0	176.192
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2964	0	295379	0	99.669
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	4604	0	295379	0	64.151
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	6593	0	295379	0	44.804
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	8922	0	295379	0	33.107
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	11586	0	295379	0	25.494
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	14579	0	295379	0	20.261
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	17894	0	295379	0	16.507
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	21525	0	295379	0	13.723
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	25465	0	295379	0	11.599
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	29709	0	295379	0	9.942
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	34250	0	295379	0	8.624
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	39082	0	295379	0	7.558
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-94605	0	-295379	0	3.122
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-89914	0	-295379	0	3.285
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-85265	0	-295379	0	3.464
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-80664	0	-295379	0	3.662
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-76118	0	-295379	0	3.881
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-71635	0	-295379	0	4.123
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-67222	0	-295379	0	4.394
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-62885	0	-295379	0	4.697
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-58632	0	-295379	0	5.038
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-54470	0	-295379	0	5.423
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-50405	0	-295379	0	5.860
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-46445	0	-295379	0	6.360
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-42597	0	-295379	0	6.934
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-38869	0	-295379	0	7.599
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-35266	0	-295379	0	8.376
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-31796	0	-295379	0	9.290
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-28466	0	-295379	0	10.377
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-25283	0	-295379	0	11.683
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-22255	0	-295379	0	13.272
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-19388	0	-295379	0	15.235
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-16689	0	-295379	0	17.699
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-14166	0	-295379	0	20.851
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-11825	0	-295379	0	24.979
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-9673	0	-295379	0	30.535
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-7718	0	-295379	0	38.270
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-5967	0	-295379	0	49.502
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-4426	0	-295379	0	66.734
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-3103	0	-295379	0	95.187
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-2005	0	-295379	0	147.334
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-1138	0	-295379	0	259.493
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-511	0	-295379	0	578.482
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-129	0	0	0	1000.000
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

152

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Combinazione n° 2 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	169	0	0	0	1000.000
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	674	0	295379	0	438.424
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1508	0	295379	0	195.874
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2667	0	295379	0	110.759
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	4145	0	295379	0	71.260
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	5937	0	295379	0	49.749
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	8038	0	295379	0	36.746
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	10443	0	295379	0	28.285
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	13146	0	295379	0	22.469
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	16142	0	295379	0	18.299
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	19426	0	295379	0	15.205
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	22992	0	295379	0	12.847
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	26836	0	295379	0	11.007
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	30951	0	295379	0	9.543
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	35334	0	295379	0	8.360
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-58556	0	-295379	0	5.044
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-55888	0	-295379	0	5.285
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-53217	0	-295379	0	5.550
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-50547	0	-295379	0	5.844
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-47884	0	-295379	0	6.169
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-45234	0	-295379	0	6.530
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-42603	0	-295379	0	6.933
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-39998	0	-295379	0	7.385
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-37422	0	-295379	0	7.893
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-34884	0	-295379	0	8.468
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-32387	0	-295379	0	9.120
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-29939	0	-295379	0	9.866
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-27545	0	-295379	0	10.724
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-25211	0	-295379	0	11.716
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-22942	0	-295379	0	12.875
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-20745	0	-295379	0	14.239
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-18625	0	-295379	0	15.859
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-16589	0	-295379	0	17.806
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-14642	0	-295379	0	20.174
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-12789	0	-295379	0	23.096
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-11037	0	-295379	0	26.762
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-9392	0	-295379	0	31.449
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-7860	0	-295379	0	37.582
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-6445	0	-295379	0	45.830
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-5155	0	-295379	0	57.303
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-3994	0	-295379	0	73.951
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-2970	0	-295379	0	99.469
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-2087	0	-295379	0	141.564
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-1351	0	-295379	0	218.645
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-769	0	-295379	0	384.272
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-346	0	-295379	0	854.871
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-87	0	0	0	1000.000
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Combinazione n° 3 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	162	0	0	0	1000.000
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	646	0	295379	0	457.418
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1445	0	295379	0	204.349
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2556	0	295379	0	115.544
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	3974	0	295379	0	74.335
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	5692	0	295379	0	51.893
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	7707	0	295379	0	38.327
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	10013	0	295379	0	29.500
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	12605	0	295379	0	23.433
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	15479	0	295379	0	19.083
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	18629	0	295379	0	15.856
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	22050	0	295379	0	13.396
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	25738	0	295379	0	11.476
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	29687	0	295379	0	9.950
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	33893	0	295379	0	8.715
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-58924	0	-295379	0	5.013
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-56191	0	-295379	0	5.257
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-53460	0	-295379	0	5.525
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-50737	0	-295379	0	5.822
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-48026	0	-295379	0	6.150
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-45334	0	-295379	0	6.516
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-42666	0	-295379	0	6.923
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-40028	0	-295379	0	7.379
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-37424	0	-295379	0	7.893
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-34862	0	-295379	0	8.473
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-32346	0	-295379	0	9.132
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-29882	0	-295379	0	9.885
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-27475	0	-295379	0	10.751
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-25132	0	-295379	0	11.753
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-22857	0	-295379	0	12.923
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-20656	0	-295379	0	14.300
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-18535	0	-295379	0	15.936
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-16500	0	-295379	0	17.902
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-14555	0	-295379	0	20.294
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-12707	0	-295379	0	23.245
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-10961	0	-295379	0	26.948
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-9323	0	-295379	0	31.684
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-7798	0	-295379	0	37.881
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-6391	0	-295379	0	46.216
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-5109	0	-295379	0	57.812
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-3957	0	-295379	0	74.641
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-2941	0	-295379	0	100.440
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-2065	0	-295379	0	143.008
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-1337	0	-295379	0	220.966
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-760	0	-295379	0	388.509
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-342	0	-295379	0	864.640
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-86	0	0	0	1000.000
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Combinazione n° 4 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	195	0	0	0	1000.000
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	776	0	295379	0	380.577
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1738	0	295379	0	169.907
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	3077	0	295379	0	96.005
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	4786	0	295379	0	61.723
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	6860	0	295379	0	43.059
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	9294	0	295379	0	31.780
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	12084	0	295379	0	24.444
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	15223	0	295379	0	19.403
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	18707	0	295379	0	15.790
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	22530	0	295379	0	13.110
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	26688	0	295379	0	11.068
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	31174	0	295379	0	9.475
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	35984	0	295379	0	8.209
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	41112	0	295379	0	7.185
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-61554	0	-295379	0	4.799
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-58729	0	-295379	0	5.030
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-55902	0	-295379	0	5.284
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-53079	0	-295379	0	5.565
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-50267	0	-295379	0	5.876
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-47470	0	-295379	0	6.222
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-44696	0	-295379	0	6.609
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-41949	0	-295379	0	7.041
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-39237	0	-295379	0	7.528
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-36565	0	-295379	0	8.078
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-33939	0	-295379	0	8.703
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-31365	0	-295379	0	9.417
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-28850	0	-295379	0	10.239
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-26398	0	-295379	0	11.189
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-24017	0	-295379	0	12.299
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-21712	0	-295379	0	13.604
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-19489	0	-295379	0	15.156
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-17354	0	-295379	0	17.021
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-15314	0	-295379	0	19.289
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-13373	0	-295379	0	22.087
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-11539	0	-295379	0	25.598
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-9817	0	-295379	0	30.088
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-8214	0	-295379	0	35.962
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-6734	0	-295379	0	43.863
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-5385	0	-295379	0	54.854
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-4172	0	-295379	0	70.804
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-3101	0	-295379	0	95.251
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-2179	0	-295379	0	135.586
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-1410	0	-295379	0	209.447
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-802	0	-295379	0	368.169
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-361	0	-295379	0	819.181
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-91	0	0	0	1000.000
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000

## RTI di progettazione:



## Mandatara

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Combinazione n° 5 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	185	0	0	0	1000.000
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	736	0	295379	0	401.067
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1650	0	295379	0	179.043
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2920	0	295379	0	101.161
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	4542	0	295379	0	65.033
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	6511	0	295379	0	45.365
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	8823	0	295379	0	33.480
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	11471	0	295379	0	25.749
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	14452	0	295379	0	20.438
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	17761	0	295379	0	16.631
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	21392	0	295379	0	13.808
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	25342	0	295379	0	11.656
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	29604	0	295379	0	9.978
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	34174	0	295379	0	8.643
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	39047	0	295379	0	7.565
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-63226	0	-295379	0	4.672
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-60245	0	-295379	0	4.903
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-57272	0	-295379	0	5.157
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-54313	0	-295379	0	5.438
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-51373	0	-295379	0	5.750
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-48459	0	-295379	0	6.095
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-45575	0	-295379	0	6.481
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-42728	0	-295379	0	6.913
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-39922	0	-295379	0	7.399
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-37165	0	-295379	0	7.948
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-34461	0	-295379	0	8.571
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-31817	0	-295379	0	9.284
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-29237	0	-295379	0	10.103
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-26728	0	-295379	0	11.051
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-24295	0	-295379	0	12.158
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-21944	0	-295379	0	13.461
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-19680	0	-295379	0	15.009
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-17510	0	-295379	0	16.870
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-15438	0	-295379	0	19.133
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-13471	0	-295379	0	21.927
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-11615	0	-295379	0	25.432
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-9874	0	-295379	0	29.915
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-8255	0	-295379	0	35.782
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-6763	0	-295379	0	43.675
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-5404	0	-295379	0	54.658
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-4184	0	-295379	0	70.599
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-3108	0	-295379	0	95.040
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-2182	0	-295379	0	135.375
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-1412	0	-295379	0	209.256
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-803	0	-295379	0	368.066
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-360	0	-295379	0	819.458
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-91	0	0	0	1000.000
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Combinazione n° 6 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	198	0	0	0	1000.000
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	789	0	295379	0	374.401
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1765	0	295379	0	167.337
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	3120	0	295379	0	94.660
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	4848	0	295379	0	60.928
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	6941	0	295379	0	42.553
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	9394	0	295379	0	31.444
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	12199	0	295379	0	24.214
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	15350	0	295379	0	19.243
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	18840	0	295379	0	15.678
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	22663	0	295379	0	13.034
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	26811	0	295379	0	11.017
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	31279	0	295379	0	9.443
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	36060	0	295379	0	8.191
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	41147	0	295379	0	7.179
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-92932	0	-295379	0	3.178
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-88398	0	-295379	0	3.341
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-83894	0	-295379	0	3.521
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-79430	0	-295379	0	3.719
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-75012	0	-295379	0	3.938
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-70647	0	-295379	0	4.181
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-66343	0	-295379	0	4.452
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-62107	0	-295379	0	4.756
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-57947	0	-295379	0	5.097
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-53870	0	-295379	0	5.483
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-49883	0	-295379	0	5.921
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-45994	0	-295379	0	6.422
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-42210	0	-295379	0	6.998
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-38539	0	-295379	0	7.664
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-34988	0	-295379	0	8.442
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-31564	0	-295379	0	9.358
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-28275	0	-295379	0	10.447
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-25128	0	-295379	0	11.755
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-22131	0	-295379	0	13.347
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-19290	0	-295379	0	15.312
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-16614	0	-295379	0	17.779
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-14109	0	-295379	0	20.935
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-11784	0	-295379	0	25.067
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-9644	0	-295379	0	30.627
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-7699	0	-295379	0	38.366
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-5955	0	-295379	0	49.603
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-4419	0	-295379	0	66.838
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-3100	0	-295379	0	95.291
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-2004	0	-295379	0	147.429
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-1138	0	-295379	0	259.544
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-511	0	-295379	0	578.344
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-129	0	0	0	1000.000
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0	0	1000.000

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

**14.8.4 Verifiche a taglio****Elementi calcolati a trave****Simbologia adottata**

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afw	area ferri a taglio espresso in [cmq]
VRcd	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]
VRsd	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]
VRd	resistenza di progetto a taglio (min(VRcd, VRsd)) espresso in [kg]
T	taglio agente espressa in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

**Paramento****Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3**

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	0.00	100	40	0.00	0	0	22019	0	100.000
2	-0.46	100	45	0.00	0	0	23360	82	283.262
3	-0.92	100	49	0.00	0	0	24663	355	69.394
4	-1.38	100	54	0.00	0	0	25940	857	30.283
5	-1.84	100	58	0.00	0	0	27197	1586	17.145
6	-2.30	100	63	0.00	0	0	28440	2544	11.179
7	-2.76	100	68	0.00	0	0	29674	3730	7.955
8	-3.22	100	72	0.00	0	0	30902	5144	6.007
9	-3.68	100	77	0.00	0	0	32127	6787	4.734
10	-4.14	100	81	0.00	0	0	33352	8657	3.853
11	-4.60	100	86	0.00	0	0	40371	10753	3.754
12	-5.06	100	91	0.00	0	0	41762	13052	3.200
13	-5.52	100	95	0.00	0	0	43152	15532	2.778
14	-5.98	100	100	0.00	0	0	44542	18190	2.449
15	-6.44	100	104	0.00	0	0	45934	21022	2.185
16	-6.90	100	109	0.00	0	0	52365	24029	2.179
17	-7.36	100	113	0.00	0	0	53882	27305	1.973
18	-7.82	100	118	0.00	0	0	55414	30909	1.793
19	-8.28	100	123	0.00	0	0	56950	34695	1.641
20	-8.74	100	127	0.00	0	0	55393	38660	1.433
21	-9.20	100	132	0.00	0	0	56880	42802	1.329

**Combinazione n° 2 - STR A1-M1-R3**

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	0.00	100	40	0.00	0	0	22019	0	100.000
2	-0.46	100	45	0.00	0	0	23367	199	117.217
3	-0.92	100	49	0.00	0	0	24674	547	45.134
4	-1.38	100	54	0.00	0	0	25951	1071	24.230
5	-1.84	100	58	0.00	0	0	27205	1773	15.347
6	-2.30	100	63	0.00	0	0	28442	2651	10.727

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

158

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afw	VRcd	VRsd	VRd	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
7	-2.76	100	68	0.00	0	0	29666	3707	8.003
8	-3.22	100	72	0.00	0	0	30880	4939	6.252
9	-3.68	100	77	0.00	0	0	32088	6349	5.054
10	-4.14	100	81	0.00	0	0	33292	7935	4.195
11	-4.60	100	86	0.00	0	0	40285	9697	4.154
12	-5.06	100	91	0.00	0	0	41649	11616	3.586
13	-5.52	100	95	0.00	0	0	43008	13676	3.145
14	-5.98	100	100	0.00	0	0	44364	15874	2.795
15	-6.44	100	104	0.00	0	0	45718	18208	2.511
16	-6.90	100	109	0.00	0	0	52109	20676	2.520
17	-7.36	100	113	0.00	0	0	53577	23277	2.302
18	-7.82	100	118	0.00	0	0	55045	26011	2.116
19	-8.28	100	123	0.00	0	0	56514	28875	1.957
20	-8.74	100	127	0.00	0	0	54887	31869	1.722
21	-9.20	100	132	0.00	0	0	56299	34994	1.609

## Combinazione n° 3 - STR A1-M1-R3

n°	Y	B	H	Afw	VRcd	VRsd	VRd	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	0.00	100	40	0.00	0	0	22019	0	100.000
2	-0.46	100	45	0.00	0	0	23364	155	151.124
3	-0.92	100	49	0.00	0	0	24668	457	53.955
4	-1.38	100	54	0.00	0	0	25942	937	27.692
5	-1.84	100	58	0.00	0	0	27193	1594	17.063
6	-2.30	100	63	0.00	0	0	28427	2428	11.710
7	-2.76	100	68	0.00	0	0	29648	3438	8.622
8	-3.22	100	72	0.00	0	0	30859	4626	6.670
9	-3.68	100	77	0.00	0	0	32064	5991	5.352
10	-4.14	100	81	0.00	0	0	33264	7533	4.416
11	-4.60	100	86	0.00	0	0	40255	9250	4.352
12	-5.06	100	91	0.00	0	0	41615	11123	3.741
13	-5.52	100	95	0.00	0	0	42971	13139	3.271
14	-5.98	100	100	0.00	0	0	44324	15292	2.898
15	-6.44	100	104	0.00	0	0	45675	17581	2.598
16	-6.90	100	109	0.00	0	0	52063	20005	2.602
17	-7.36	100	113	0.00	0	0	53528	22562	2.373
18	-7.82	100	118	0.00	0	0	54993	25250	2.178
19	-8.28	100	123	0.00	0	0	56458	28070	2.011
20	-8.74	100	127	0.00	0	0	54828	31019	1.768
21	-9.20	100	132	0.00	0	0	56237	34099	1.649

## Combinazione n° 4 - STR A1-M1-R3

n°	Y	B	H	Afw	VRcd	VRsd	VRd	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	0.00	100	40	0.00	0	0	22019	0	100.000
2	-0.46	100	45	0.00	0	0	23380	82	283.497
3	-0.92	100	49	0.00	0	0	24705	355	69.511
4	-1.38	100	54	0.00	0	0	26006	857	30.361
5	-1.84	100	58	0.00	0	0	27290	1586	17.204
6	-2.30	100	63	0.00	0	0	28563	2544	11.227
7	-2.76	100	68	0.00	0	0	29829	3730	7.997

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

159

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
8	-3.22	100	72	0.00	0	0	31091	5144	6.044
9	-3.68	100	77	0.00	0	0	32353	6787	4.767
10	-4.14	100	81	0.00	0	0	33618	8657	3.883
11	-4.60	100	86	0.00	0	0	40678	10753	3.783
12	-5.06	100	91	0.00	0	0	42113	13052	3.227
13	-5.52	100	95	0.00	0	0	43550	15532	2.804
14	-5.98	100	100	0.00	0	0	44989	18190	2.473
15	-6.44	100	104	0.00	0	0	46431	21022	2.209
16	-6.90	100	109	0.00	0	0	52916	24029	2.202
17	-7.36	100	113	0.00	0	0	54490	27305	1.996
18	-7.82	100	118	0.00	0	0	56080	30909	1.814
19	-8.28	100	123	0.00	0	0	57676	34695	1.662
20	-8.74	100	127	0.00	0	0	56183	38660	1.453
21	-9.20	100	132	0.00	0	0	57735	42802	1.349

## Combinazione n° 5 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	0.00	100	40	0.00	0	0	22019	0	100.000
2	-0.46	100	45	0.00	0	0	23360	82	283.262
3	-0.92	100	49	0.00	0	0	24663	355	69.394
4	-1.38	100	54	0.00	0	0	25940	857	30.283
5	-1.84	100	58	0.00	0	0	27197	1586	17.145
6	-2.30	100	63	0.00	0	0	28440	2544	11.179
7	-2.76	100	68	0.00	0	0	29674	3730	7.955
8	-3.22	100	72	0.00	0	0	30902	5144	6.007
9	-3.68	100	77	0.00	0	0	32127	6787	4.734
10	-4.14	100	81	0.00	0	0	33352	8657	3.853
11	-4.60	100	86	0.00	0	0	40371	10753	3.754
12	-5.06	100	91	0.00	0	0	41762	13052	3.200
13	-5.52	100	95	0.00	0	0	43152	15532	2.778
14	-5.98	100	100	0.00	0	0	44542	18190	2.449
15	-6.44	100	104	0.00	0	0	45934	21022	2.185
16	-6.90	100	109	0.00	0	0	52365	24029	2.179
17	-7.36	100	113	0.00	0	0	53882	27305	1.973
18	-7.82	100	118	0.00	0	0	55414	30909	1.793
19	-8.28	100	123	0.00	0	0	56950	34695	1.641
20	-8.74	100	127	0.00	0	0	55393	38660	1.433
21	-9.20	100	132	0.00	0	0	56880	42802	1.329

## Combinazione n° 6 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	0.00	100	40	0.00	0	0	22019	0	100.000
2	-0.46	100	45	0.00	0	0	23380	82	283.497
3	-0.92	100	49	0.00	0	0	24705	355	69.511
4	-1.38	100	54	0.00	0	0	26006	857	30.361
5	-1.84	100	58	0.00	0	0	27290	1586	17.204
6	-2.30	100	63	0.00	0	0	28563	2544	11.227
7	-2.76	100	68	0.00	0	0	29829	3730	7.997
8	-3.22	100	72	0.00	0	0	31091	5144	6.044

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

160

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afw	VRcd	VRsd	VRd	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
9	-3.68	100	77	0.00	0	0	32353	6787	4.767
10	-4.14	100	81	0.00	0	0	33618	8657	3.883
11	-4.60	100	86	0.00	0	0	40678	10753	3.783
12	-5.06	100	91	0.00	0	0	42113	13052	3.227
13	-5.52	100	95	0.00	0	0	43550	15532	2.804
14	-5.98	100	100	0.00	0	0	44989	18190	2.473
15	-6.44	100	104	0.00	0	0	46431	21022	2.209
16	-6.90	100	109	0.00	0	0	52916	24029	2.202
17	-7.36	100	113	0.00	0	0	54490	27305	1.996
18	-7.82	100	118	0.00	0	0	56080	30909	1.814
19	-8.28	100	123	0.00	0	0	57676	34695	1.662
20	-8.74	100	127	0.00	0	0	56183	38660	1.453
21	-9.20	100	132	0.00	0	0	57735	42802	1.349

## Fondazione

### Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3

n°	Y	B	H	Afw	VRcd	VRsd	VRd	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1	-1.90	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000
2	-1.80	100	150	0.00	0	0	60310	3757	16.053
3	-1.70	100	150	0.00	0	0	60310	7451	8.094
4	-1.60	100	150	0.00	0	0	60310	11082	5.442
5	-1.50	100	150	0.00	0	0	60310	14650	4.117
6	-1.40	100	150	0.00	0	0	60310	18156	3.322
7	-1.30	100	150	0.00	0	0	60310	21598	2.792
8	-1.20	100	150	0.00	0	0	60310	24978	2.415
9	-1.10	100	150	0.00	0	0	60310	28295	2.131
10	-1.00	100	150	0.00	0	0	60310	31549	1.912
11	-0.90	100	150	0.00	0	0	60310	34740	1.736
12	-0.80	100	150	0.00	0	0	60310	37868	1.593
13	-0.70	100	150	0.00	0	0	60310	40933	1.473
14	-0.60	100	150	0.00	0	0	60310	43936	1.373
15	-0.50	100	150	0.00	0	0	60310	46875	1.287
16	-0.40	100	150	0.00	0	0	60310	49752	1.212
17	0.92	100	150	0.00	0	0	60310	-47387	1.273
18	1.02	100	150	0.00	0	0	60310	-47006	1.283
19	1.12	100	150	0.00	0	0	60310	-46554	1.295
20	1.22	100	150	0.00	0	0	60310	-46032	1.310
21	1.32	100	150	0.00	0	0	60310	-45438	1.327
22	1.42	100	150	0.00	0	0	60310	-44773	1.347
23	1.51	100	150	0.00	0	0	60310	-44038	1.370
24	1.61	100	150	0.00	0	0	60310	-43231	1.395
25	1.71	100	150	0.00	0	0	60310	-42354	1.424
26	1.81	100	150	0.00	0	0	60310	-41405	1.457
27	1.91	100	150	0.00	0	0	60310	-40386	1.493
28	2.01	100	150	0.00	0	0	60310	-39295	1.535
29	2.11	100	150	0.00	0	0	60310	-38134	1.582
30	2.21	100	150	0.00	0	0	60310	-36901	1.634
31	2.31	100	150	0.00	0	0	60310	-35598	1.694
32	2.41	100	150	0.00	0	0	60310	-34223	1.762

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
33	2.51	100	150	0.00	0	0	60310	-32778	1.840
34	2.61	100	150	0.00	0	0	60310	-31262	1.929
35	2.71	100	150	0.00	0	0	60310	-29675	2.032
36	2.81	100	150	0.00	0	0	60310	-28016	2.153
37	2.91	100	150	0.00	0	0	60310	-26287	2.294
38	3.01	100	150	0.00	0	0	60310	-24487	2.463
39	3.10	100	150	0.00	0	0	60310	-22616	2.667
40	3.20	100	150	0.00	0	0	60310	-20673	2.917
41	3.30	100	150	0.00	0	0	60310	-18660	3.232
42	3.40	100	150	0.00	0	0	60310	-16576	3.638
43	3.50	100	150	0.00	0	0	60310	-14421	4.182
44	3.60	100	150	0.00	0	0	60310	-12195	4.945
45	3.70	100	150	0.00	0	0	60310	-9898	6.093
46	3.80	100	150	0.00	0	0	60310	-7530	8.009
47	3.90	100	150	0.00	0	0	60310	-5091	11.847
48	4.00	100	150	0.00	0	0	60310	-2581	23.367
49	4.10	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000

## Combinazione n° 2 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	-1.90	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000
2	-1.80	100	150	0.00	0	0	60310	3377	17.857
3	-1.70	100	150	0.00	0	0	60310	6702	8.999
4	-1.60	100	150	0.00	0	0	60310	9974	6.046
5	-1.50	100	150	0.00	0	0	60310	13194	4.571
6	-1.40	100	150	0.00	0	0	60310	16361	3.686
7	-1.30	100	150	0.00	0	0	60310	19476	3.097
8	-1.20	100	150	0.00	0	0	60310	22538	2.676
9	-1.10	100	150	0.00	0	0	60310	25547	2.361
10	-1.00	100	150	0.00	0	0	60310	28504	2.116
11	-0.90	100	150	0.00	0	0	60310	31408	1.920
12	-0.80	100	150	0.00	0	0	60310	34259	1.760
13	-0.70	100	150	0.00	0	0	60310	37058	1.627
14	-0.60	100	150	0.00	0	0	60310	39805	1.515
15	-0.50	100	150	0.00	0	0	60310	42498	1.419
16	-0.40	100	150	0.00	0	0	60310	45140	1.336
17	0.92	100	150	0.00	0	0	60310	-26799	2.250
18	1.02	100	150	0.00	0	0	60310	-26872	2.244
19	1.12	100	150	0.00	0	0	60310	-26887	2.243
20	1.22	100	150	0.00	0	0	60310	-26842	2.247
21	1.32	100	150	0.00	0	0	60310	-26739	2.255
22	1.42	100	150	0.00	0	0	60310	-26578	2.269
23	1.51	100	150	0.00	0	0	60310	-26357	2.288
24	1.61	100	150	0.00	0	0	60310	-26078	2.313
25	1.71	100	150	0.00	0	0	60310	-25740	2.343
26	1.81	100	150	0.00	0	0	60310	-25343	2.380
27	1.91	100	150	0.00	0	0	60310	-24888	2.423
28	2.01	100	150	0.00	0	0	60310	-24374	2.474
29	2.11	100	150	0.00	0	0	60310	-23801	2.534
30	2.21	100	150	0.00	0	0	60310	-23169	2.603
31	2.31	100	150	0.00	0	0	60310	-22478	2.683
32	2.41	100	150	0.00	0	0	60310	-21729	2.776

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

162

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
33	2.51	100	150	0.00	0	0	60310	-20921	2.883
34	2.61	100	150	0.00	0	0	60310	-20054	3.007
35	2.71	100	150	0.00	0	0	60310	-19129	3.153
36	2.81	100	150	0.00	0	0	60310	-18144	3.324
37	2.91	100	150	0.00	0	0	60310	-17101	3.527
38	3.01	100	150	0.00	0	0	60310	-15999	3.770
39	3.10	100	150	0.00	0	0	60310	-14838	4.064
40	3.20	100	150	0.00	0	0	60310	-13619	4.428
41	3.30	100	150	0.00	0	0	60310	-12341	4.887
42	3.40	100	150	0.00	0	0	60310	-11004	5.481
43	3.50	100	150	0.00	0	0	60310	-9608	6.277
44	3.60	100	150	0.00	0	0	60310	-8154	7.397
45	3.70	100	150	0.00	0	0	60310	-6641	9.082
46	3.80	100	150	0.00	0	0	60310	-5069	11.899
47	3.90	100	150	0.00	0	0	60310	-3438	17.543
48	4.00	100	150	0.00	0	0	60310	-1748	34.497
49	4.10	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000

## Combinazione n° 3 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	-1.90	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000
2	-1.80	100	150	0.00	0	0	60310	3237	18.631
3	-1.70	100	150	0.00	0	0	60310	6424	9.388
4	-1.60	100	150	0.00	0	0	60310	9562	6.308
5	-1.50	100	150	0.00	0	0	60310	12649	4.768
6	-1.40	100	150	0.00	0	0	60310	15687	3.845
7	-1.30	100	150	0.00	0	0	60310	18674	3.230
8	-1.20	100	150	0.00	0	0	60310	21612	2.791
9	-1.10	100	150	0.00	0	0	60310	24500	2.462
10	-1.00	100	150	0.00	0	0	60310	27339	2.206
11	-0.90	100	150	0.00	0	0	60310	30127	2.002
12	-0.80	100	150	0.00	0	0	60310	32865	1.835
13	-0.70	100	150	0.00	0	0	60310	35554	1.696
14	-0.60	100	150	0.00	0	0	60310	38193	1.579
15	-0.50	100	150	0.00	0	0	60310	40781	1.479
16	-0.40	100	150	0.00	0	0	60310	43320	1.392
17	0.92	100	150	0.00	0	0	60310	-27489	2.194
18	1.02	100	150	0.00	0	0	60310	-27499	2.193
19	1.12	100	150	0.00	0	0	60310	-27453	2.197
20	1.22	100	150	0.00	0	0	60310	-27351	2.205
21	1.32	100	150	0.00	0	0	60310	-27193	2.218
22	1.42	100	150	0.00	0	0	60310	-26979	2.235
23	1.51	100	150	0.00	0	0	60310	-26709	2.258
24	1.61	100	150	0.00	0	0	60310	-26382	2.286
25	1.71	100	150	0.00	0	0	60310	-26000	2.320
26	1.81	100	150	0.00	0	0	60310	-25561	2.359
27	1.91	100	150	0.00	0	0	60310	-25067	2.406
28	2.01	100	150	0.00	0	0	60310	-24516	2.460
29	2.11	100	150	0.00	0	0	60310	-23910	2.522
30	2.21	100	150	0.00	0	0	60310	-23247	2.594
31	2.31	100	150	0.00	0	0	60310	-22528	2.677
32	2.41	100	150	0.00	0	0	60310	-21753	2.772

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

163

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
33	2.51	100	150	0.00	0	0	60310	-20922	2.883
34	2.61	100	150	0.00	0	0	60310	-20035	3.010
35	2.71	100	150	0.00	0	0	60310	-19092	3.159
36	2.81	100	150	0.00	0	0	60310	-18093	3.333
37	2.91	100	150	0.00	0	0	60310	-17037	3.540
38	3.01	100	150	0.00	0	0	60310	-15926	3.787
39	3.10	100	150	0.00	0	0	60310	-14759	4.086
40	3.20	100	150	0.00	0	0	60310	-13535	4.456
41	3.30	100	150	0.00	0	0	60310	-12255	4.921
42	3.40	100	150	0.00	0	0	60310	-10920	5.523
43	3.50	100	150	0.00	0	0	60310	-9528	6.330
44	3.60	100	150	0.00	0	0	60310	-8080	7.464
45	3.70	100	150	0.00	0	0	60310	-6576	9.171
46	3.80	100	150	0.00	0	0	60310	-5016	12.023
47	3.90	100	150	0.00	0	0	60310	-3400	17.737
48	4.00	100	150	0.00	0	0	60310	-1728	34.898
49	4.10	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000

## Combinazione n° 4 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	-1.90	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000
2	-1.80	100	150	0.00	0	0	60310	3889	15.506
3	-1.70	100	150	0.00	0	0	60310	7727	7.806
4	-1.60	100	150	0.00	0	0	60310	11511	5.239
5	-1.50	100	150	0.00	0	0	60310	15244	3.956
6	-1.40	100	150	0.00	0	0	60310	18925	3.187
7	-1.30	100	150	0.00	0	0	60310	22553	2.674
8	-1.20	100	150	0.00	0	0	60310	26129	2.308
9	-1.10	100	150	0.00	0	0	60310	29653	2.034
10	-1.00	100	150	0.00	0	0	60310	33125	1.821
11	-0.90	100	150	0.00	0	0	60310	36544	1.650
12	-0.80	100	150	0.00	0	0	60310	39911	1.511
13	-0.70	100	150	0.00	0	0	60310	43227	1.395
14	-0.60	100	150	0.00	0	0	60310	46489	1.297
15	-0.50	100	150	0.00	0	0	60310	49700	1.213
16	-0.40	100	150	0.00	0	0	60310	52858	1.141
17	0.92	100	150	0.00	0	0	60310	-28397	2.124
18	1.02	100	150	0.00	0	0	60310	-28447	2.120
19	1.12	100	150	0.00	0	0	60310	-28436	2.121
20	1.22	100	150	0.00	0	0	60310	-28364	2.126
21	1.32	100	150	0.00	0	0	60310	-28232	2.136
22	1.42	100	150	0.00	0	0	60310	-28040	2.151
23	1.51	100	150	0.00	0	0	60310	-27787	2.170
24	1.61	100	150	0.00	0	0	60310	-27474	2.195
25	1.71	100	150	0.00	0	0	60310	-27101	2.225
26	1.81	100	150	0.00	0	0	60310	-26666	2.262
27	1.91	100	150	0.00	0	0	60310	-26172	2.304
28	2.01	100	150	0.00	0	0	60310	-25617	2.354
29	2.11	100	150	0.00	0	0	60310	-25002	2.412
30	2.21	100	150	0.00	0	0	60310	-24326	2.479
31	2.31	100	150	0.00	0	0	60310	-23589	2.557
32	2.41	100	150	0.00	0	0	60310	-22793	2.646

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

164

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Progetto Esecutivo

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
33	2.51	100	150	0.00	0	0	60310	-21936	2.749
34	2.61	100	150	0.00	0	0	60310	-21018	2.869
35	2.71	100	150	0.00	0	0	60310	-20040	3.010
36	2.81	100	150	0.00	0	0	60310	-19001	3.174
37	2.91	100	150	0.00	0	0	60310	-17902	3.369
38	3.01	100	150	0.00	0	0	60310	-16743	3.602
39	3.10	100	150	0.00	0	0	60310	-15523	3.885
40	3.20	100	150	0.00	0	0	60310	-14243	4.234
41	3.30	100	150	0.00	0	0	60310	-12902	4.674
42	3.40	100	150	0.00	0	0	60310	-11501	5.244
43	3.50	100	150	0.00	0	0	60310	-10039	6.007
44	3.60	100	150	0.00	0	0	60310	-8517	7.081
45	3.70	100	150	0.00	0	0	60310	-6935	8.697
46	3.80	100	150	0.00	0	0	60310	-5292	11.397
47	3.90	100	150	0.00	0	0	60310	-3588	16.808
48	4.00	100	150	0.00	0	0	60310	-1824	33.059
49	4.10	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000

## Combinazione n° 5 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	-1.90	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000
2	-1.80	100	150	0.00	0	0	60310	3691	16.342
3	-1.70	100	150	0.00	0	0	60310	7332	8.225
4	-1.60	100	150	0.00	0	0	60310	10925	5.520
5	-1.50	100	150	0.00	0	0	60310	14469	4.168
6	-1.40	100	150	0.00	0	0	60310	17965	3.357
7	-1.30	100	150	0.00	0	0	60310	21411	2.817
8	-1.20	100	150	0.00	0	0	60310	24809	2.431
9	-1.10	100	150	0.00	0	0	60310	28157	2.142
10	-1.00	100	150	0.00	0	0	60310	31457	1.917
11	-0.90	100	150	0.00	0	0	60310	34709	1.738
12	-0.80	100	150	0.00	0	0	60310	37911	1.591
13	-0.70	100	150	0.00	0	0	60310	41064	1.469
14	-0.60	100	150	0.00	0	0	60310	44169	1.365
15	-0.50	100	150	0.00	0	0	60310	47225	1.277
16	-0.40	100	150	0.00	0	0	60310	50232	1.201
17	0.92	100	150	0.00	0	0	60310	-30021	2.009
18	1.02	100	150	0.00	0	0	60310	-29967	2.013
19	1.12	100	150	0.00	0	0	60310	-29857	2.020
20	1.22	100	150	0.00	0	0	60310	-29690	2.031
21	1.32	100	150	0.00	0	0	60310	-29465	2.047
22	1.42	100	150	0.00	0	0	60310	-29184	2.067
23	1.51	100	150	0.00	0	0	60310	-28845	2.091
24	1.61	100	150	0.00	0	0	60310	-28449	2.120
25	1.71	100	150	0.00	0	0	60310	-27997	2.154
26	1.81	100	150	0.00	0	0	60310	-27487	2.194
27	1.91	100	150	0.00	0	0	60310	-26920	2.240
28	2.01	100	150	0.00	0	0	60310	-26296	2.294
29	2.11	100	150	0.00	0	0	60310	-25614	2.355
30	2.21	100	150	0.00	0	0	60310	-24876	2.424
31	2.31	100	150	0.00	0	0	60310	-24081	2.505
32	2.41	100	150	0.00	0	0	60310	-23228	2.596

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

165

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Progetto Esecutivo

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
33	2.51	100	150	0.00	0	0	60310	-22319	2.702
34	2.61	100	150	0.00	0	0	60310	-21352	2.825
35	2.71	100	150	0.00	0	0	60310	-20328	2.967
36	2.81	100	150	0.00	0	0	60310	-19247	3.133
37	2.91	100	150	0.00	0	0	60310	-18109	3.330
38	3.01	100	150	0.00	0	0	60310	-16914	3.566
39	3.10	100	150	0.00	0	0	60310	-15662	3.851
40	3.20	100	150	0.00	0	0	60310	-14353	4.202
41	3.30	100	150	0.00	0	0	60310	-12986	4.644
42	3.40	100	150	0.00	0	0	60310	-11563	5.216
43	3.50	100	150	0.00	0	0	60310	-10082	5.982
44	3.60	100	150	0.00	0	0	60310	-8545	7.058
45	3.70	100	150	0.00	0	0	60310	-6950	8.678
46	3.80	100	150	0.00	0	0	60310	-5298	11.383
47	3.90	100	150	0.00	0	0	60310	-3589	16.803
48	4.00	100	150	0.00	0	0	60310	-1823	33.080
49	4.10	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000

## Combinazione n° 6 - STR A1-M1-R3

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kg]	VRsd [kg]	VRd [kg]	T [kg]	FS
1	-1.90	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000
2	-1.80	100	150	0.00	0	0	60310	3956	15.246
3	-1.70	100	150	0.00	0	0	60310	7845	7.688
4	-1.60	100	150	0.00	0	0	60310	11668	5.169
5	-1.50	100	150	0.00	0	0	60310	15425	3.910
6	-1.40	100	150	0.00	0	0	60310	19116	3.155
7	-1.30	100	150	0.00	0	0	60310	22740	2.652
8	-1.20	100	150	0.00	0	0	60310	26299	2.293
9	-1.10	100	150	0.00	0	0	60310	29790	2.024
10	-1.00	100	150	0.00	0	0	60310	33216	1.816
11	-0.90	100	150	0.00	0	0	60310	36575	1.649
12	-0.80	100	150	0.00	0	0	60310	39868	1.513
13	-0.70	100	150	0.00	0	0	60310	43095	1.399
14	-0.60	100	150	0.00	0	0	60310	46256	1.304
15	-0.50	100	150	0.00	0	0	60310	49350	1.222
16	-0.40	100	150	0.00	0	0	60310	52378	1.151
17	0.92	100	150	0.00	0	0	60310	-45764	1.318
18	1.02	100	150	0.00	0	0	60310	-45485	1.326
19	1.12	100	150	0.00	0	0	60310	-45133	1.336
20	1.22	100	150	0.00	0	0	60310	-44706	1.349
21	1.32	100	150	0.00	0	0	60310	-44205	1.364
22	1.42	100	150	0.00	0	0	60310	-43630	1.382
23	1.51	100	150	0.00	0	0	60310	-42980	1.403
24	1.61	100	150	0.00	0	0	60310	-42256	1.427
25	1.71	100	150	0.00	0	0	60310	-41458	1.455
26	1.81	100	150	0.00	0	0	60310	-40585	1.486
27	1.91	100	150	0.00	0	0	60310	-39638	1.522
28	2.01	100	150	0.00	0	0	60310	-38617	1.562
29	2.11	100	150	0.00	0	0	60310	-37521	1.607
30	2.21	100	150	0.00	0	0	60310	-36351	1.659
31	2.31	100	150	0.00	0	0	60310	-35107	1.718
32	2.41	100	150	0.00	0	0	60310	-33788	1.785

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

166

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afw	VRcd	VRsd	VRd	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
33	2.51	100	150	0.00	0	0	60310	-32395	1.862
34	2.61	100	150	0.00	0	0	60310	-30928	1.950
35	2.71	100	150	0.00	0	0	60310	-29386	2.052
36	2.81	100	150	0.00	0	0	60310	-27770	2.172
37	2.91	100	150	0.00	0	0	60310	-26080	2.313
38	3.01	100	150	0.00	0	0	60310	-24315	2.480
39	3.10	100	150	0.00	0	0	60310	-22477	2.683
40	3.20	100	150	0.00	0	0	60310	-20563	2.933
41	3.30	100	150	0.00	0	0	60310	-18576	3.247
42	3.40	100	150	0.00	0	0	60310	-16514	3.652
43	3.50	100	150	0.00	0	0	60310	-14378	4.195
44	3.60	100	150	0.00	0	0	60310	-12167	4.957
45	3.70	100	150	0.00	0	0	60310	-9883	6.103
46	3.80	100	150	0.00	0	0	60310	-7523	8.016
47	3.90	100	150	0.00	0	0	60310	-5090	11.849
48	4.00	100	150	0.00	0	0	60310	-2582	23.357
49	4.10	100	150	0.00	0	0	60310	0	100.000

### 14.8.5 Verifica delle tensioni

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
σc	area ferri a taglio espresso in [kg/cmq]
σfi	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg/cmq]
σfs	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg/cmq]

#### Paramento

##### Combinazione n° 13 - SLER

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	8	517	0.13	1.22	1.85
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	71	1157	0.37	1.33	5.03
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	256	1935	0.80	1.02	10.64
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	640	2850	1.58	11.54	20.40
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1299	3902	2.75	35.40	34.69
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	2309	5091	4.29	74.28	53.26
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	3746	6418	6.17	128.97	76.02
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	5686	7882	8.37	200.11	102.88
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	8206	9483	10.89	288.17	133.75

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

167

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	ofi	ofs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	11382	11221	11.24	211.57	145.14
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	15289	13086	13.70	276.26	177.26
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	19995	15072	16.35	350.09	212.14
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	25560	17176	19.17	432.86	249.56
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	32044	19397	22.17	524.38	289.33
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	39506	21735	22.44	606.26	291.27
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	47993	24221	25.41	712.12	330.80
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	57602	26883	28.53	826.22	372.42
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	68443	29665	31.79	949.76	416.22
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	80578	32566	37.52	1097.85	494.87
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	94068	35585	41.24	1241.10	545.33

## Combinazione n° 14 - SLEF

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	ofi	ofs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	8	517	0.13	1.22	1.85
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	71	1157	0.37	1.33	5.03
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	256	1935	0.80	1.02	10.64
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	640	2850	1.58	11.54	20.40
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1299	3902	2.75	35.40	34.69
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	2309	5091	4.29	74.28	53.26
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	3746	6418	6.17	128.97	76.02
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	5686	7882	8.37	200.11	102.88
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	8206	9483	10.89	288.17	133.75
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	11382	11221	11.24	211.57	145.14
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	15289	13086	13.70	276.26	177.26
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	19995	15072	16.35	350.09	212.14
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	25560	17176	19.17	432.86	249.56
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	32044	19397	22.17	524.38	289.33
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	39506	21735	22.44	606.26	291.27
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	48000	24197	25.42	712.44	330.82
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	57587	26828	28.52	826.39	372.27
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	68380	29587	31.76	949.29	415.78
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	80447	32464	37.46	1096.43	494.01
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	93846	35457	41.14	1238.50	543.99

## Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	ofi	ofs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	8	517	0.13	1.22	1.85
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	71	1157	0.37	1.33	5.03
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	256	1935	0.80	1.02	10.64
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	640	2850	1.58	11.54	20.40
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1299	3902	2.75	35.40	34.69
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	2309	5091	4.29	74.28	53.26
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	3746	6418	6.17	128.97	76.02
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	5686	7882	8.37	200.11	102.88
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	8206	9483	10.89	288.17	133.75
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	11382	11221	11.24	211.57	145.14

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

## Progetto Esecutivo

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	15289	13086	13.70	276.26	177.26
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	19995	15072	16.35	350.09	212.14
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	25560	17176	19.17	432.86	249.56
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	32044	19397	22.17	524.38	289.33
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	39506	21735	22.44	606.26	291.27
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	48003	24190	25.42	712.55	330.82
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	57593	26760	28.51	827.03	372.22
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	68333	29445	31.73	949.57	415.35
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	80279	32244	37.37	1095.30	492.80
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	93488	35159	40.98	1235.03	541.73

## Combinazione n° 16 - SLEQ

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	20	554	0.17	1.01	2.30
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	132	1232	0.51	0.01	6.78
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	405	2046	1.17	7.43	15.01
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	916	2999	2.23	27.18	27.78
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1741	4088	3.67	61.56	44.96
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	2958	5315	5.46	111.61	66.48
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	4641	6679	7.60	178.11	92.25
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	6869	8180	10.06	261.63	122.20
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	9717	9819	12.84	362.62	156.19
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	13263	11594	12.98	257.06	166.73
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	17583	13496	15.62	328.86	201.42
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	22743	15519	18.46	409.99	238.84
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	28806	17660	21.48	500.23	278.77
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	35830	19919	24.65	599.38	321.01
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	43876	22294	24.80	687.55	321.06
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	53002	24786	27.94	801.64	362.82
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	63265	27393	31.20	924.03	406.39
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	74723	30115	34.57	1054.60	451.67
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	87433	32952	40.57	1209.51	534.15
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	101451	35904	44.34	1357.53	585.29

## Combinazione n° 17 - SLEQ

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	0.00	100	40	26.55	15.71	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-0.46	100	45	26.55	15.71	16	540	0.15	1.07	2.15
3	-0.92	100	49	26.55	15.71	113	1204	0.46	0.48	6.19
4	-1.38	100	54	26.55	15.71	357	2005	1.04	5.05	13.55
5	-1.84	100	58	26.55	15.71	827	2944	2.02	21.91	25.40
6	-2.30	100	63	26.55	15.71	1598	4019	3.37	53.04	41.66
7	-2.76	100	68	26.55	15.71	2748	5232	5.09	99.61	62.23
8	-3.22	100	72	26.55	15.71	4353	6582	7.14	162.42	87.04
9	-3.68	100	77	26.55	15.71	6490	8070	9.52	242.07	116.01
10	-4.14	100	81	26.55	15.71	9235	9695	12.22	339.04	149.02
11	-4.60	100	86	53.09	15.71	12664	11456	12.42	242.68	159.83
12	-5.06	100	91	53.09	15.71	16854	13345	15.01	312.30	193.72

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
13	-5.52	100	95	53.09	15.71	21873	15353	17.79	391.20	230.36
14	-5.98	100	100	53.09	15.71	27782	17481	20.75	479.16	269.53
15	-6.44	100	104	53.09	15.71	34640	19726	23.87	576.00	311.02
16	-6.90	100	109	53.09	42.25	42507	22088	24.06	662.32	311.69
17	-7.36	100	113	53.09	42.25	51441	24565	27.15	774.08	352.79
18	-7.82	100	118	53.09	42.25	61500	27159	30.36	894.13	395.72
19	-8.28	100	123	53.09	42.25	72741	29867	33.69	1022.34	440.37
20	-8.74	100	127	53.09	26.55	85222	32691	39.58	1174.54	521.32
21	-9.20	100	132	53.09	26.55	98999	35628	43.30	1320.15	571.83

## Fondazione

### Combinazione n° 13 - SLER

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	150	0	0.05	2.08	0.58
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	595	0	0.18	8.30	2.31
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1334	0	0.40	18.60	5.18
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2360	0	0.71	32.91	9.16
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	3671	0	1.11	51.19	14.25
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	5263	0	1.58	73.39	20.42
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	7131	0	2.15	99.43	27.67
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	9271	0	2.79	129.28	35.98
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	11680	0	3.52	162.86	45.33
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	14353	0	4.32	200.14	55.70
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	17286	0	5.21	241.04	67.09
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	20476	0	6.17	285.53	79.47
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	23919	0	7.20	333.53	92.83
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	27610	0	8.32	385.00	107.15
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	31545	0	9.50	439.87	122.42
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-47166	0	14.21	183.05	657.70
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-45001	0	13.55	174.64	627.50
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-42834	0	12.90	166.24	597.29
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-40670	0	12.25	157.84	567.12
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-38514	0	11.60	149.47	537.05
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-36371	0	10.95	141.15	507.17
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-34245	0	10.31	132.90	477.52
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-32140	0	9.68	124.73	448.17
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-30062	0	9.05	116.67	419.18
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-28014	0	8.44	108.72	390.63
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-26002	0	7.83	100.91	362.57
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-24029	0	7.24	93.26	335.07
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-22102	0	6.66	85.78	308.19
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-20224	0	6.09	78.49	282.00
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-18399	0	5.54	71.41	256.56
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-16633	0	5.01	64.55	231.93
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-14930	0	4.50	57.94	208.18
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-13294	0	4.00	51.59	185.38
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-11731	0	3.53	45.53	163.58
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-10244	0	3.09	39.76	142.85

#### RTI di progettazione:



#### Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-8839	0	2.66	34.30	123.26
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-7520	0	2.26	29.19	104.86
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-6292	0	1.89	24.42	87.73
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-5158	0	1.55	20.02	71.93
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-4125	0	1.24	16.01	57.52
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-3196	0	0.96	12.40	44.56
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-2375	0	0.72	9.22	33.12
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-1669	0	0.50	6.48	23.27
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-1080	0	0.33	4.19	15.06
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-615	0	0.19	2.38	8.57
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-276	0	0.08	1.07	3.85
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-70	0	0.02	0.27	0.97
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00

## Combinazione n° 14 - SLEF

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	147	0	0.04	2.05	0.57
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	585	0	0.18	8.16	2.27
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1311	0	0.39	18.28	5.09
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2320	0	0.70	32.35	9.00
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	3609	0	1.09	50.32	14.00
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	5173	0	1.56	72.14	20.08
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	7010	0	2.11	97.75	27.21
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	9115	0	2.75	127.10	35.37
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	11484	0	3.46	160.14	44.57
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	14114	0	4.25	196.81	54.78
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	17001	0	5.12	237.06	65.98
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	20140	0	6.07	280.84	78.16
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	23529	0	7.09	328.09	91.31
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	27162	0	8.18	378.76	105.41
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	31037	0	9.35	432.79	120.45
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-46010	0	13.86	178.56	641.57
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-43891	0	13.22	170.34	612.03
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-41772	0	12.58	162.12	582.48
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-39657	0	11.94	153.91	552.99
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-37550	0	11.31	145.73	523.61
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-35456	0	10.68	137.60	494.41
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-33380	0	10.05	129.54	465.45
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-31325	0	9.43	121.57	436.80
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-29296	0	8.82	113.69	408.50
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-27297	0	8.22	105.94	380.64
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-25334	0	7.63	98.32	353.26
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-23410	0	7.05	90.85	326.43
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-21530	0	6.48	83.56	300.22
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-19698	0	5.93	76.45	274.68
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-17919	0	5.40	69.54	249.87
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-16198	0	4.88	62.86	225.87
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-14538	0	4.38	56.42	202.72
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-12944	0	3.90	50.24	180.50
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-11421	0	3.44	44.32	159.26
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-9973	0	3.00	38.70	139.07

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

171

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-8604	0	2.59	33.39	119.98
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-7320	0	2.20	28.41	102.07
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-6124	0	1.84	23.77	85.39
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-5020	0	1.51	19.48	70.00
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-4014	0	1.21	15.58	55.97
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-3109	0	0.94	12.07	43.36
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-2311	0	0.70	8.97	32.23
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-1624	0	0.49	6.30	22.64
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-1051	0	0.32	4.08	14.65
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-598	0	0.18	2.32	8.34
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-269	0	0.08	1.04	3.75
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-68	0	0.02	0.26	0.95
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00

## Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	140	0	0.04	1.95	0.54
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	556	0	0.17	7.76	2.16
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1247	0	0.38	17.38	4.84
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2207	0	0.66	30.78	8.57
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	3434	0	1.03	47.89	13.33
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	4925	0	1.48	68.67	19.11
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	6675	0	2.01	93.08	25.91
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	8682	0	2.61	121.07	33.70
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	10942	0	3.30	152.58	42.47
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	13452	0	4.05	187.58	52.21
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	16208	0	4.88	226.01	62.90
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	19207	0	5.78	267.83	74.54
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	22445	0	6.76	312.98	87.11
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	25920	0	7.81	361.43	100.59
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	29626	0	8.92	413.12	114.98
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-42910	0	12.92	166.53	598.35
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-40916	0	12.32	158.79	570.55
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-38924	0	11.72	151.06	542.77
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-36938	0	11.12	143.35	515.07
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-34961	0	10.53	135.68	487.51
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-32999	0	9.94	128.07	460.14
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-31054	0	9.35	120.52	433.03
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-29132	0	8.77	113.06	406.22
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-27235	0	8.20	105.70	379.77
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-25368	0	7.64	98.45	353.74
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-23536	0	7.09	91.34	328.19
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-21741	0	6.55	84.38	303.16
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-19989	0	6.02	77.57	278.73
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-18283	0	5.51	70.95	254.94
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-16627	0	5.01	64.53	231.84
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-15025	0	4.52	58.31	209.51
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-13481	0	4.06	52.32	187.99
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-12000	0	3.61	46.57	167.33
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-10585	0	3.19	41.08	147.60
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-9241	0	2.78	35.86	128.85

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

172

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5

20125 - Milano

Tel. 02 6787911

email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3

92100 Agrigento

Tel. 0922 421007

email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-7970	0	2.40	30.93	111.14
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-6779	0	2.04	26.31	94.52
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-5669	0	1.71	22.00	79.06
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-4647	0	1.40	18.03	64.79
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-3715	0	1.12	14.42	51.80
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-2877	0	0.87	11.16	40.12
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-2138	0	0.64	8.30	29.81
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-1501	0	0.45	5.83	20.94
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-972	0	0.29	3.77	13.55
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-553	0	0.17	2.14	7.71
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-248	0	0.07	0.96	3.46
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-63	0	0.02	0.24	0.87
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00

## Combinazione n° 16 - SLEQ

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	159	0	0.05	2.21	0.62
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	631	0	0.19	8.80	2.45
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1413	0	0.43	19.70	5.48
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2499	0	0.75	34.85	9.70
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	3886	0	1.17	54.19	15.08
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	5569	0	1.68	77.65	21.61
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	7542	0	2.27	105.17	29.27
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	9802	0	2.95	136.68	38.04
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	12344	0	3.72	172.12	47.90
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	15163	0	4.57	211.43	58.84
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	18254	0	5.50	254.54	70.84
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	21614	0	6.51	301.39	83.88
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	25237	0	7.60	351.91	97.94
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	29119	0	8.77	406.04	113.01
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	33256	0	10.02	463.72	129.06
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-52857	0	15.92	205.13	737.05
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-50435	0	15.19	195.73	703.28
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-48011	0	14.46	186.33	669.47
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-45590	0	13.73	176.93	635.71
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-43177	0	13.00	167.57	602.07
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-40778	0	12.28	158.25	568.61
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-38397	0	11.56	149.01	535.41
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-36040	0	10.85	139.87	502.55
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-33712	0	10.15	130.83	470.08
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-31418	0	9.46	121.93	438.10
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-29163	0	8.78	113.18	406.66
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-26953	0	8.12	104.60	375.84
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-24793	0	7.47	96.22	345.72
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-22687	0	6.83	88.05	316.36
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-20642	0	6.22	80.11	287.83
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-18662	0	5.62	72.42	260.22
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-16752	0	5.05	65.01	233.59
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-14918	0	4.49	57.89	208.01
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-13164	0	3.96	51.09	183.56
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-11497	0	3.46	44.62	160.31

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

173

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-9920	0	2.99	38.50	138.33
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-8440	0	2.54	32.76	117.69
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-7062	0	2.13	27.41	98.47
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-5790	0	1.74	22.47	80.74
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-4630	0	1.39	17.97	64.56
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-3587	0	1.08	13.92	50.02
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-2667	0	0.80	10.35	37.18
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-1873	0	0.56	7.27	26.12
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-1213	0	0.37	4.71	16.91
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-690	0	0.21	2.68	9.62
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-310	0	0.09	1.20	4.32
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-78	0	0.02	0.30	1.09
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00

## Combinazione n° 17 - SLEQ

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-1.90	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	53.09	154	0	0.05	2.15	0.60
3	-1.70	100	150	53.09	53.09	613	0	0.18	8.55	2.38
4	-1.60	100	150	53.09	53.09	1373	0	0.41	19.14	5.33
5	-1.50	100	150	53.09	53.09	2429	0	0.73	33.87	9.43
6	-1.40	100	150	53.09	53.09	3777	0	1.14	52.66	14.66
7	-1.30	100	150	53.09	53.09	5412	0	1.63	75.46	21.00
8	-1.20	100	150	53.09	53.09	7330	0	2.21	102.21	28.45
9	-1.10	100	150	53.09	53.09	9527	0	2.87	132.84	36.97
10	-1.00	100	150	53.09	53.09	11998	0	3.61	167.30	46.56
11	-0.90	100	150	53.09	53.09	14738	0	4.44	205.52	57.20
12	-0.80	100	150	53.09	53.09	17744	0	5.34	247.43	68.87
13	-0.70	100	150	53.09	53.09	21011	0	6.33	292.99	81.54
14	-0.60	100	150	53.09	53.09	24535	0	7.39	342.12	95.22
15	-0.50	100	150	53.09	53.09	28311	0	8.53	394.77	109.87
16	-0.40	100	150	53.09	53.09	32334	0	9.74	450.87	125.49
17	0.92	100	150	53.09	53.09	-53090	0	15.99	206.04	740.29
18	1.02	100	150	53.09	53.09	-50626	0	15.25	196.48	705.94
19	1.12	100	150	53.09	53.09	-48164	0	14.51	186.92	671.61
20	1.22	100	150	53.09	53.09	-45709	0	13.77	177.39	637.38
21	1.32	100	150	53.09	53.09	-43266	0	13.03	167.91	603.31
22	1.42	100	150	53.09	53.09	-40839	0	12.30	158.49	569.47
23	1.51	100	150	53.09	53.09	-38435	0	11.58	149.16	535.94
24	1.61	100	150	53.09	53.09	-36057	0	10.86	139.94	502.79
25	1.71	100	150	53.09	53.09	-33711	0	10.15	130.83	470.08
26	1.81	100	150	53.09	53.09	-31402	0	9.46	121.87	437.88
27	1.91	100	150	53.09	53.09	-29135	0	8.77	113.07	406.27
28	2.01	100	150	53.09	53.09	-26915	0	8.11	104.46	375.31
29	2.11	100	150	53.09	53.09	-24747	0	7.45	96.04	345.08
30	2.21	100	150	53.09	53.09	-22636	0	6.82	87.85	315.64
31	2.31	100	150	53.09	53.09	-20586	0	6.20	79.89	287.06
32	2.41	100	150	53.09	53.09	-18604	0	5.60	72.20	259.41
33	2.51	100	150	53.09	53.09	-16693	0	5.03	64.79	232.77
34	2.61	100	150	53.09	53.09	-14860	0	4.48	57.67	207.21
35	2.71	100	150	53.09	53.09	-13108	0	3.95	50.87	182.78
36	2.81	100	150	53.09	53.09	-11444	0	3.45	44.41	159.57

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

174

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
37	2.91	100	150	53.09	53.09	-9871	0	2.97	38.31	137.64
38	3.01	100	150	53.09	53.09	-8395	0	2.53	32.58	117.07
39	3.10	100	150	53.09	53.09	-7022	0	2.11	27.25	97.91
40	3.20	100	150	53.09	53.09	-5755	0	1.73	22.34	80.25
41	3.30	100	150	53.09	53.09	-4601	0	1.39	17.86	64.16
42	3.40	100	150	53.09	53.09	-3563	0	1.07	13.83	49.69
43	3.50	100	150	53.09	53.09	-2648	0	0.80	10.28	36.93
44	3.60	100	150	53.09	53.09	-1860	0	0.56	7.22	25.93
45	3.70	100	150	53.09	53.09	-1204	0	0.36	4.67	16.78
46	3.80	100	150	53.09	53.09	-685	0	0.21	2.66	9.55
47	3.90	100	150	53.09	53.09	-308	0	0.09	1.19	4.29
48	4.00	100	150	53.09	53.09	-78	0	0.02	0.30	1.08
49	4.10	100	150	53.09	53.09	0	0	0.00	0.00	0.00

### 14.8.6 Verifiche a fessurazione

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri zona tesa espressa in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
Mpf	momento di prima fessurazione espressa in [kgm]
$\varepsilon$	deformazione espressa in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

#### Paramento

##### Combinazione n° 13 - SLER

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	$\varepsilon$	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0.00	100	40	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-0.46	100	45	0.00	0.00	8	2590	0.000000	0.000	0.00
3	-0.92	100	49	0.00	0.00	71	28710	0.000000	0.000	0.00
4	-1.38	100	54	0.00	0.00	256	49707	0.000000	0.000	0.00
5	-1.84	100	58	26.55	1123.82	640	30249	0.000000	0.000	0.00
6	-2.30	100	63	26.55	1587.39	1299	28305	0.000000	0.000	0.00
7	-2.76	100	68	26.55	1925.80	2309	29175	0.000000	0.000	0.00
8	-3.22	100	72	26.55	2204.79	3746	31102	0.000000	0.000	0.00
9	-3.68	100	77	26.55	2453.63	5686	33599	0.000000	0.000	0.00
10	-4.14	100	81	26.55	2685.63	8206	36480	0.000000	0.000	0.00
11	-4.60	100	86	53.09	2501.27	11382	44547	0.000000	0.000	0.00
12	-5.06	100	91	53.09	2702.01	15289	48237	0.000000	0.000	0.00
13	-5.52	100	95	53.09	2899.42	19995	52154	0.000000	0.000	0.00
14	-5.98	100	100	53.09	3094.46	25560	56284	0.000000	0.000	0.00

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

175

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
15	-6.44	100	104	53.09	3287.84	32044	60617	0.000000	0.000	0.00
16	-6.90	100	109	53.09	3589.27	39506	68856	0.000000	0.000	0.00
17	-7.36	100	113	53.09	3782.28	47993	73715	0.000000	0.000	0.00
18	-7.82	100	118	53.09	3974.08	57602	78779	0.000000	0.000	0.00
19	-8.28	100	123	53.09	4166.08	68443	84017	0.000000	0.000	0.00
20	-8.74	100	127	53.09	4290.51	80578	86960	0.000000	0.000	0.00
21	-9.20	100	132	53.09	4481.93	94068	92463	0.030550	594.435	0.31

## Combinazione n° 14 - SLEF

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0.00	100	40	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-0.46	100	45	0.00	0.00	8	2590	0.000000	0.000	0.00
3	-0.92	100	49	0.00	0.00	71	28710	0.000000	0.000	0.00
4	-1.38	100	54	0.00	0.00	256	49707	0.000000	0.000	0.00
5	-1.84	100	58	26.55	1123.82	640	30249	0.000000	0.000	0.00
6	-2.30	100	63	26.55	1587.39	1299	28305	0.000000	0.000	0.00
7	-2.76	100	68	26.55	1925.80	2309	29175	0.000000	0.000	0.00
8	-3.22	100	72	26.55	2204.79	3746	31102	0.000000	0.000	0.00
9	-3.68	100	77	26.55	2453.63	5686	33599	0.000000	0.000	0.00
10	-4.14	100	81	26.55	2685.63	8206	36480	0.000000	0.000	0.00
11	-4.60	100	86	53.09	2501.27	11382	44547	0.000000	0.000	0.00
12	-5.06	100	91	53.09	2702.01	15289	48237	0.000000	0.000	0.00
13	-5.52	100	95	53.09	2899.42	19995	52154	0.000000	0.000	0.00
14	-5.98	100	100	53.09	3094.46	25560	56284	0.000000	0.000	0.00
15	-6.44	100	104	53.09	3287.84	32044	60617	0.000000	0.000	0.00
16	-6.90	100	109	53.09	3589.27	39506	68856	0.000000	0.000	0.00
17	-7.36	100	113	53.09	3782.73	48000	73705	0.000000	0.000	0.00
18	-7.82	100	118	53.09	3974.78	57587	78763	0.000000	0.000	0.00
19	-8.28	100	123	53.09	4166.75	68380	84000	0.000000	0.000	0.00
20	-8.74	100	127	53.09	4291.09	80447	86947	0.000000	0.000	0.00
21	-9.20	100	132	53.09	4482.39	93846	92452	0.030357	594.471	0.31

## Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0.00	100	40	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-0.46	100	45	0.00	0.00	8	2590	0.000000	0.000	0.00
3	-0.92	100	49	0.00	0.00	71	28710	0.000000	0.000	0.00
4	-1.38	100	54	0.00	0.00	256	49707	0.000000	0.000	0.00
5	-1.84	100	58	26.55	1123.82	640	30249	0.000000	0.000	0.00
6	-2.30	100	63	26.55	1587.39	1299	28305	0.000000	0.000	0.00
7	-2.76	100	68	26.55	1925.80	2309	29175	0.000000	0.000	0.00
8	-3.22	100	72	26.55	2204.79	3746	31102	0.000000	0.000	0.00
9	-3.68	100	77	26.55	2453.63	5686	33599	0.000000	0.000	0.00
10	-4.14	100	81	26.55	2685.63	8206	36480	0.000000	0.000	0.00
11	-4.60	100	86	53.09	2501.27	11382	44547	0.000000	0.000	0.00
12	-5.06	100	91	53.09	2702.01	15289	48237	0.000000	0.000	0.00
13	-5.52	100	95	53.09	2899.42	19995	52154	0.000000	0.000	0.00
14	-5.98	100	100	53.09	3094.46	25560	56284	0.000000	0.000	0.00
15	-6.44	100	104	53.09	3287.84	32044	60617	0.000000	0.000	0.00

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
16	-6.90	100	109	53.09	3589.27	39506	68856	0.000000	0.000	0.00
17	-7.36	100	113	53.09	3782.87	48003	73702	0.000000	0.000	0.00
18	-7.82	100	118	53.09	3975.83	57593	78738	0.000000	0.000	0.00
19	-8.28	100	123	53.09	4168.36	68333	83962	0.000000	0.000	0.00
20	-8.74	100	127	53.09	4292.86	80279	86905	0.000000	0.000	0.00
21	-9.20	100	132	53.09	4484.15	93488	92410	0.030080	594.607	0.30

## Combinazione n° 16 - SLEQ

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0.00	100	40	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-0.46	100	45	0.00	0.00	20	8333	0.000000	0.000	0.00
3	-0.92	100	49	0.00	0.00	132	61689	0.000000	0.000	0.00
4	-1.38	100	54	26.55	974.74	405	26912	0.000000	0.000	0.00
5	-1.84	100	58	26.55	1446.07	916	24666	0.000000	0.000	0.00
6	-2.30	100	63	26.55	1780.22	1741	25490	0.000000	0.000	0.00
7	-2.76	100	68	26.55	2053.33	2958	27355	0.000000	0.000	0.00
8	-3.22	100	72	26.55	2296.82	4641	29763	0.000000	0.000	0.00
9	-3.68	100	77	26.55	2524.32	6869	32534	0.000000	0.000	0.00
10	-4.14	100	81	26.55	2742.54	9717	35587	0.000000	0.000	0.00
11	-4.60	100	86	53.09	2552.35	13263	43691	0.000000	0.000	0.00
12	-5.06	100	91	53.09	2746.35	17583	47474	0.000000	0.000	0.00
13	-5.52	100	95	53.09	2938.61	22743	51459	0.000000	0.000	0.00
14	-5.98	100	100	53.09	3129.65	28806	55641	0.000000	0.000	0.00
15	-6.44	100	104	53.09	3319.85	35830	60013	0.000000	0.000	0.00
16	-6.90	100	109	53.09	3619.94	43876	68181	0.000000	0.000	0.00
17	-7.36	100	113	53.09	3811.30	53002	73057	0.000000	0.000	0.00
18	-7.82	100	118	53.09	4002.40	63265	78118	0.000000	0.000	0.00
19	-8.28	100	123	53.09	4193.37	74723	83360	0.000000	0.000	0.00
20	-8.74	100	127	53.09	4316.14	87433	86365	0.029497	572.415	0.29
21	-9.20	100	132	53.09	4506.33	101451	91879	0.038134	596.325	0.39

## Combinazione n° 17 - SLEQ

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0.00	100	40	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-0.46	100	45	0.00	0.00	16	6216	0.000000	0.000	0.00
3	-0.92	100	49	0.00	0.00	113	163563	0.000000	0.000	0.00
4	-1.38	100	54	26.55	844.63	357	30020	0.000000	0.000	0.00
5	-1.84	100	58	26.55	1370.04	827	25824	0.000000	0.000	0.00
6	-2.30	100	63	26.55	1733.03	1598	26151	0.000000	0.000	0.00
7	-2.76	100	68	26.55	2020.99	2748	27808	0.000000	0.000	0.00
8	-3.22	100	72	26.55	2272.89	4353	30107	0.000000	0.000	0.00
9	-3.68	100	77	26.55	2505.62	6490	32814	0.000000	0.000	0.00
10	-4.14	100	81	26.55	2727.31	9235	35825	0.000000	0.000	0.00
11	-4.60	100	86	53.09	2538.49	12664	43921	0.000000	0.000	0.00
12	-5.06	100	91	53.09	2734.28	16854	47680	0.000000	0.000	0.00
13	-5.52	100	95	53.09	2927.92	21873	51648	0.000000	0.000	0.00
14	-5.98	100	100	53.09	3120.04	27782	55816	0.000000	0.000	0.00
15	-6.44	100	104	53.09	3311.11	34640	60177	0.000000	0.000	0.00
16	-6.90	100	109	53.09	3611.58	42507	68364	0.000000	0.000	0.00

## RTI di progettazione:



## Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



## Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
17	-7.36	100	113	53.09	3803.57	51441	73232	0.000000	0.000	0.00
18	-7.82	100	118	53.09	3995.19	61500	78286	0.000000	0.000	0.00
19	-8.28	100	123	53.09	4186.60	72741	83522	0.000000	0.000	0.00
20	-8.74	100	127	53.09	4309.85	85222	86510	0.000000	0.000	0.00
21	-9.20	100	132	53.09	4500.36	98999	92021	0.035707	595.862	0.36

## Fondazione

### Combinazione n° 13 - SLER

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-1.90	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	5725.95	150	110267	0.000000	0.000	0.00
3	-1.70	100	150	53.09	5725.95	595	110267	0.000000	0.000	0.00
4	-1.60	100	150	53.09	5725.95	1334	110267	0.000000	0.000	0.00
5	-1.50	100	150	53.09	5725.95	2360	110267	0.000000	0.000	0.00
6	-1.40	100	150	53.09	5725.95	3671	110267	0.000000	0.000	0.00
7	-1.30	100	150	53.09	5725.95	5263	110267	0.000000	0.000	0.00
8	-1.20	100	150	53.09	5725.95	7131	110267	0.000000	0.000	0.00
9	-1.10	100	150	53.09	5725.95	9271	110267	0.000000	0.000	0.00
10	-1.00	100	150	53.09	5725.95	11680	110267	0.000000	0.000	0.00
11	-0.90	100	150	53.09	5725.95	14353	110267	0.000000	0.000	0.00
12	-0.80	100	150	53.09	5725.95	17286	110267	0.000000	0.000	0.00
13	-0.70	100	150	53.09	5725.95	20476	110267	0.000000	0.000	0.00
14	-0.60	100	150	53.09	5725.95	23919	110267	0.000000	0.000	0.00
15	-0.50	100	150	53.09	5725.95	27610	110267	0.000000	0.000	0.00
16	-0.40	100	150	53.09	5725.95	31545	110267	0.000000	0.000	0.00
17	0.92	100	150	53.09	6666.44	-47166	-110267	0.000000	0.000	0.00
18	1.02	100	150	53.09	6666.44	-45001	-110267	0.000000	0.000	0.00
19	1.12	100	150	53.09	6666.44	-42834	-110267	0.000000	0.000	0.00
20	1.22	100	150	53.09	6666.44	-40670	-110267	0.000000	0.000	0.00
21	1.32	100	150	53.09	6666.44	-38514	-110267	0.000000	0.000	0.00
22	1.42	100	150	53.09	6666.44	-36371	-110267	0.000000	0.000	0.00
23	1.51	100	150	53.09	6666.44	-34245	-110267	0.000000	0.000	0.00
24	1.61	100	150	53.09	6666.44	-32140	-110267	0.000000	0.000	0.00
25	1.71	100	150	53.09	6666.44	-30062	-110267	0.000000	0.000	0.00
26	1.81	100	150	53.09	6666.44	-28014	-110267	0.000000	0.000	0.00
27	1.91	100	150	53.09	6666.44	-26002	-110267	0.000000	0.000	0.00
28	2.01	100	150	53.09	6666.44	-24029	-110267	0.000000	0.000	0.00
29	2.11	100	150	53.09	6666.44	-22102	-110267	0.000000	0.000	0.00
30	2.21	100	150	53.09	6666.44	-20224	-110267	0.000000	0.000	0.00
31	2.31	100	150	53.09	6666.44	-18399	-110267	0.000000	0.000	0.00
32	2.41	100	150	53.09	6666.44	-16633	-110267	0.000000	0.000	0.00
33	2.51	100	150	53.09	6666.44	-14930	-110267	0.000000	0.000	0.00
34	2.61	100	150	53.09	6666.44	-13294	-110267	0.000000	0.000	0.00
35	2.71	100	150	53.09	6666.44	-11731	-110267	0.000000	0.000	0.00
36	2.81	100	150	53.09	6666.44	-10244	-110267	0.000000	0.000	0.00
37	2.91	100	150	53.09	6666.44	-8839	-110267	0.000000	0.000	0.00
38	3.01	100	150	53.09	6666.44	-7520	-110267	0.000000	0.000	0.00
39	3.10	100	150	53.09	6666.44	-6292	-110267	0.000000	0.000	0.00
40	3.20	100	150	53.09	6666.44	-5158	-110267	0.000000	0.000	0.00

#### RTI di progettazione:



#### Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



#### Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
41	3.30	100	150	53.09	6666.44	-4125	-110267	0.000000	0.000	0.00
42	3.40	100	150	53.09	6666.44	-3196	-110267	0.000000	0.000	0.00
43	3.50	100	150	53.09	6666.44	-2375	-110267	0.000000	0.000	0.00
44	3.60	100	150	53.09	6666.44	-1669	-110267	0.000000	0.000	0.00
45	3.70	100	150	53.09	6666.44	-1080	-110267	0.000000	0.000	0.00
46	3.80	100	150	53.09	6666.44	-615	-110267	0.000000	0.000	0.00
47	3.90	100	150	53.09	6666.44	-276	-110267	0.000000	0.000	0.00
48	4.00	100	150	53.09	6666.44	-70	-110267	0.000000	0.000	0.00
49	4.10	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00

## Combinazione n° 14 - SLEF

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-1.90	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	5725.95	147	110267	0.000000	0.000	0.00
3	-1.70	100	150	53.09	5725.95	585	110267	0.000000	0.000	0.00
4	-1.60	100	150	53.09	5725.95	1311	110267	0.000000	0.000	0.00
5	-1.50	100	150	53.09	5725.95	2320	110267	0.000000	0.000	0.00
6	-1.40	100	150	53.09	5725.95	3609	110267	0.000000	0.000	0.00
7	-1.30	100	150	53.09	5725.95	5173	110267	0.000000	0.000	0.00
8	-1.20	100	150	53.09	5725.95	7010	110267	0.000000	0.000	0.00
9	-1.10	100	150	53.09	5725.95	9115	110267	0.000000	0.000	0.00
10	-1.00	100	150	53.09	5725.95	11484	110267	0.000000	0.000	0.00
11	-0.90	100	150	53.09	5725.95	14114	110267	0.000000	0.000	0.00
12	-0.80	100	150	53.09	5725.95	17001	110267	0.000000	0.000	0.00
13	-0.70	100	150	53.09	5725.95	20140	110267	0.000000	0.000	0.00
14	-0.60	100	150	53.09	5725.95	23529	110267	0.000000	0.000	0.00
15	-0.50	100	150	53.09	5725.95	27162	110267	0.000000	0.000	0.00
16	-0.40	100	150	53.09	5725.95	31037	110267	0.000000	0.000	0.00
17	0.92	100	150	53.09	6666.44	-46010	-110267	0.000000	0.000	0.00
18	1.02	100	150	53.09	6666.44	-43891	-110267	0.000000	0.000	0.00
19	1.12	100	150	53.09	6666.44	-41772	-110267	0.000000	0.000	0.00
20	1.22	100	150	53.09	6666.44	-39657	-110267	0.000000	0.000	0.00
21	1.32	100	150	53.09	6666.44	-37550	-110267	0.000000	0.000	0.00
22	1.42	100	150	53.09	6666.44	-35456	-110267	0.000000	0.000	0.00
23	1.51	100	150	53.09	6666.44	-33380	-110267	0.000000	0.000	0.00
24	1.61	100	150	53.09	6666.44	-31325	-110267	0.000000	0.000	0.00
25	1.71	100	150	53.09	6666.44	-29296	-110267	0.000000	0.000	0.00
26	1.81	100	150	53.09	6666.44	-27297	-110267	0.000000	0.000	0.00
27	1.91	100	150	53.09	6666.44	-25334	-110267	0.000000	0.000	0.00
28	2.01	100	150	53.09	6666.44	-23410	-110267	0.000000	0.000	0.00
29	2.11	100	150	53.09	6666.44	-21530	-110267	0.000000	0.000	0.00
30	2.21	100	150	53.09	6666.44	-19698	-110267	0.000000	0.000	0.00
31	2.31	100	150	53.09	6666.44	-17919	-110267	0.000000	0.000	0.00
32	2.41	100	150	53.09	6666.44	-16198	-110267	0.000000	0.000	0.00
33	2.51	100	150	53.09	6666.44	-14538	-110267	0.000000	0.000	0.00
34	2.61	100	150	53.09	6666.44	-12944	-110267	0.000000	0.000	0.00
35	2.71	100	150	53.09	6666.44	-11421	-110267	0.000000	0.000	0.00
36	2.81	100	150	53.09	6666.44	-9973	-110267	0.000000	0.000	0.00
37	2.91	100	150	53.09	6666.44	-8604	-110267	0.000000	0.000	0.00
38	3.01	100	150	53.09	6666.44	-7320	-110267	0.000000	0.000	0.00
39	3.10	100	150	53.09	6666.44	-6124	-110267	0.000000	0.000	0.00
40	3.20	100	150	53.09	6666.44	-5020	-110267	0.000000	0.000	0.00

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

179

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
41	3.30	100	150	53.09	6666.44	-4014	-110267	0.000000	0.000	0.00
42	3.40	100	150	53.09	6666.44	-3109	-110267	0.000000	0.000	0.00
43	3.50	100	150	53.09	6666.44	-2311	-110267	0.000000	0.000	0.00
44	3.60	100	150	53.09	6666.44	-1624	-110267	0.000000	0.000	0.00
45	3.70	100	150	53.09	6666.44	-1051	-110267	0.000000	0.000	0.00
46	3.80	100	150	53.09	6666.44	-598	-110267	0.000000	0.000	0.00
47	3.90	100	150	53.09	6666.44	-269	-110267	0.000000	0.000	0.00
48	4.00	100	150	53.09	6666.44	-68	-110267	0.000000	0.000	0.00
49	4.10	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00

## Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-1.90	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	5725.95	140	110267	0.000000	0.000	0.00
3	-1.70	100	150	53.09	5725.95	556	110267	0.000000	0.000	0.00
4	-1.60	100	150	53.09	5725.95	1247	110267	0.000000	0.000	0.00
5	-1.50	100	150	53.09	5725.95	2207	110267	0.000000	0.000	0.00
6	-1.40	100	150	53.09	5725.95	3434	110267	0.000000	0.000	0.00
7	-1.30	100	150	53.09	5725.95	4925	110267	0.000000	0.000	0.00
8	-1.20	100	150	53.09	5725.95	6675	110267	0.000000	0.000	0.00
9	-1.10	100	150	53.09	5725.95	8682	110267	0.000000	0.000	0.00
10	-1.00	100	150	53.09	5725.95	10942	110267	0.000000	0.000	0.00
11	-0.90	100	150	53.09	5725.95	13452	110267	0.000000	0.000	0.00
12	-0.80	100	150	53.09	5725.95	16208	110267	0.000000	0.000	0.00
13	-0.70	100	150	53.09	5725.95	19207	110267	0.000000	0.000	0.00
14	-0.60	100	150	53.09	5725.95	22445	110267	0.000000	0.000	0.00
15	-0.50	100	150	53.09	5725.95	25920	110267	0.000000	0.000	0.00
16	-0.40	100	150	53.09	5725.95	29626	110267	0.000000	0.000	0.00
17	0.92	100	150	53.09	6666.44	-42910	-110267	0.000000	0.000	0.00
18	1.02	100	150	53.09	6666.44	-40916	-110267	0.000000	0.000	0.00
19	1.12	100	150	53.09	6666.44	-38924	-110267	0.000000	0.000	0.00
20	1.22	100	150	53.09	6666.44	-36938	-110267	0.000000	0.000	0.00
21	1.32	100	150	53.09	6666.44	-34961	-110267	0.000000	0.000	0.00
22	1.42	100	150	53.09	6666.44	-32999	-110267	0.000000	0.000	0.00
23	1.51	100	150	53.09	6666.44	-31054	-110267	0.000000	0.000	0.00
24	1.61	100	150	53.09	6666.44	-29132	-110267	0.000000	0.000	0.00
25	1.71	100	150	53.09	6666.44	-27235	-110267	0.000000	0.000	0.00
26	1.81	100	150	53.09	6666.44	-25368	-110267	0.000000	0.000	0.00
27	1.91	100	150	53.09	6666.44	-23536	-110267	0.000000	0.000	0.00
28	2.01	100	150	53.09	6666.44	-21741	-110267	0.000000	0.000	0.00
29	2.11	100	150	53.09	6666.44	-19989	-110267	0.000000	0.000	0.00
30	2.21	100	150	53.09	6666.44	-18283	-110267	0.000000	0.000	0.00
31	2.31	100	150	53.09	6666.44	-16627	-110267	0.000000	0.000	0.00
32	2.41	100	150	53.09	6666.44	-15025	-110267	0.000000	0.000	0.00
33	2.51	100	150	53.09	6666.44	-13481	-110267	0.000000	0.000	0.00
34	2.61	100	150	53.09	6666.44	-12000	-110267	0.000000	0.000	0.00
35	2.71	100	150	53.09	6666.44	-10585	-110267	0.000000	0.000	0.00
36	2.81	100	150	53.09	6666.44	-9241	-110267	0.000000	0.000	0.00
37	2.91	100	150	53.09	6666.44	-7970	-110267	0.000000	0.000	0.00
38	3.01	100	150	53.09	6666.44	-6779	-110267	0.000000	0.000	0.00
39	3.10	100	150	53.09	6666.44	-5669	-110267	0.000000	0.000	0.00
40	3.20	100	150	53.09	6666.44	-4647	-110267	0.000000	0.000	0.00

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

180

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
41	3.30	100	150	53.09	6666.44	-3715	-110267	0.000000	0.000	0.00
42	3.40	100	150	53.09	6666.44	-2877	-110267	0.000000	0.000	0.00
43	3.50	100	150	53.09	6666.44	-2138	-110267	0.000000	0.000	0.00
44	3.60	100	150	53.09	6666.44	-1501	-110267	0.000000	0.000	0.00
45	3.70	100	150	53.09	6666.44	-972	-110267	0.000000	0.000	0.00
46	3.80	100	150	53.09	6666.44	-553	-110267	0.000000	0.000	0.00
47	3.90	100	150	53.09	6666.44	-248	-110267	0.000000	0.000	0.00
48	4.00	100	150	53.09	6666.44	-63	-110267	0.000000	0.000	0.00
49	4.10	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00

## Combinazione n° 16 - SLEQ

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-1.90	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	5725.95	159	110267	0.000000	0.000	0.00
3	-1.70	100	150	53.09	5725.95	631	110267	0.000000	0.000	0.00
4	-1.60	100	150	53.09	5725.95	1413	110267	0.000000	0.000	0.00
5	-1.50	100	150	53.09	5725.95	2499	110267	0.000000	0.000	0.00
6	-1.40	100	150	53.09	5725.95	3886	110267	0.000000	0.000	0.00
7	-1.30	100	150	53.09	5725.95	5569	110267	0.000000	0.000	0.00
8	-1.20	100	150	53.09	5725.95	7542	110267	0.000000	0.000	0.00
9	-1.10	100	150	53.09	5725.95	9802	110267	0.000000	0.000	0.00
10	-1.00	100	150	53.09	5725.95	12344	110267	0.000000	0.000	0.00
11	-0.90	100	150	53.09	5725.95	15163	110267	0.000000	0.000	0.00
12	-0.80	100	150	53.09	5725.95	18254	110267	0.000000	0.000	0.00
13	-0.70	100	150	53.09	5725.95	21614	110267	0.000000	0.000	0.00
14	-0.60	100	150	53.09	5725.95	25237	110267	0.000000	0.000	0.00
15	-0.50	100	150	53.09	5725.95	29119	110267	0.000000	0.000	0.00
16	-0.40	100	150	53.09	5725.95	33256	110267	0.000000	0.000	0.00
17	0.92	100	150	53.09	6666.44	-52857	-110267	0.000000	0.000	0.00
18	1.02	100	150	53.09	6666.44	-50435	-110267	0.000000	0.000	0.00
19	1.12	100	150	53.09	6666.44	-48011	-110267	0.000000	0.000	0.00
20	1.22	100	150	53.09	6666.44	-45590	-110267	0.000000	0.000	0.00
21	1.32	100	150	53.09	6666.44	-43177	-110267	0.000000	0.000	0.00
22	1.42	100	150	53.09	6666.44	-40778	-110267	0.000000	0.000	0.00
23	1.51	100	150	53.09	6666.44	-38397	-110267	0.000000	0.000	0.00
24	1.61	100	150	53.09	6666.44	-36040	-110267	0.000000	0.000	0.00
25	1.71	100	150	53.09	6666.44	-33712	-110267	0.000000	0.000	0.00
26	1.81	100	150	53.09	6666.44	-31418	-110267	0.000000	0.000	0.00
27	1.91	100	150	53.09	6666.44	-29163	-110267	0.000000	0.000	0.00
28	2.01	100	150	53.09	6666.44	-26953	-110267	0.000000	0.000	0.00
29	2.11	100	150	53.09	6666.44	-24793	-110267	0.000000	0.000	0.00
30	2.21	100	150	53.09	6666.44	-22687	-110267	0.000000	0.000	0.00
31	2.31	100	150	53.09	6666.44	-20642	-110267	0.000000	0.000	0.00
32	2.41	100	150	53.09	6666.44	-18662	-110267	0.000000	0.000	0.00
33	2.51	100	150	53.09	6666.44	-16752	-110267	0.000000	0.000	0.00
34	2.61	100	150	53.09	6666.44	-14918	-110267	0.000000	0.000	0.00
35	2.71	100	150	53.09	6666.44	-13164	-110267	0.000000	0.000	0.00
36	2.81	100	150	53.09	6666.44	-11497	-110267	0.000000	0.000	0.00
37	2.91	100	150	53.09	6666.44	-9920	-110267	0.000000	0.000	0.00
38	3.01	100	150	53.09	6666.44	-8440	-110267	0.000000	0.000	0.00
39	3.10	100	150	53.09	6666.44	-7062	-110267	0.000000	0.000	0.00
40	3.20	100	150	53.09	6666.44	-5790	-110267	0.000000	0.000	0.00

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

181

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
41	3.30	100	150	53.09	6666.44	-4630	-110267	0.000000	0.000	0.00
42	3.40	100	150	53.09	6666.44	-3587	-110267	0.000000	0.000	0.00
43	3.50	100	150	53.09	6666.44	-2667	-110267	0.000000	0.000	0.00
44	3.60	100	150	53.09	6666.44	-1873	-110267	0.000000	0.000	0.00
45	3.70	100	150	53.09	6666.44	-1213	-110267	0.000000	0.000	0.00
46	3.80	100	150	53.09	6666.44	-690	-110267	0.000000	0.000	0.00
47	3.90	100	150	53.09	6666.44	-310	-110267	0.000000	0.000	0.00
48	4.00	100	150	53.09	6666.44	-78	-110267	0.000000	0.000	0.00
49	4.10	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00

## Combinazione n° 17 - SLEQ

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
1	-1.90	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00
2	-1.80	100	150	53.09	5725.95	154	110267	0.000000	0.000	0.00
3	-1.70	100	150	53.09	5725.95	613	110267	0.000000	0.000	0.00
4	-1.60	100	150	53.09	5725.95	1373	110267	0.000000	0.000	0.00
5	-1.50	100	150	53.09	5725.95	2429	110267	0.000000	0.000	0.00
6	-1.40	100	150	53.09	5725.95	3777	110267	0.000000	0.000	0.00
7	-1.30	100	150	53.09	5725.95	5412	110267	0.000000	0.000	0.00
8	-1.20	100	150	53.09	5725.95	7330	110267	0.000000	0.000	0.00
9	-1.10	100	150	53.09	5725.95	9527	110267	0.000000	0.000	0.00
10	-1.00	100	150	53.09	5725.95	11998	110267	0.000000	0.000	0.00
11	-0.90	100	150	53.09	5725.95	14738	110267	0.000000	0.000	0.00
12	-0.80	100	150	53.09	5725.95	17744	110267	0.000000	0.000	0.00
13	-0.70	100	150	53.09	5725.95	21011	110267	0.000000	0.000	0.00
14	-0.60	100	150	53.09	5725.95	24535	110267	0.000000	0.000	0.00
15	-0.50	100	150	53.09	5725.95	28311	110267	0.000000	0.000	0.00
16	-0.40	100	150	53.09	5725.95	32334	110267	0.000000	0.000	0.00
17	0.92	100	150	53.09	6666.44	-53090	-110267	0.000000	0.000	0.00
18	1.02	100	150	53.09	6666.44	-50626	-110267	0.000000	0.000	0.00
19	1.12	100	150	53.09	6666.44	-48164	-110267	0.000000	0.000	0.00
20	1.22	100	150	53.09	6666.44	-45709	-110267	0.000000	0.000	0.00
21	1.32	100	150	53.09	6666.44	-43266	-110267	0.000000	0.000	0.00
22	1.42	100	150	53.09	6666.44	-40839	-110267	0.000000	0.000	0.00
23	1.51	100	150	53.09	6666.44	-38435	-110267	0.000000	0.000	0.00
24	1.61	100	150	53.09	6666.44	-36057	-110267	0.000000	0.000	0.00
25	1.71	100	150	53.09	6666.44	-33711	-110267	0.000000	0.000	0.00
26	1.81	100	150	53.09	6666.44	-31402	-110267	0.000000	0.000	0.00
27	1.91	100	150	53.09	6666.44	-29135	-110267	0.000000	0.000	0.00
28	2.01	100	150	53.09	6666.44	-26915	-110267	0.000000	0.000	0.00
29	2.11	100	150	53.09	6666.44	-24747	-110267	0.000000	0.000	0.00
30	2.21	100	150	53.09	6666.44	-22636	-110267	0.000000	0.000	0.00
31	2.31	100	150	53.09	6666.44	-20586	-110267	0.000000	0.000	0.00
32	2.41	100	150	53.09	6666.44	-18604	-110267	0.000000	0.000	0.00
33	2.51	100	150	53.09	6666.44	-16693	-110267	0.000000	0.000	0.00
34	2.61	100	150	53.09	6666.44	-14860	-110267	0.000000	0.000	0.00
35	2.71	100	150	53.09	6666.44	-13108	-110267	0.000000	0.000	0.00
36	2.81	100	150	53.09	6666.44	-11444	-110267	0.000000	0.000	0.00
37	2.91	100	150	53.09	6666.44	-9871	-110267	0.000000	0.000	0.00
38	3.01	100	150	53.09	6666.44	-8395	-110267	0.000000	0.000	0.00
39	3.10	100	150	53.09	6666.44	-7022	-110267	0.000000	0.000	0.00
40	3.20	100	150	53.09	6666.44	-5755	-110267	0.000000	0.000	0.00

Ponticello idraulico L=40,0m. Km 138+970 - PO 04 SU S07 - Relazione di calcolo spalle

182

RTI di progettazione:



Mandatario

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kgm]	[%]	[mm]	[mm]
41	3.30	100	150	53.09	6666.44	-4601	-110267	0.000000	0.000	0.00
42	3.40	100	150	53.09	6666.44	-3563	-110267	0.000000	0.000	0.00
43	3.50	100	150	53.09	6666.44	-2648	-110267	0.000000	0.000	0.00
44	3.60	100	150	53.09	6666.44	-1860	-110267	0.000000	0.000	0.00
45	3.70	100	150	53.09	6666.44	-1204	-110267	0.000000	0.000	0.00
46	3.80	100	150	53.09	6666.44	-685	-110267	0.000000	0.000	0.00
47	3.90	100	150	53.09	6666.44	-308	-110267	0.000000	0.000	0.00
48	4.00	100	150	53.09	6666.44	-78	-110267	0.000000	0.000	0.00
49	4.10	100	150	0.00	0.00	0	0	0.000000	0.000	0.00

**RTI di progettazione:****Mandataria**

Via G.B. Sammartini n°5  
20125 - Milano  
Tel. 02 6787911  
email: mail@proiter.it

**Mandante**

Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it