

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

### U.O. STRUTTURE

### PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

SCALA:

-

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

IBL1 10 D 09 CL VI0000 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi <i>Gh</i>	Marzo 2013	P. Di Nucci F. Bonfacci	Marzo 2013	C. Mazzocchi <i>Ces</i>	Marzo 2013	A. Mazzi	

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 Dott. ING. ANGELO VITTOZZI  
 n. A20783  
 ITALFERR S.p.A.  
 U.O. STRUTTURE

File: IBL110D09CLVI0000002A.doc

Stampato dal Servizio di plottaggio ITALFERR S.p.A.

n. Elab.:





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
 CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	2 di 75

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	6
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	11
4	MATERIALI .....	12
4.1	CALCESTRUZZO PER L'OPERA DI SOSTEGNO .....	14
4.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	14
4.3	ACCIAIO PER MICROPALI .....	14
4.4	CARATTERISTICHE DEI MICROPALI .....	15
4.5	COPRIFERRO .....	15
5	ANALISI DEI CARICHI .....	16
5.1	SPALLA VI01 (B.P.) .....	16
5.1.1	<i>Pesi propri strutturali</i> .....	16
5.1.2	<i>Pesi propri non strutturali</i> .....	16
5.1.3	<i>Scarichi impalcato</i> .....	17
5.1.4	<i>Inerzie sismiche</i> .....	21
5.2	SPALLA VI02 (B.D.) .....	21
5.2.1	<i>Pesi propri strutturali</i> .....	21
5.2.2	<i>Pesi propri non strutturali</i> .....	22
5.2.3	<i>Scarichi impalcato</i> .....	22
5.2.4	<i>Inerzie sismiche</i> .....	26
6	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	27
7	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	29
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	32



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	3 di 75

9	MODELLO DI CALCOLO .....	39
9.1	SPALLA VI01 (B.P.): GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO .....	40
9.1.1	<i>Coordinate della testa dei micropali .....</i>	<i>43</i>
9.1.2	<i>Coordinate del baricentro delle strutture in elevazione .....</i>	<i>44</i>
9.1.3	<i>Vincoli .....</i>	<i>45</i>
9.2	SPALLA VI02 (B.D.): GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO .....	46
9.2.1	<i>Coordinate della testa dei micropali .....</i>	<i>48</i>
9.2.2	<i>Coordinate del baricentro delle strutture in elevazione .....</i>	<i>50</i>
9.2.3	<i>Vincoli .....</i>	<i>51</i>
10	VERIFICHE STRUTTURE IN ELEVAZIONE .....	52
10.1	VERIFICA ELEVAZIONE SPALLA VI01 (B.P).....	52
10.1.1	<i>FASE A .....</i>	<i>52</i>
10.1.2	<i>FASE B .....</i>	<i>55</i>
10.2	VERIFICA ELEVAZIONE SPALLA VI02 (B.D) .....	60
10.2.1	<i>FASE A .....</i>	<i>60</i>
10.2.2	<i>FASE B .....</i>	<i>62</i>
11	VERIFICHE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....	68
11.1	FONDAZIONE VI01 (B.P.): VERIFICHE DEI MICROPALI .....	68
11.1.1	<i>Capacità portante verticale: micropalo in compressione .....</i>	<i>69</i>
11.1.2	<i>Capacità portante verticale: micropalo in trazione .....</i>	<i>71</i>
11.2	FONDAZIONE VI02 (B.D.): VERIFICHE DEI MICROPALI .....	71
11.2.1	<i>Capacità portante verticale: micropalo in compressione .....</i>	<i>72</i>
11.2.2	<i>Capacità portante verticale: micropalo in trazione .....</i>	<i>74</i>



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	4 di 75

## 1 PREMESSA

Nell'ambito di lavori di "Quadruplicamento ferroviario della linea Fortezza – Verona – Lotto 1 Fortezza – Ponte Gardena", si è resa necessaria la realizzazione dei due viadotti sul fiume Isarco (binario pari e binario dispari) previsti fra le progressive:

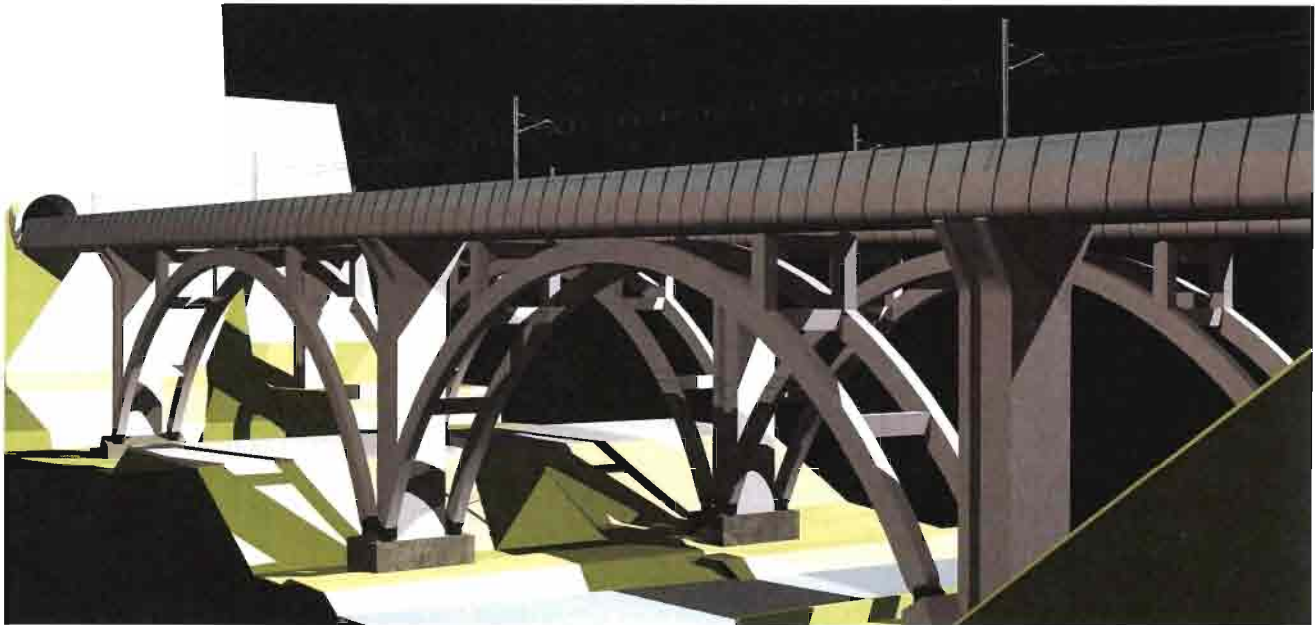
- km 15+883.14 (BP - asse appoggi spalla lato Scaleres) e pk. km 16+104.04 (BP - asse appoggi spalla lato Ponte Gardena);
- km 15+895.93 (BD - asse appoggi spalla lato Scaleres) e pk. km 16+122.79 (BD - asse appoggi spalla lato Ponte Gardena).

Il viadotto sul BP presenta uno sviluppo complessivo spalla-spalla pari a 220.90m ed è costituito da un impalcato metallico a via superiore a due travi a parete piena in acciaio, con vasca per contenere l'armamento in c.a. con funzione di barriera plastica per le vibrazioni ed il relativo rumore associato. Tale impalcato è stato previsto con quattro campate appoggiate (due campate d'approccio e due centrali). Lungo lo sviluppo del viadotto a partire dalla spalla lato Scaleres si individuano:

- l'impalcato d'approccio lato Scaleres in appoggio alla spalla lato Scaleres, alla pila P1BP e di lunghezza pari a 29.01m;
- l'impalcato principale lato Scaleres di lunghezza pari a 84.38m che poggia in schema di trave continua su pila P1BP e pila P2BP oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati ancora all'arco,
- l'impalcato principale lato Ponte Gardena di lunghezza pari a 83.62m che poggia in schema di trave continua su pila P2BP e pila P3BP oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati ancora all'arco;
- l'impalcato d'approccio lato Ponte Gardena in appoggio alla pila P3BP, alla spalla lato Ponte Gardena e di lunghezza pari a 23.89m.


Il viadotto sul BD presenta uno sviluppo complessivo spalla-spalla pari a 250.76m ed è costituito da un impalcato metallico a via superiore a due travi a parete piena in acciaio, con vasca per contenere l'armamento in c.a. con funzione di barriera plastica per le vibrazioni ed il relativo rumore associato. Tale impalcato è stato previsto con cinque campate appoggiate (due campate d'approccio e tre centrali). Lungo lo sviluppo del viadotto a partire dalla spalla lato Scaleres si individuano:

- l'impalcato d'approccio lato Scaleres in appoggio alla spalla lato Scaleres, alla pila P1BD e di lunghezza pari a 23.89m;
- l'impalcato principale lato Scaleres in appoggio alla pila P1BD, alla pila P2BD e di lunghezza pari a 29.86m;
- l'impalcato principale su arco lato Scaleres di lunghezza pari a 84.38m che poggia in schema di trave continua su pila P2BD e pila P3BD oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati ancora all'arco,
- l'impalcato principale su arco lato Ponte Gardena di lunghezza pari a 83.62m che poggia in schema di trave continua su pila P3BD e pila P4BD oltre che su appoggi intermedi costituiti dalla chiave dell'arco e da due appoggi direttamente collegati ancora all'arco;
- l'impalcato d'approccio lato Ponte Gardena in appoggio alla pila P4BD, alla spalla lato Ponte Gardena e di lunghezza pari a 29.01m.



*Fig. 1.1. Soluzione prevista nell'attuale livello di progettazione*

Le spalle, addossate alle pareti di imbocco e tutte le opere definitive di sistemazione dei versanti, quali paratie, berlinesi e muri di sostegno saranno ambientalizzate mediante pannelli in cls rivestiti di pietra locale tagliata a sega. Avranno infine fondazioni profonde composte da micropali.

	<b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
	<b>PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES</b>	<b>COMMESSA</b> IBL1	<b>LOTTO</b> 10	<b>CODIFICA</b> D 09 CL	<b>DOCUMENTO</b> VI 00 00 002	<b>REV.</b> A

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nel presente documento sono riportate le analisi mirate al dimensionamento della spalla lato Scaleres per entrambi i viadotti: VI01 (B.P.) e VI02 (B.D.).

Scopo della relazione è definire quindi il muro di sostegno in termini di:

- tipo e geometria;
- caratteristiche inerziali e di resistenza minime degli elementi costituenti l'opera di sostegno, in relazione ai criteri di dimensionamento assunti, dettagliati nel seguito;

Nel seguito saranno anche illustrati i criteri utilizzati per il dimensionamento delle opere, in termini di parametri utilizzati, procedure e ipotesi di calcolo, requisiti di base assunti.

Sono stata effettuate analisi secondo lo schema di calcolo rappresentato nelle figure successive:

- VI01 (B.P.): il paramento risulta di altezza pari a 16.83m con uno spessore di 1.7m. La fondazione ha invece una base di lunghezza pari a 5.25m ed altezza pari a 1.80m. Al di sotto della fondazione si prevede il posizionamento di 50 micropali  $\Phi 250$  con tubi  $\Phi 168.3/20$  di lunghezza pari a 10.0m ad interasse trasversale e longitudinale pari ad 1.0m;
- VI02 (B.D.): il paramento risulta di altezza pari a 16.83m con uno spessore di 1.7m. La fondazione ha invece una base di lunghezza pari a 5.25m ed altezza pari a 1.80m. Al di sotto della fondazione si prevede il posizionamento di 76 micropali  $\Phi 250$  con tubi  $\Phi 168.3/20$  di lunghezza pari a 10.0m ad interasse trasversale e longitudinale pari ad 1.0m.

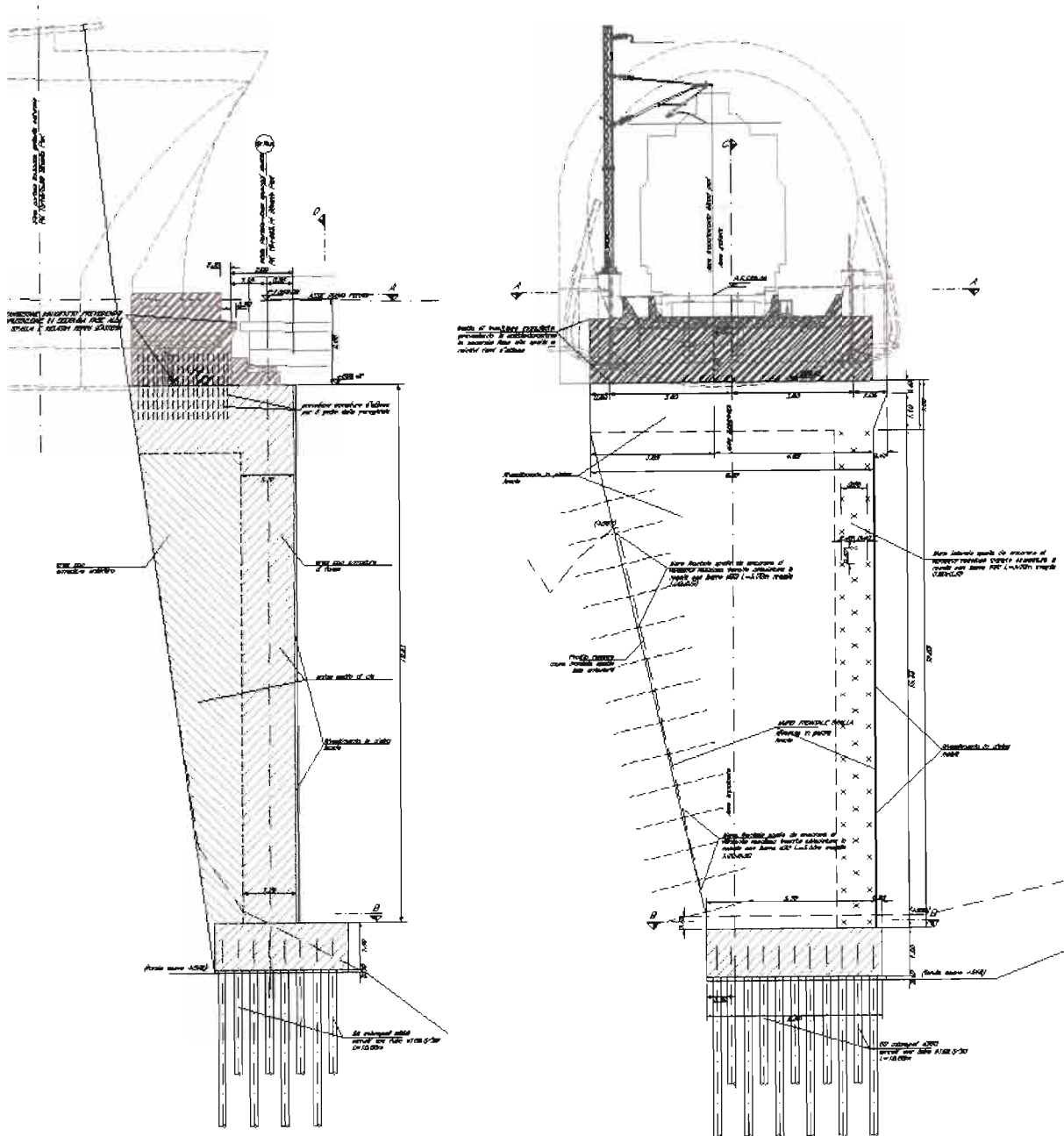
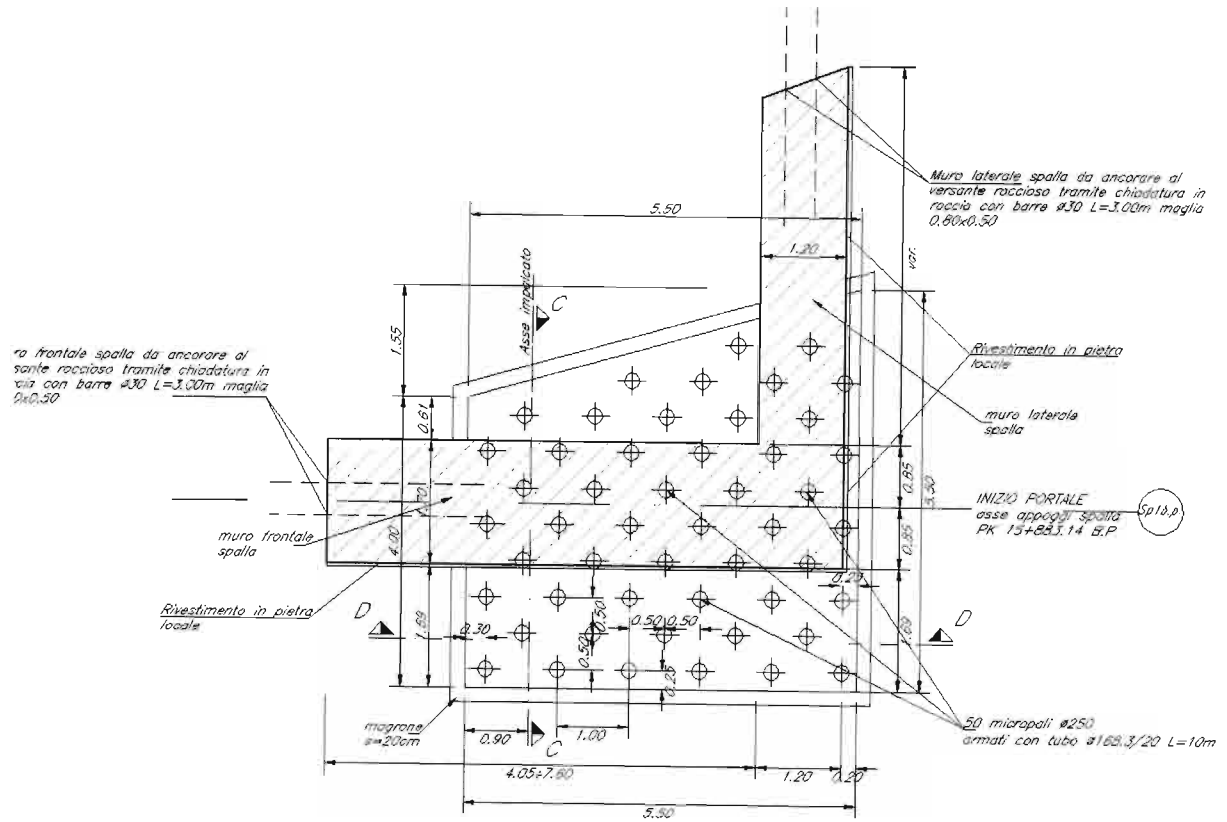


Figura 2-1 Sezione longitudinale e trasversale della spalla lato Scaleres VI01 (B.P.)





**Figura 2-2 Pianta della spalla lato Scaleres VI01 (B.P.)**

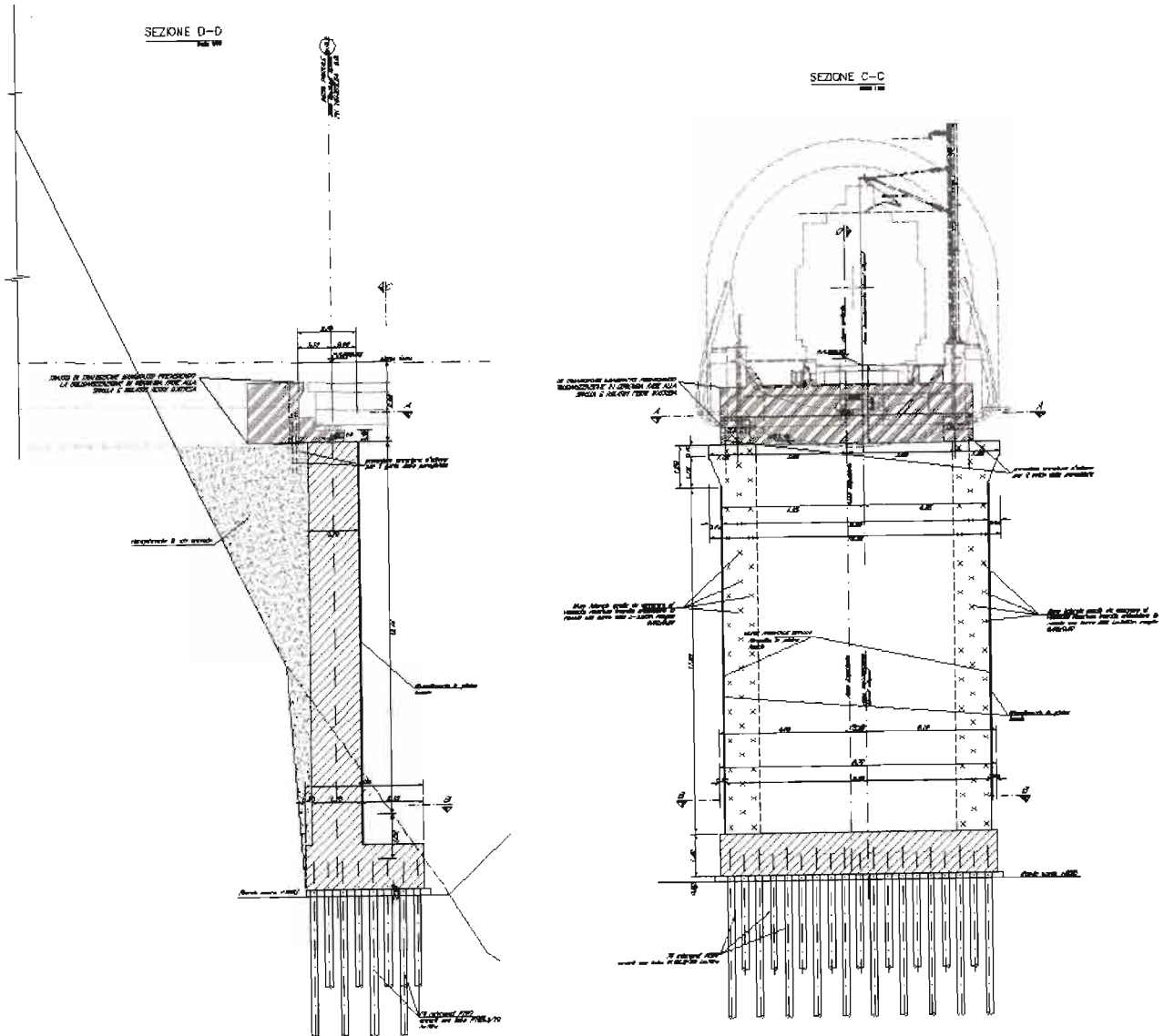


Figura 2-3 Sezione longitudinale e trasversale della spalla lato Scaleres VI02 (B.D.)

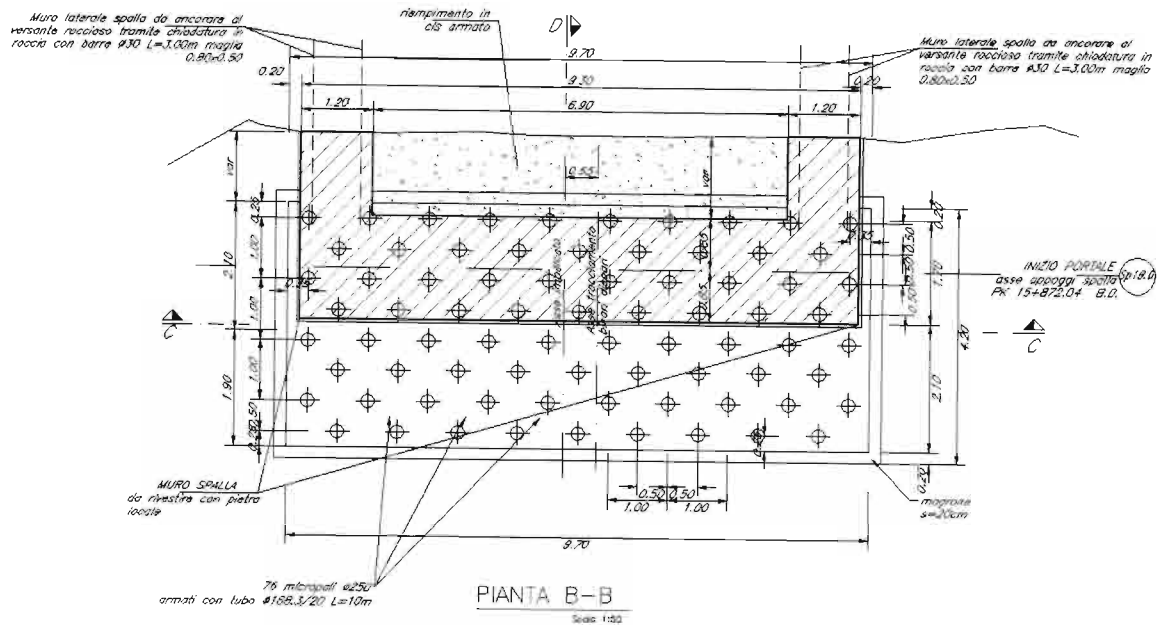


Figura 2-4 Pianta della spalla lato Scaleres VI02 (B.D.)



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	11 di 75

### 3 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	12 di 75

4 MATERIALI

TABELLA MATERIALI

CALCESTE 220

NO. DESCRIZIONE	Quantità (m³)	Spessore (cm)	Classe	Norma	Resistenza (MPa)	Modulo di elasticità (MPa)	Indice di resistenza	Spessore (cm)	Spessore (cm)
1	1,00	14-17	T24	EN 12404	24	17000	2	14	17
2	1,00	14-17	T24	EN 12404	24	17000	2	14	17
3	1,00	14-17	T24	EN 12404	24	17000	2	14	17
4	1,00	14-17	T24	EN 12404	24	17000	2	14	17





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	14 di 75

#### 4.1 Calcestruzzo per l'opera di sostegno

##### Classe di resistenza

##### C28/35

Peso per unità di volume	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$
Resistenza cilindrica caratteristica media	$f_{cm} = 37.05 \text{ N/mm}^2 \quad f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (Mpa)}$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 16.46 \text{ N/mm}^2 \quad f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c = 1.5$
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$
Resistenza media a trazione semplice (assiale)	$f_{ctm} = 2.83 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$
Resistenza caratteristica a trazione semplice (frattile 5%)	$f_{ctk} = 1.98 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = 1.32 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$
Modulo elastico	$E_{cm} = 32588 \text{ N/mm}^2 \quad E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$

#### 4.2 Acciaio per cemento armato

##### Tipo di acciaio

##### B450C

Peso per unità di volume	$\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione di calcolo a snervamento	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2 \quad f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Deformazione uniforme ultima caratteristica	$\epsilon_{uk} = 7.50 \% \quad \epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$
Deformazione uniforme ultima di progetto	$\epsilon_{ud} = 6.75 \% \quad \epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$
Modulo elastico	$E = 200000 \text{ N/mm}^2$

#### 4.3 Acciaio per micropali

Nome e qualità dell'acciaio 

S 275 JR
----------

Spessore nominale dell'elemento			
t ≤ 40 mm		40 < t ≤ 80 mm	
$f_{yk} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	$f_{tk} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	$f_{yk} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	$f_{tk} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
275	430	255	410



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	15 di 75

#### 4.4 Caratteristiche dei micropali

Perforazione micropali verticali  $\phi$  250mm armatura  $\phi$  168.3/20mm

Miscele di iniezione micropali:

- Formazione guaina (iniezione di prima fase a gravità):
  - cemento 325
  - rapporto A/C <0.5
  - eventuale additivo fluidificante
- Formazione bulbo (iniezione selettiva di seconda fase. Pressione di picco 1000kPa. Pressione residua 500-600kPa):
  - cemento 325
  - rapporto A/C <0.5
  - eventuale additivo fluidificante

#### 4.5 Copriferro

Opere di fondazione → c  $\geq$  40mm

Opere in elevazione in vista → c  $\geq$  40mm



## 5 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi relative ai carichi applicati al modello di calcolo.

### 5.1 Spalla VI01 (B.P.)

#### 5.1.1 *Pesi propri strutturali*

Il peso specifico del calcestruzzo armato, costituente le fondazioni e le elevazioni delle spalle oggetto di studio, è stato computato pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

il volume complessivo del calcestruzzo strutturale è stato valutato come indicato come riportato nel seguito.

Porzione	Peso
txt	kN
Plinto di fondazione	980
Muro frontale porzione A (Rettangole)	3785
Muro frontale porzione B (Triangolare)	1384
Muro Andatore	1512

I suddetti carichi sono applicati in corrispondenza del baricentro geometrico dei volumi. Si rimanda al paragrafo § 9.1 per le coordinate dei baricentri.

#### 5.1.2 *Pesi propri non strutturali*

Il peso specifico del calcestruzzo armato, costituente il riempimento tra il pendio ed il paramento in elevazione delle spalle oggetto di studio, è stato computato pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

Porzione	Peso
txt	kN
Riempimento	2550



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	17 di 75

I suddetti carichi sono applicati in corrispondenza del baricentro geometrico dei volumi. Si rimanda al paragrafo § 9.1 per le coordinate dei baricentri.

### 5.1.3 Scarichi impalcato

In accordo con la relazione di calcolo dell'impalcato si riportano nel seguito le sollecitazioni applicate al modello di calcolo in corrispondenza dell'asse impalcato. Gli scarichi sopra indicati sono riferiti al sistema di riferimento globale del modello di calcolo delle spalle descritto da una terna destrorsa avente l'asse tre in direzione verticale e l'asse due in direzione longitudinale con verso positivo entrante nella galleria adiacente la spalla stessa. Si rimanda al paragrafo § 6 per la descrizione delle combinazioni di carico sottoelencate.

**Tabella 5.1: Scarichi dimensionanti impalcato VI01 (B.P.)**

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLEp.1_V2_max	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_V2_min	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_M3_max	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_M3_min	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_V3_max	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_V3_min	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_M2_max	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_M2_min	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_T_max	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_T_min	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_P_max	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEp.1_P_min	GLOBAL	0	0	-3,198	0	0	0
SLEq1_V2_max	GLOBAL	0	-96	-3,197	0	0	0
SLEq1_V2_min	GLOBAL	0	96	-3,198	0	0	0
SLEq1_M3_max	GLOBAL	0	-96	-3,197	0	0	0
SLEq1_M3_min	GLOBAL	0	96	-3,198	0	0	0
SLEq1_V3_max	GLOBAL	0	-96	-3,197	0	0	0
SLEq1_V3_min	GLOBAL	0	96	-3,198	0	0	0
SLEq1_M2_max	GLOBAL	0	-96	-3,197	0	0	0
SLEq1_M2_min	GLOBAL	0	96	-3,198	0	0	0
SLEq1_T_max	GLOBAL	0	-96	-3,197	0	0	0
SLEq1_T_min	GLOBAL	0	96	-3,198	0	0	0
SLEq1_P_max	GLOBAL	0	-96	-3,197	0	0	0

**Tabella 5.1: Scarichi dimensionanti impalcato VI01 (B.P.)**

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLEqp1_P_min	GLOBAL	0	96	-3,198	0	0	0
SLEfr1.gr1.MO_V2_max	GLOBAL	-85	-160	-3,165	126	-232	0
SLEfr1.gr1.MO_V2_min	GLOBAL	85	160	-3,230	-126	232	0
SLEfr1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	-43	-160	-3,132	251	-116	0
SLEfr1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	43	160	-3,263	-251	116	0
SLEfr2.MO_V3_max	GLOBAL	-113	-96	-3,197	0	-550	0
SLEfr2.MO_V3_min	GLOBAL	113	96	-3,198	0	550	0
SLEfr1.gr1.PE_M2_max	GLOBAL	-85	-160	-5,311	126	-1,478	0
SLEfr2.MO_M2_min	GLOBAL	113	96	-3,198	0	550	0
SLEfr2.MO_T_max	GLOBAL	-113	-96	-3,197	0	-550	0
SLEfr2.MO_T_min	GLOBAL	113	96	-3,198	0	550	0
SLEfr1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	-43	-160	-3,124	251	-120	0
SLEfr1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	43	160	-5,410	-251	-1,106	0
SLEr1.gr1.MO_V2_max	GLOBAL	-243	-176	-3,156	157	-949	0
SLEr1.gr1.MO_V2_min	GLOBAL	243	176	-3,239	-157	949	0
SLEr1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	-190	-176	-3,115	314	-804	0
SLEr1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	190	176	-3,280	-314	805	0
SLEr1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	-243	-176	-3,156	157	-949	0
SLEr1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	243	176	-3,239	-157	949	0
SLEr1.gr1.PE_M2_max	GLOBAL	-243	-176	-5,840	157	-2,507	0
SLEr2.MO_M2_min	GLOBAL	227	160	-3,198	0	1,100	0
SLEr2.MO_T_max	GLOBAL	-227	-160	-3,197	0	-1,099	0
SLEr2.MO_T_min	GLOBAL	227	160	-3,198	0	1,100	0
SLEr1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	-190	-176	-3,106	314	-810	0
SLEr1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	190	176	-5,964	-314	-723	0
SLUSTR1.gr1.MO_V2_max	GLOBAL	-359	-212	-4,610	227	-1,409	0
SLUSTR1.gr1.MO_V2_min	GLOBAL	359	212	-4,729	-227	1,410	0
SLUSTR1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	-282	-212	-4,550	455	-1,199	0
SLUSTR1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	282	212	-4,789	-455	1,200	0
SLUSTR1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	-359	-212	-4,610	227	-1,409	0
SLUSTR1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	359	212	-4,729	-227	1,410	0
SLUSTR1.gr1.PE_M2_max	GLOBAL	-359	-212	-8,501	227	-3,668	0



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
 CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	19 di 75

**Tabella 5.1: Scarichi dimensionanti impalcato VI01 (B.P.)**

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLUSTR1.gr1.MO_M2_min	GLOBAL	359	212	-4,729	-227	1,411	0
SLUSTR1.gr1.MO_T_max	GLOBAL	-359	-212	-4,610	227	-1,409	0
SLUSTR1.gr1.MO_T_min	GLOBAL	359	212	-4,729	-227	1,410	0
SLUSTR1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	-282	-212	-4,536	455	-1,207	0
SLUSTR1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	282	212	-8,680	-455	-1,016	0
SLUEQU1.gr1.MO_V2_max	GLOBAL	-359	-212	-4,399	227	-1,409	0
SLUEQU1.gr1.MO_V2_min	GLOBAL	359	212	-4,518	-227	1,410	0
SLUEQU1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	-282	-212	-4,339	455	-1,199	0
SLUEQU1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	282	212	-4,578	-455	1,200	0
SLUEQU1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	-359	-212	-4,399	227	-1,409	0
SLUEQU1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	359	212	-4,518	-227	1,410	0
SLUEQU1.gr1.PE_M2_max	GLOBAL	-359	-212	-8,290	227	-3,668	0
SLUEQU1.gr1.MO_M2_min	GLOBAL	359	212	-4,518	-227	1,411	0
SLUEQU1.gr1.MO_T_max	GLOBAL	-359	-212	-4,399	227	-1,409	0
SLUEQU1.gr1.MO_T_min	GLOBAL	359	212	-4,518	-227	1,410	0
SLUEQU1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	-282	-212	-4,325	455	-1,207	0
SLUEQU1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	282	212	-8,469	-455	-1,016	0
SLUGEO1.gr1.MO_V2_max	GLOBAL	-311	-196	-3,852	196	-1,220	0
SLUGEO1.gr1.MO_V2_min	GLOBAL	311	196	-3,955	-196	1,220	0
SLUGEO1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	-244	-196	-3,800	392	-1,039	0
SLUGEO1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	244	196	-4,006	-392	1,039	0
SLUGEO1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	-311	-196	-3,852	196	-1,220	0
SLUGEO1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	311	196	-3,955	-196	1,220	0
SLUGEO1.gr1.PE_M2_max	GLOBAL	-311	-196	-7,206	196	-3,166	0
SLUGEO1.gr1.MO_M2_min	GLOBAL	311	196	-3,955	-196	1,221	0
SLUGEO1.gr1.MO_T_max	GLOBAL	-311	-196	-3,852	196	-1,220	0
SLUGEO1.gr1.MO_T_min	GLOBAL	311	196	-3,955	-196	1,220	0
SLUGEO1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	-244	-196	-3,789	392	-1,045	0
SLUGEO1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	244	196	-7,361	-392	-871	0
SIS9_V2_max	GLOBAL	-362	-112	-3,096	108	-1,748	0
SIS13_V2_min	GLOBAL	362	112	-3,834	-108	1,437	0
SIS1_M3_max	GLOBAL	-113	-112	-2,927	304	-754	0

**Tabella 5.1: Scarichi dimensionanti impalcato VI01 (B.P.)**

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SIS5_M3_min	GLOBAL	113	112	-4,002	-304	443	0
SIS9_V3_max	GLOBAL	-362	-112	-3,096	108	-1,748	0
SIS13_V3_min	GLOBAL	362	112	-3,834	-108	1,437	0
SIS9_M2_max	GLOBAL	-362	-112	-3,096	108	-1,748	0
SIS13_M2_min	GLOBAL	362	112	-3,834	-108	1,437	0
SIS9_T_max	GLOBAL	-362	-112	-3,096	108	-1,748	0
SIS13_T_min	GLOBAL	362	112	-3,834	-108	1,437	0
SIS1_P_max	GLOBAL	-113	-112	-2,927	304	-754	0
SIS5_P_min	GLOBAL	113	112	-4,002	-304	443	0
SLUacc1.gr1.MO_V2_max	GLOBAL	-359	-212	60	227	-1,409	0
SLUacc1.gr1.MO_V2_min	GLOBAL	359	212	-60	-227	1,409	0
SLUacc1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	-282	-212	119	455	-1,200	0
SLUacc1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	282	212	-119	-455	1,200	0
SLUacc1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	-359	-212	60	227	-1,409	0
SLUacc1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	359	212	-60	-227	1,409	0
SLUacc1.gr1.PE_M2_max	GLOBAL	-359	-212	-3,832	227	-3,668	0
SLUacc1.gr1.MO_M2_min	GLOBAL	359	212	-60	-227	1,411	0
SLUacc1.gr1.MO_T_max	GLOBAL	-359	-212	60	227	-1,409	0
SLUacc1.gr1.MO_T_min	GLOBAL	359	212	-60	-227	1,409	0
SLUacc1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	-282	-212	133	455	-1,207	0
SLUacc1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	282	212	-4,011	-455	-1,016	0

Dalle analisi effettuate sono risultate dimensionanti, ai fini delle verifiche strutturali e geotecniche, le combinazioni di carico sottoelencate.

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLEr1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	190	176	-5,964	-314	-723	0
SLUSTR1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	282	212	-8,680	-455	-1,016	0
SLUGEO1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	244	196	-7,361	-392	-871	0
SIS13_T_min	GLOBAL	362	112	-3,834	-108	1,437	0
SIS5_P_min	GLOBAL	113	112	-4,002	-304	443	0

**Tabella 5.2: Scarichi dimensionanti impalcato VI01 (B.P.)**



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	21 di 75

#### 5.1.4 Inerzie sismiche

In accordo al paragrafo § 8 sono state valutate le inerzie sismiche da applicare ai modelli di calcolo. Le inerzie sono state applicate a tutte le masse presenti: struttura in elevazione della spalla (muro frontale e muri andatori), al plinto di fondazione ed infine alla massa del cuneo di riempimento in c.a.. Operando a vantaggio di sicurezza, si è trascurata la presenza dell'attrito all'interfaccia tra pendio e blocco applicando al modello di calcolo la totalità dell'inerzia del cuneo. Il valore delle inerzie è stato valutato con un coefficiente  $k_h$  pari a 0.093 per la direzione primaria del sisma e pari a  $0.3 \times k_h$  pari a 0.0278 per la direzione secondaria.

## 5.2 Spalla VI02 (B.D.)

### 5.2.1 Pesi propri strutturali


Il peso specifico del calcestruzzo armato, costituente le fondazioni e le elevazioni delle spalle oggetto di studio, è stato computato pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ .

il volume complessivo del calcestruzzo strutturale è stato valutato come indicato come riportato nel seguito.

Porzione	Peso
txt	kN
Plinto di fondazione	1455
Muro frontale	5316
Muro Andatore Sx	581
Muro Andatore Dx	581

I suddetti carichi sono applicati in corrispondenza del baricentro geometrico dei volumi. Si rimanda al paragrafo § 9.2 per le coordinate dei baricentri.



 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA <b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
	PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 00 002	REV. A

### 5.2.2 *Pesi propri non strutturali*

Il peso specifico del calcestruzzo armato, costituente il riempimento tra il pendio ed il paramento in elevazione delle spalle oggetto di studio, è stato computato pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

Porzione	Peso
txt	kN
Riempimento	3176

I suddetti carichi sono applicati in corrispondenza del baricentro geometrico dei volumi. Si rimanda al paragrafo § 9.2 per le coordinate dei baricentri.

### 5.2.3 *Scarichi impalcato*

In accordo con la relazione di calcolo dell'impalcato si riportano nel seguito le sollecitazioni applicate al modello di calcolo in corrispondenza dell'asse impalcato. Gli scarichi sopra indicati sono riferiti al sistema di riferimento globale del modello di calcolo delle spalle descritto da una terna destrorsa avente l'asse tre in direzione verticale e l'asse due in direzione longitudinale con verso positivo entrante nella galleria adiacente la spalla stessa. Si rimanda al paragrafo § 6 per la descrizione delle combinazioni di carico sottoelencate.

**Tabella 5.3: Scarichi dimensionanti impalcato VI02 (B.D.)**

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLEp.1_V2_max	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_V2_min	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_M3_max	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_M3_min	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_V3_max	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_V3_min	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_M2_max	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_M2_min	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_T_max	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_T_min	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_P_max	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0
SLEp.1_P_min	GLOBAL	0	0	-2,639	0	0	0



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
 CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	23 di 75

**Tabella 5.3: Scarichi dimensionanti impalcato VI02 (B.D.)**

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLEqp1_V2_max	GLOBAL	0	-79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_V2_min	GLOBAL	0	79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_M3_max	GLOBAL	0	-79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_M3_min	GLOBAL	0	79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_V3_max	GLOBAL	0	-79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_V3_min	GLOBAL	0	79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_M2_max	GLOBAL	0	-79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_M2_min	GLOBAL	0	79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_T_max	GLOBAL	0	-79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_T_min	GLOBAL	0	79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_P_max	GLOBAL	0	-79	-2,639	0	0	0
SLEqp1_P_min	GLOBAL	0	79	-2,639	0	0	0
SLEfr1.gr3.MO_V2_max	GLOBAL	44	-133	-2,573	0	116	0
SLEfr1.gr3.MO_V2_min	GLOBAL	-44	133	-2,705	0	-116	0
SLEfr1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	44	-133	-2,573	0	116	0
SLEfr1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	-44	133	-2,705	0	-116	0
SLEfr2.MO_V3_max	GLOBAL	94	-79	-2,639	0	412	0
SLEfr2.MO_V3_min	GLOBAL	-94	79	-2,639	0	-412	0
SLEfr1.gr1.MO_M2_max	GLOBAL	88	-133	-4,213	0	1,298	0
SLEfr2.MO_M2_min	GLOBAL	-94	79	-2,639	0	-412	0
SLEfr2.MO_T_max	GLOBAL	94	-79	-2,639	0	412	0
SLEfr2.MO_T_min	GLOBAL	-94	79	-2,639	0	-412	0
SLEfr1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	44	-133	-2,564	0	121	0
SLEfr1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-44	133	-4,499	0	913	0
SLEr1.gr3.MO_V2_max	GLOBAL	167	-146	-2,557	0	639	0
SLEr1.gr3.MO_V2_min	GLOBAL	-167	146	-2,721	0	-639	0
SLEr1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	167	-146	-2,557	0	639	0
SLEr1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	-167	146	-2,721	0	-639	0
SLEr1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	222	-146	-2,598	0	785	0
SLEr1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	-222	146	-2,680	0	-785	0
SLEr1.gr1.MO_M2_max	GLOBAL	222	-146	-4,607	0	2,116	0
SLEr2.MO_M2_min	GLOBAL	-187	133	-2,639	0	-823	0



**Tabella 5.3: Scarichi dimensionanti impalcato VI02 (B.D.)**

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLEr2.MO_T_max	GLOBAL	187	-133	-2,639	0	823	0
SLEr2.MO_T_min	GLOBAL	-187	133	-2,639	0	-823	0
SLEr1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	167	-146	-2,545	0	645	0
SLEr1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-167	146	-4,964	0	647	0
SLUSTR1.gr3.MO_V2_max	GLOBAL	248	-176	-3,735	0	952	0
SLUSTR1.gr3.MO_V2_min	GLOBAL	-248	176	-3,974	0	-952	0
SLUSTR1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	248	-176	-3,735	0	952	0
SLUSTR1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	-248	176	-3,974	0	-952	0
SLUSTR1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	328	-176	-3,794	0	1,162	0
SLUSTR1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	-328	176	-3,914	0	-1,162	0
SLUSTR1.gr1.MO_M2_max	GLOBAL	328	-176	-6,707	0	3,093	0
SLUSTR1.gr1.MO_M2_min	GLOBAL	-328	176	-3,914	0	-1,162	0
SLUSTR1.gr1.MO_T_max	GLOBAL	328	-176	-3,794	0	1,162	0
SLUSTR1.gr1.MO_T_min	GLOBAL	-328	176	-3,914	0	-1,162	0
SLUSTR1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	248	-176	-3,718	0	960	0
SLUSTR1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-248	176	-7,226	0	913	0
SLUEQU1.gr3.MO_V2_max	GLOBAL	248	-176	-3,560	0	952	0
SLUEQU1.gr3.MO_V2_min	GLOBAL	-248	176	-3,799	0	-952	0
SLUEQU1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	248	-176	-3,560	0	952	0
SLUEQU1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	-248	176	-3,799	0	-952	0
SLUEQU1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	328	-176	-3,620	0	1,162	0
SLUEQU1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	-328	176	-3,740	0	-1,162	0
SLUEQU1.gr1.MO_M2_max	GLOBAL	328	-176	-6,533	0	3,093	0
SLUEQU1.gr1.MO_M2_min	GLOBAL	-328	176	-3,740	0	-1,162	0
SLUEQU1.gr1.MO_T_max	GLOBAL	328	-176	-3,620	0	1,162	0
SLUEQU1.gr1.MO_T_min	GLOBAL	-328	176	-3,740	0	-1,162	0
SLUEQU1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	248	-176	-3,544	0	960	0
SLUEQU1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-248	176	-7,052	0	913	0
SLUGEO1.gr3.MO_V2_max	GLOBAL	215	-163	-3,119	0	824	0
SLUGEO1.gr3.MO_V2_min	GLOBAL	-215	163	-3,325	0	-824	0
SLUGEO1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	215	-163	-3,119	0	824	0
SLUGEO1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	-215	163	-3,325	0	-824	0




QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
 CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	25 di 75

**Tabella 5.3: Scarichi dimensionanti impalcato VI02 (B.D.)**

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLUGEO1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	284	-163	-3,170	0	1,006	0
SLUGEO1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	-284	163	-3,273	0	-1,006	0
SLUGEO1.gr1.MO_M2_max	GLOBAL	284	-163	-5,681	0	2,669	0
SLUGEO1.gr1.MO_M2_min	GLOBAL	-284	163	-3,273	0	-1,006	0
SLUGEO1.gr1.MO_T_max	GLOBAL	284	-163	-3,170	0	1,006	0
SLUGEO1.gr1.MO_T_min	GLOBAL	-284	163	-3,273	0	-1,006	0
SLUGEO1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	215	-163	-3,104	0	831	0
SLUGEO1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-215	163	-6,128	0	784	0
SIS1_V2_max	GLOBAL	85	-92	-2,303	0	654	0
SIS5_V2_min	GLOBAL	-85	92	-3,422	0	-387	0
SIS1_M3_max	GLOBAL	85	-92	-2,303	0	654	0
SIS5_M3_min	GLOBAL	-85	92	-3,422	0	-387	0
SIS9_V3_max	GLOBAL	270	-92	-2,513	0	1,518	0
SIS13_V3_min	GLOBAL	-270	92	-3,211	0	-1,252	0
SIS9_M2_max	GLOBAL	270	-92	-2,513	0	1,518	0
SIS13_M2_min	GLOBAL	-270	92	-3,211	0	-1,252	0
SIS9_T_max	GLOBAL	270	-92	-2,513	0	1,518	0
SIS13_T_min	GLOBAL	-270	92	-3,211	0	-1,252	0
SIS1_P_max	GLOBAL	85	-92	-2,303	0	654	0
SIS5_P_min	GLOBAL	-85	92	-3,422	0	-387	0
SLUacc1.gr3.MO_V2_max	GLOBAL	248	-176	119	0	952	0
SLUacc1.gr3.MO_V2_min	GLOBAL	-248	176	-119	0	-952	0
SLUacc1.gr3.MO_M3_max	GLOBAL	248	-176	119	0	952	0
SLUacc1.gr3.MO_M3_min	GLOBAL	-248	176	-119	0	-952	0
SLUacc1.gr1.MO_V3_max	GLOBAL	328	-176	60	0	1,162	0
SLUacc1.gr1.MO_V3_min	GLOBAL	-328	176	-60	0	-1,162	0
SLUacc1.gr1.MO_M2_max	GLOBAL	328	-176	-2,853	0	3,093	0
SLUacc1.gr1.MO_M2_min	GLOBAL	-328	176	-60	0	-1,162	0
SLUacc1.gr1.MO_T_max	GLOBAL	328	-176	60	0	1,162	0
SLUacc1.gr1.MO_T_min	GLOBAL	-328	176	-60	0	-1,162	0
SLUacc1.gr3.MO_P_max	GLOBAL	248	-176	136	0	960	0
SLUacc1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-248	176	-3,372	0	913	0

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES	<b>COMMESSA</b> IBL1	<b>LOTTO</b> 10	<b>CODIFICA</b> D 09 CL	<b>DOCUMENTO</b> VI 00 00 002	<b>REV.</b> A

Dalle analisi effettuate sono risultate dimensionanti, ai fini delle verifiche strutturali e geotecniche, le combinazioni di carico sottoelencate.

LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLER1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-167	146	-4,964	0	647	0
SLUSTR1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-248	176	-7,226	0	913	0
SLUEQU1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-248	176	-7,052	0	913	0
SLUGEO1.gr3.PE_P_min	GLOBAL	-215	163	-6,128	0	784	0
SIS5_M3_min	GLOBAL	-85	92	-3,422	0	-387	0
SIS13_V3_min	GLOBAL	-270	92	-3,211	0	-1,252	0

**Tabella 5.4: Scarichi dimensionanti impalcato VI02 (B.D.)**

#### 5.2.4 Inerzie sismiche

In accordo al paragrafo § 8 sono state valutate le inerzie sismiche da applicare ai modelli di calcolo. Le inerzie sono state applicate a tutte le masse presenti: struttura in elevazione della spalla (muro frontale e muri andatori), al plinto di fondazione ed infine alla massa del cono di riempimento in c.a.. Operando a vantaggio di sicurezza, si è trascurata la presenza dell'attrito all'interfaccia tra pendio e blocco applicando al modello di calcolo la totalità dell'inerzia del cono. Il valore delle inerzie è stato valutato con un coefficiente  $k_h$  pari a 0.093 per la direzione primaria del sisma e pari a  $0.3 \times k_h$  pari a 0.0278 per la direzione secondaria.



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	27 di 75

## 6 COMBINAZIONI DI CALCOLO

La nomenclatura delle azioni elementari e delle combinazioni di carico dimensionanti impiegate per le verifiche strutturali e geotecniche, in accordo con la relazione IBL110D09CLVI0000007A, sono riportate nelle tabelle seguenti, avendole distinte per tipologia (statiche e sismiche).

G1	pesi propri
G2	permanenti portati
mono-NORMALE	carichi verticali da traffico normale
mono-PESANTE	carichi verticali da traffico pesante
E3DENV	azione termica
Q5ENV	vento
Q1k	frenatura
Qtk	serpeggio + centrifuga
Q7-perm	attrito permanenti
SL	azione sismica longitudinale
ST	azione sismica trasversale
SV	azione sismica verticale
Q1-env	carichi verticali (involuppo traffico normale e pesante)
Q7-mob-din	attrito mobili dinamizzati

Tabella 6.1: Nomenclatura delle azioni elementari

SLUSTR1.gr3.PE		SLUGE01.gr3.PE		SLER3.gr3.PE	
G1	1.35	G1	1	G1	1
G2	1.5	G2	1.3	G2	1
mono-NORMALE		mono-NORMALE		mono-NORMALE	
mono-PESANTE	1.45	mono-PESANTE	1.25	mono-PESANTE	0.8
E3DENV	0.9	E3DENV	0.78	E3DENV	1
Q5ENV	0.9	Q5ENV	0.78	Q5ENV	0.6
Q1k	1.45	Q1k	1.25	Q1k	0.8
Qtk	0.725	Qtk	0.625	Qtk	0.4
Q7-perm	1	Q7-perm	1	Q7-perm	1
Q7-mob-din	1.45	Q7-mob-din	1.25	Q7-mob-din	0.8

Tabella 6.2: Combinazioni statiche

	SIS13
G1	1
G2	1
E3DENV	0.5
Q5ENV	
Q1k	0.1
Qtk	0.2
Q7-perm	1
SL	-0.3
ST	-1
SV	-0.3
Q1-env	0.2
Q7-mob-din	0.2

	SIS5
G1	1
G2	1
E3DENV	0.5
Q5ENV	
Q1k	0.2
Qtk	0.1
Q7-perm	1
SL	-1
ST	-0.3
SV	-0.3
Q1-env	0.2
Q7-mob-din	0.2

Tabella 6.3: Combinazioni sismiche (B.P.)



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	29 di 75

## 7 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le analisi sono state effettuate seguendo la stratigrafia di dettaglio descritta di seguito in accordo con la “Caratterizzazione Geotecnica – Opere all’aperto tratto Ponte Gardena-Fortezza”:

Terreno tipo 1 – BBSa (Quarziti muscovitiche) –BBS (Filladi Quarzifere)

$\gamma$	=	25.0kN/m <sup>3</sup>	peso di volume
$\varphi'$	=	40°	angolo di resistenza al taglio
$c'$	=	100	coesione intercetta
$E$	=	1000 MPa	modulo elastico operativo

Per valutare la rigidità orizzontale del palo, si è tenuto in conto la relazione

$$E_s = kB$$

in cui  $E_s$ : modulo di elasticità del sottosuolo,  $k$ : coefficiente di sottofondo,  $B = 1.5xD$  (con D diametro del palo). Ipotizzando il modulo di elasticità del sottosuolo, per la formazione rocciosa BSS, variabile con la profondità tra 1000-1200MPa (da 0 a 10m), è possibile stimare il valore delle rigidità da assegnare alle molle dell’elemento frame rappresentativo dell’elemento strutturale “palo”.



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	30 di 75

E'	D palo	k <sub>h</sub>
MPa	m	kN/m <sup>3</sup>
1000.00	0.25	2.67E+06
1010.00		2.69E+06
1020.00		2.72E+06
1030.00		2.75E+06
1040.00		2.77E+06
1050.00		2.80E+06
1060.00		2.83E+06
1070.00		2.85E+06
1080.00		2.88E+06
1090.00		2.91E+06
1100.00		2.93E+06
1110.00		2.96E+06
1120.00		2.99E+06
1130.00		3.01E+06
1140.00		3.04E+06
1150.00		3.07E+06
1160.00		3.09E+06
1170.00		3.12E+06
1180.00		3.15E+06
1190.00		3.17E+06
1200.00		3.20E+06

Volendo, simulare la presenza del palo con un'unica molla orizzontale, è possibile utilizzare un valore mediato delle precedenti rigidezze: 2.930E+06 kN/m.

Per valutare la rigidezza assiale del palo, è stato valutato il rapporto tra il carico totale che agisce sul palo ed il cedimento secondo la formula  $\frac{S}{w_s} = \frac{2\pi L \bar{G}}{\zeta}$ . Nella formulazione precedente, si ha:

$\zeta = 4$  per tener in conto della distanza di estinzione, cioè la distanza al di là della quale non si ha più alcuna deformazione;

L = lunghezza del palo;

G = modulo di elasticità trasversale medio



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA


PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	31 di 75

$E_1$	1000000	$\text{kN/m}^2$	modulo di elasticità longitudinale testa palo
$E_2$	1200000	$\text{kN/m}^2$	modulo di elasticità longitudinale base palo
$G_m$	440000	$\text{kN/m}^2$	modulo di elasticità trasversale medio
L	10	m	profondità del palo

Il valore della rigidità assiale del palo risulta pari a  $6.91\text{E}+06$  kN/m



	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA					
	PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 00 002	REV. A

## 8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Si riporta di seguito la caratterizzazione sismica dei luoghi e fisico-meccanica del terreno secondo le NTC2008 e delle istruzioni ITF.

In accordo con la committenza si prevede l'assunzione dei seguenti valori per  $V_N$  e  $C_U$ :

- 75 vita nominale  $V_N$  (anni);
- 1.5 coefficiente d'uso  $C_U$

Il periodo di riferimento dell'azione sismica di progetto  $V_R$  si definisce come:

$$V_R \geq V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.50 = 112.5 \text{ anni}$$

Tale valore ha notevole importanza in quanto assumendo una legge di ricorrenza dell'azione sismica di tipo Poissoniano permette di definire, una volta fissata la probabilità di superamento PVR corrispondente allo stato limite considerato (Tabella 3.2.1 delle NTC - DM 14 gennaio 2008), il periodo di ritorno  $T_R$  dell'azione sismica cui fare riferimento nelle verifiche.


Ai sensi delle NTC 2008 in materia di classificazione sismica della zona in cui ricade l'opera ed in base alle risultanze delle indagini geognostiche eseguite e riportate nella scheda geotecnica IV03 si considera come riferimento quanto riportato nella seguente *Tabella 8.1*.

longitudine	latitudine	cat. sottosuolo	cat. topografica
[°]	[°]	[-]	[-]
11.60296	46.65809	B	T2

**Tabella 8.1: sintesi parametri sismici**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.027	2.455	0.203
SLD	113	0.033	2.447	0.239
SLV	1068	0.065	2.666	0.391
SLC	2193	0.078	2.770	0.421

**Figura 8.1: Parametri di azione**

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA				
	PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 00 002

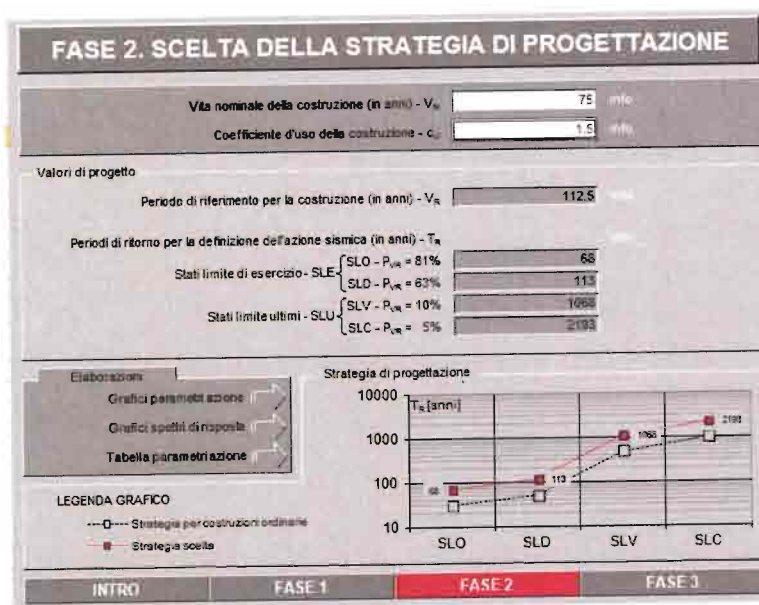


Figura 8.2: Strategia di progettazione

In base ai parametri sopra esposti si possono eseguire le analisi sismiche statiche equivalenti. Possono definirsi i parametri concorrenti alla definizione del coefficiente  $S$ , che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche ( $S = S_s \cdot S_t$ ) e degli spettri di risposta elastici considerando suolo di categoria B e, limitatamente alle zone in esame, categoria topografica T2.

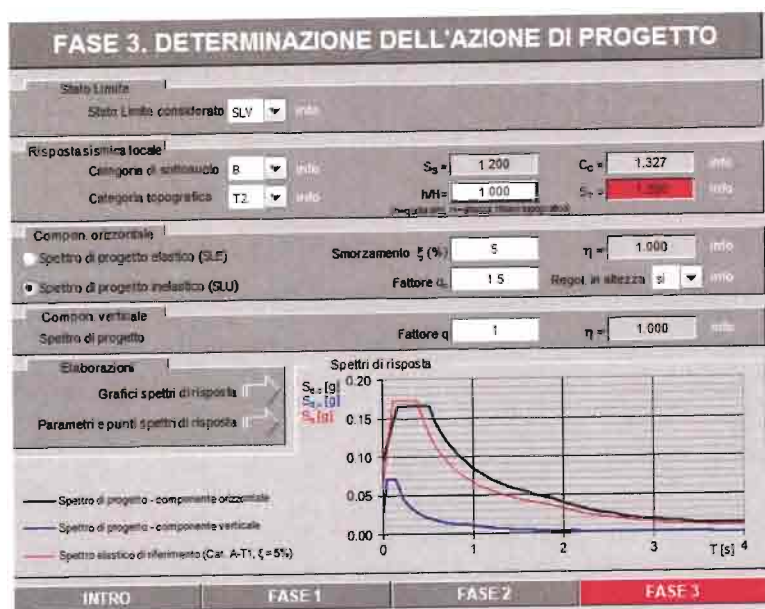
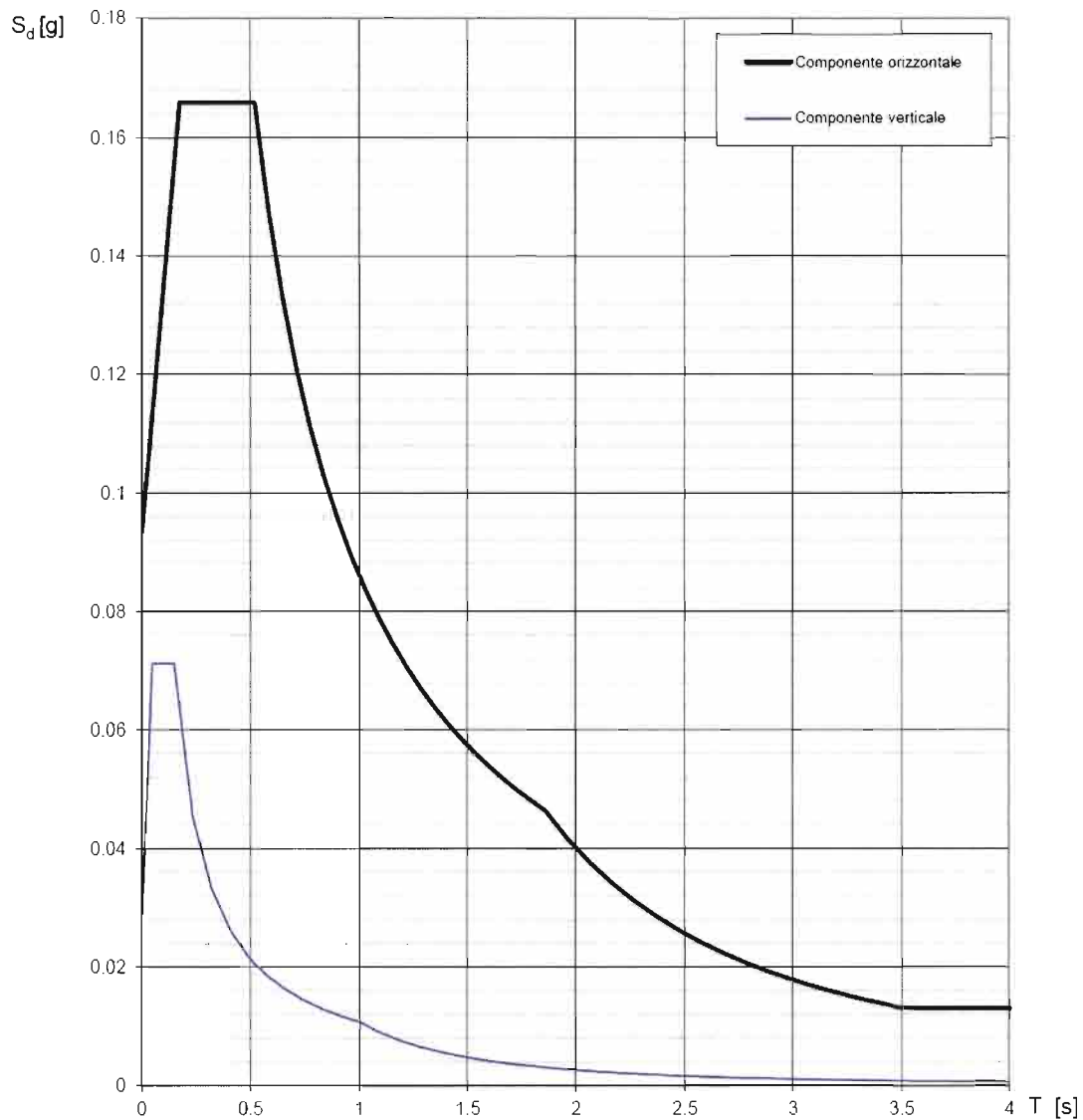


Figura 8.3: Determinazione azione di progetto

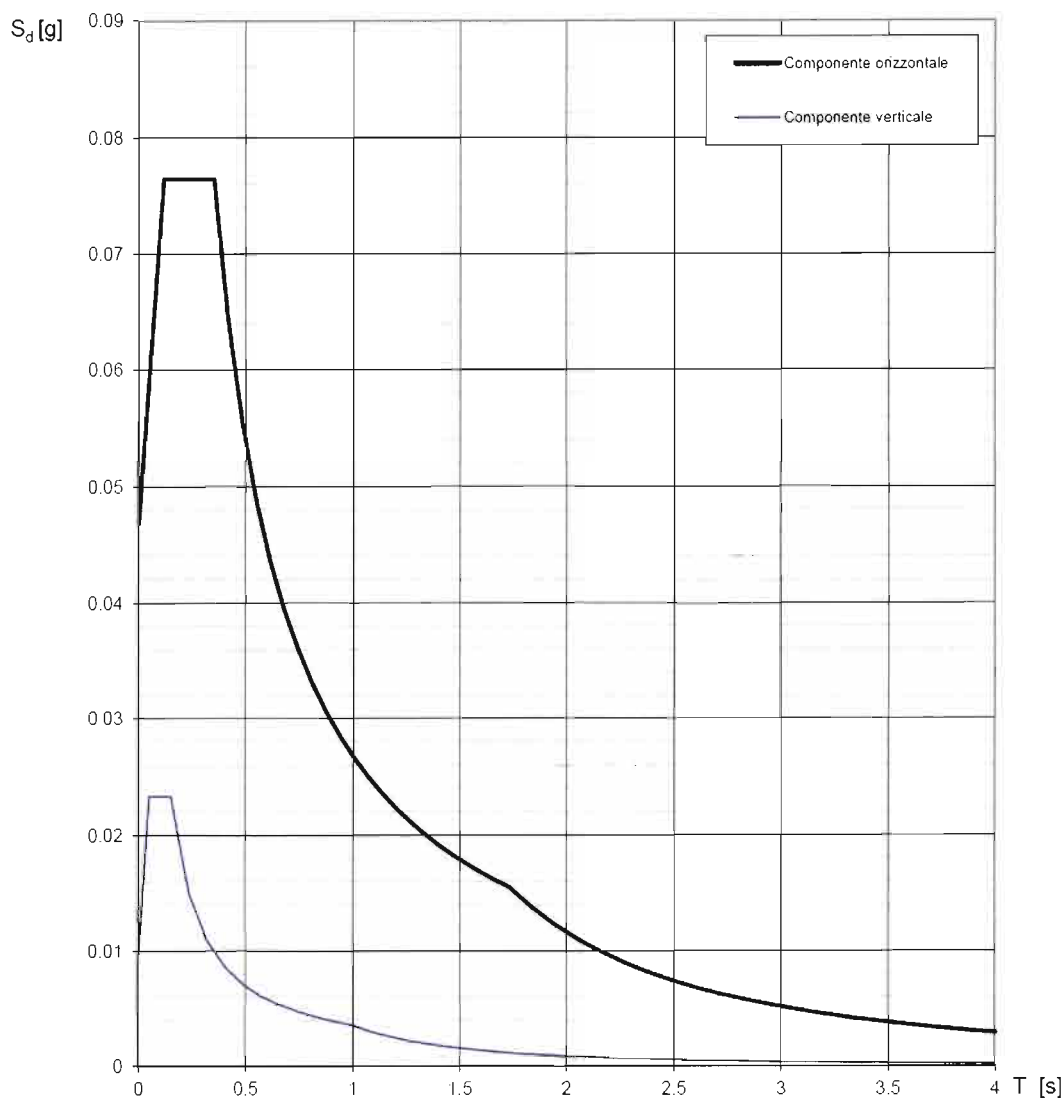
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Figura 8.4: Grafici dello spettro di risposta SLV**

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Figura 8.5: Grafici dello spettro di risposta SLD**

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.065 g
$F_o$	2.666
$T_{r,1}$	0.391 s
$S_{S_2}$	1.200
$C_{S_2}$	1.327
$S_T$	1.200
$q$	1.500

**Parametri dipendenti**

$S$	1.440
$\eta$	0.667
$T_B$	0.173 s
$T_C$	0.519 s
$T_D$	1.859 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g - 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	$S_e$ [g]
	0.000	0.093
$T_B$ ←	0.173	0.166
$T_C$ ←	0.519	0.166
	0.583	0.148
	0.647	0.133
	0.711	0.121
	0.775	0.111
	0.838	0.103
	0.902	0.095
	0.966	0.089
	1.030	0.084
	1.094	0.079
	1.157	0.074
	1.221	0.071
	1.285	0.067
	1.349	0.064
	1.413	0.061
	1.476	0.058
	1.540	0.056
	1.604	0.054
	1.668	0.052
	1.732	0.050
	1.795	0.048
$T_D$ ←	1.859	0.046
	1.961	0.042
	2.063	0.038
	2.165	0.034
	2.267	0.031
	2.369	0.029
	2.471	0.026
	2.573	0.024
	2.675	0.022
	2.777	0.021
	2.879	0.019
	2.981	0.018
	3.082	0.017
	3.184	0.016
	3.286	0.015
	3.388	0.014
	3.490	0.013
	3.592	0.013
	3.694	0.013
	3.796	0.013
	3.898	0.013
	4.000	0.013

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Figura 8.6: Parametri dello spettro di risposta orizzontale SLV**

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.033 g
$F_0$	2.447
$T_c^*$	0.239 s
$S_s$	1.200
$C_c$	1.464
$S_T$	1.200
$q$	1.500

**Parametri dipendenti**

$S$	1.440
$\eta$	0.667
$T_B$	0.117 s
$T_C$	0.351 s
$T_D$	1.730 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = \sqrt{10^{0.7(S+\xi)}} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6, §. 3.2.3.5})$$

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

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

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.047
$T_B$ ←	0.117	0.076
$T_C$ ←	0.351	0.076
	0.416	0.064
	0.482	0.056
	0.548	0.049
	0.613	0.044
	0.679	0.039
	0.745	0.036
	0.810	0.033
	0.876	0.031
	0.942	0.028
	1.007	0.027
	1.073	0.025
	1.139	0.024
	1.205	0.022
	1.270	0.021
	1.336	0.020
	1.402	0.019
	1.467	0.018
	1.533	0.017
	1.599	0.017
	1.664	0.016
$T_D$ ←	1.730	0.015
	1.838	0.014
	1.946	0.012
	2.054	0.011
	2.162	0.010
	2.271	0.009
	2.379	0.008
	2.487	0.007
	2.595	0.007
	2.703	0.006
	2.811	0.006
	2.919	0.005
	3.027	0.005
	3.135	0.005
	3.243	0.004
	3.351	0.004
	3.460	0.004
	3.568	0.004
	3.676	0.003
	3.784	0.003
	3.892	0.003
	4.000	0.003

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Figura 8.7: Parametri dello spettro di risposta orizzontale SLD**



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	38 di 75

In base alle accelerazioni massime attese sul sito in esame si valutano, alla luce dei parametri valutati sopra nella condizione di SLV, i coefficienti di intensità sismica da utilizzarsi nelle analisi pseudo statiche, con le espressioni che seguono; la *Tabella 8.2* ne riporta una sintesi.


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

essendo

$$a_{max} = S_s \cdot S_i \cdot a_g$$

$S_s$	$S_r$	$a_g$	$a_{max}$	$\beta_m$	$k_h$
[°]	[°]	[g]	[g]	[-]	[-]
1.20	1.20	0.065	0.093	1.00	0.093

**Tabella 8.2: sintesi parametri sismici**

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 00 002	REV. A

## 9 MODELLO DI CALCOLO

Le due spalle sono state analizzate mediante modello di calcolo agli elementi finiti tridimensionale in due successive fasi: la prima, rappresentativa di uno step costruttivo, in cui la porzione in elevazione non risulta vincolata alla struttura in c.a. costituente l'arco rovescio della galleria (nel seguito denominata FASE A); la seconda, rappresentativa dell'esercizio della struttura, in cui si considera reagente il getto di collegamento tra testa muri in elevazione ed arco rovescio della galleria (nel seguito denominata FASE B). Il modello di calcolo di FASE A risulta soggetto alle sole azioni gravitazionali indotte dai volumi strutturali e di riempimento costituenti la spalla stessa. Il modello di calcolo di FASE B risulta soggetto alle azioni indotte dell'impalcato in fase statica e sismica e le relative forze inerziali. Nei modelli di calcolo, operando a vantaggio di sicurezza, si è omesso il contributo di vincolo offerto dalla chiodature che connettono i muri andatori al pendio.

I modelli di calcolo relativi alla FASE A sono costituiti da i nodi rappresentativi dei vincoli dei micropali, tra loro cinematicamente connessi da un vincolo rigido rappresentativo del plinto di fondazione, e dalle strutture in elevazione non vincolate in testa.

Nella successiva fase B i modelli di calcolo sono costituiti da elementi frame verticali, rappresentativi del muro frontale. Il paramento verticale risulta vincolato alla testa pali, schematizzati con vincoli elastici di opportuna rigidità nelle tre direzioni (X,Y,Z), mediante vincolo cinematico di corpo rigido, rappresentativo della platea di fondazione.

Il sistema di riferimento globale per tutti i modelli di calcolo è costituito da una terna destrorsa avente l'asse tre in direzione verticale e l'asse due in direzione longitudinale con verso positivo entrante nella galleria adiacente la spalla stessa.



### 9.1 Spalla VI01 (B.P.): geometria del modello di calcolo

Si riporta nel seguito una rappresentazione del modello di calcolo delle strutture oggetto di studio. Le azioni agenti sulla struttura sono applicate in corrispondenza della reale posizione del carico mediante la presenza di bracci rigidi tra punto di applicazione del carico stesso e l'elemento frame schematizzante il muro frontale.

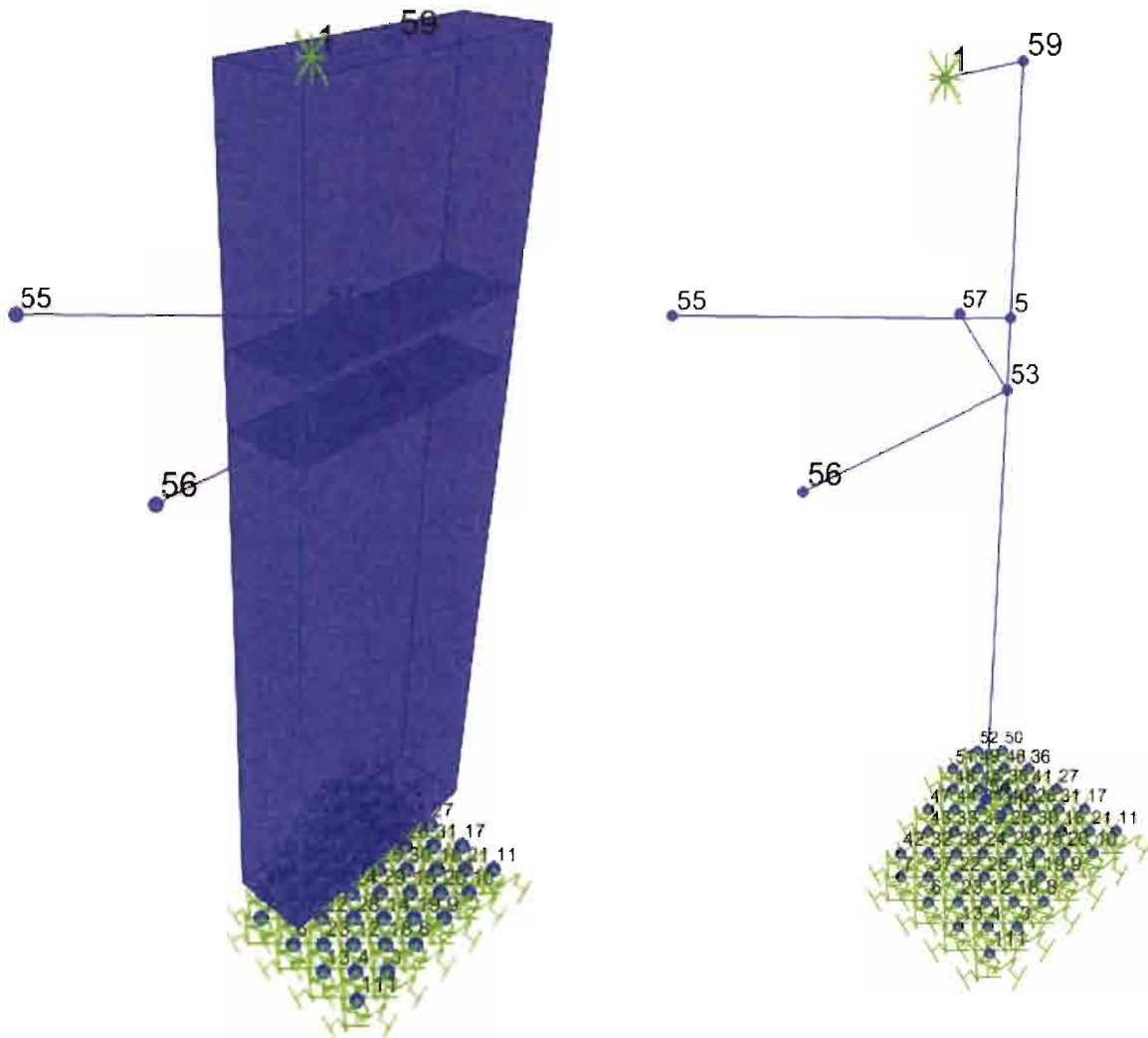
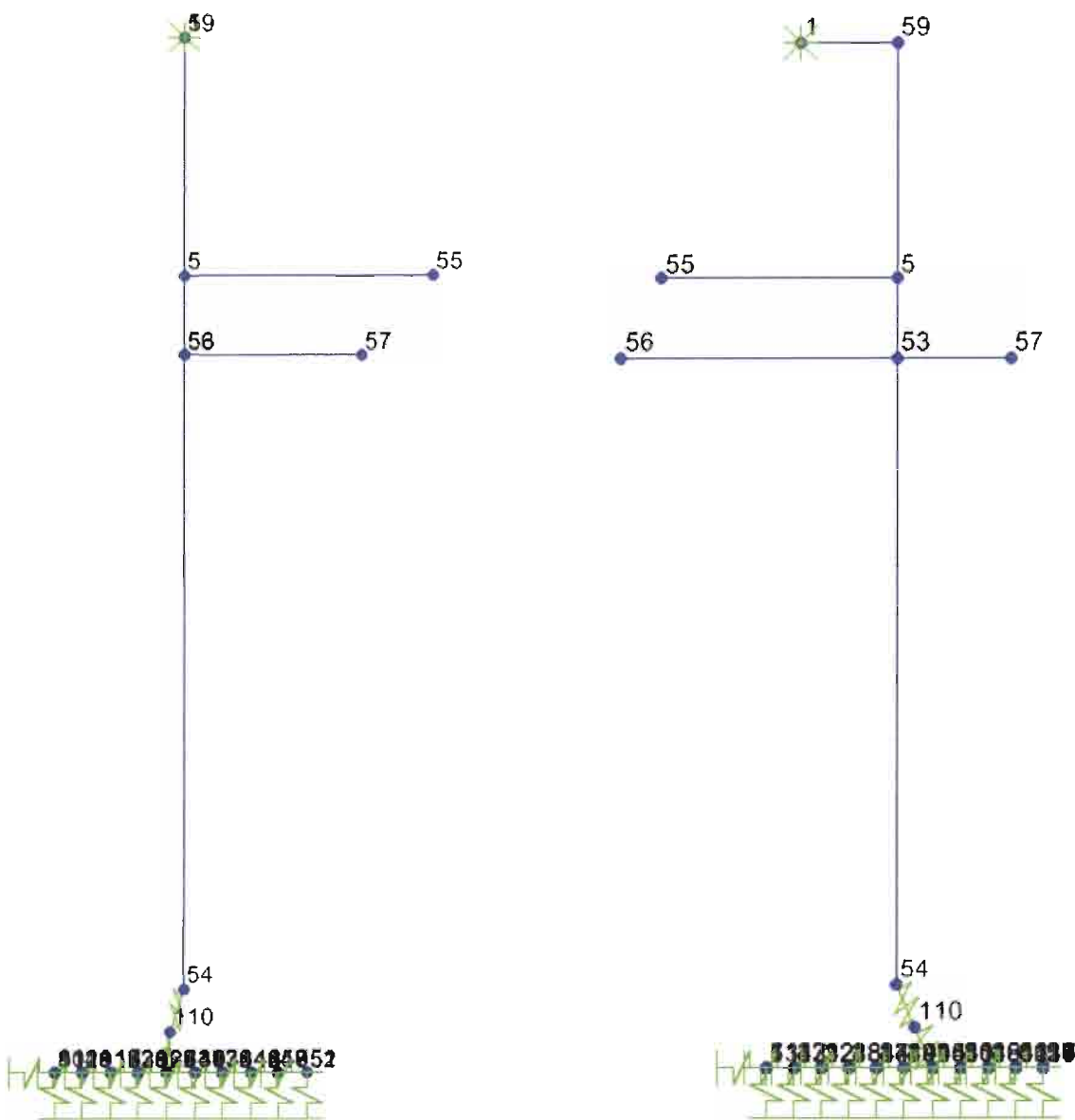


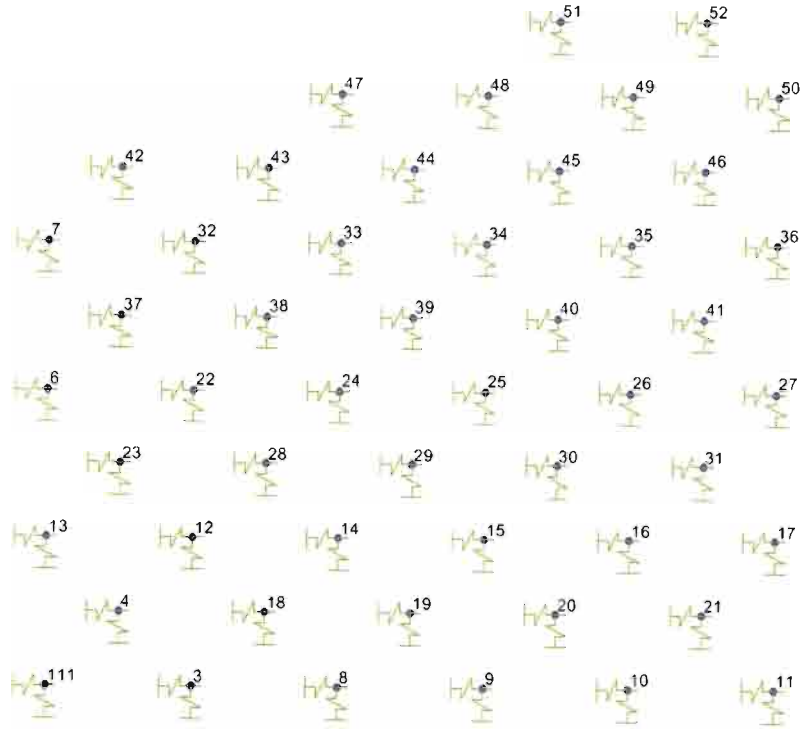
Figura 9-1 Viste tridimensionali del modello di calcolo VI01 (B.P)



a) Prospetto laterale

b) Prospetto frontale

**Figura 9-2 Viste in prospettiva del modello di calcolo VI01 (B.P)**



**Figura 9-3 Vista in pianta del modello di calcolo VI01 (B.P)**

Nei paragrafi seguenti si riportano le informazioni geometriche e meccaniche del modello di calcolo.

### 9.1.1 Coordinate della testa dei micropali

**TABLE: Joint Coordinates**

Joint	CoordSys	CoordType	X	Y	Z
Text	Text	Text	m	m	m
3	GLOBAL	Cartesian	1.00	0.00	0.00
4	GLOBAL	Cartesian	0.50	0.50	0.00
6	GLOBAL	Cartesian	0.00	2.00	0.00
7	GLOBAL	Cartesian	0.00	3.00	0.00
8	GLOBAL	Cartesian	2.00	0.00	0.00
9	GLOBAL	Cartesian	3.00	0.00	0.00
10	GLOBAL	Cartesian	4.00	0.00	0.00
11	GLOBAL	Cartesian	5.00	0.00	0.00
12	GLOBAL	Cartesian	1.00	1.00	0.00
13	GLOBAL	Cartesian	0.00	1.00	0.00
14	GLOBAL	Cartesian	2.00	1.00	0.00
15	GLOBAL	Cartesian	3.00	1.00	0.00
16	GLOBAL	Cartesian	4.00	1.00	0.00
17	GLOBAL	Cartesian	5.00	1.00	0.00
18	GLOBAL	Cartesian	1.50	0.50	0.00
19	GLOBAL	Cartesian	2.50	0.50	0.00
20	GLOBAL	Cartesian	3.50	0.50	0.00
21	GLOBAL	Cartesian	4.50	0.50	0.00
22	GLOBAL	Cartesian	1.00	2.00	0.00
23	GLOBAL	Cartesian	0.50	1.50	0.00
24	GLOBAL	Cartesian	2.00	2.00	0.00
25	GLOBAL	Cartesian	3.00	2.00	0.00
26	GLOBAL	Cartesian	4.00	2.00	0.00
27	GLOBAL	Cartesian	5.00	2.00	0.00
28	GLOBAL	Cartesian	1.50	1.50	0.00
29	GLOBAL	Cartesian	2.50	1.50	0.00
30	GLOBAL	Cartesian	3.50	1.50	0.00
31	GLOBAL	Cartesian	4.50	1.50	0.00
32	GLOBAL	Cartesian	1.00	3.00	0.00
33	GLOBAL	Cartesian	2.00	3.00	0.00
34	GLOBAL	Cartesian	3.00	3.00	0.00
35	GLOBAL	Cartesian	4.00	3.00	0.00
36	GLOBAL	Cartesian	5.00	3.00	0.00



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
 CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	44 di 75

**TABLE: Joint Coordinates**

Joint	CoordSys	CoordType	X	Y	Z
Text	Text	Text	m	m	m
37	GLOBAL	Cartesian	0.50	2.50	0.00
38	GLOBAL	Cartesian	1.50	2.50	0.00
39	GLOBAL	Cartesian	2.50	2.50	0.00
40	GLOBAL	Cartesian	3.50	2.50	0.00
41	GLOBAL	Cartesian	4.50	2.50	0.00
42	GLOBAL	Cartesian	0.50	3.50	0.00
43	GLOBAL	Cartesian	1.50	3.50	0.00
44	GLOBAL	Cartesian	2.50	3.50	0.00
45	GLOBAL	Cartesian	3.50	3.50	0.00
46	GLOBAL	Cartesian	4.50	3.50	0.00
47	GLOBAL	Cartesian	2.00	4.00	0.00
48	GLOBAL	Cartesian	3.00	4.00	0.00
49	GLOBAL	Cartesian	4.00	4.00	0.00
50	GLOBAL	Cartesian	5.00	4.00	0.00
51	GLOBAL	Cartesian	3.50	4.50	0.00
52	GLOBAL	Cartesian	4.50	4.50	0.00
111	GLOBAL	Cartesian	0.00	0.00	0.00

9.1.2 *Coordinate del baricentro delle strutture in elevazione*

**TABLE: Joint Coordinates**

Joint	CoordSys	CoordType	X	Y	Z	descrizione
Text	Text	Text	m	m	m	Txt
110	GLOBAL	Cartesian	2.70	2.06	0.75	Plinto
55	GLOBAL	Cartesian	-1.90	6.74	14.10	riempimento
56	GLOBAL	Cartesian	-2.63	2.29	12.70	Muro frontale porzione triangolare
57	GLOBAL	Cartesian	4.40	5.47	12.70	Muro andatore
*)	GLOBAL	Cartesian	2.35	2.28	9.90	Muro frontale porzione rettangolare



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	45 di 75

### 9.1.3 Vincoli

Nella Fase A il modello di calcolo risulta vincolato alla base mediante molle alla traslazione verticale ed orizzontale di rigidità rispettivamente pari a 6910000 kN/m e 2930000 kN/m.. Nella successiva Fase B il modello risulta ulteriormente vincolato in corrispondenza della sommità della struttura in elevazione mediante un vincolo che blocca la traslazione orizzontale, sia longitudinale che trasversale, e le rotazioni intorno ai tre assi.

## 9.2 Spalla VI02 (B.D.): geometria del modello di calcolo

Si riporta nel seguito una rappresentazione del modello di calcolo delle strutture oggetto di studio. Le azioni agenti sulla struttura sono applicate in corrispondenza della reale posizione del carico mediante la presenza di bracci rigidi tra punto di applicazione del carico stesso e l'elemento frame schematizzante il muro frontale.

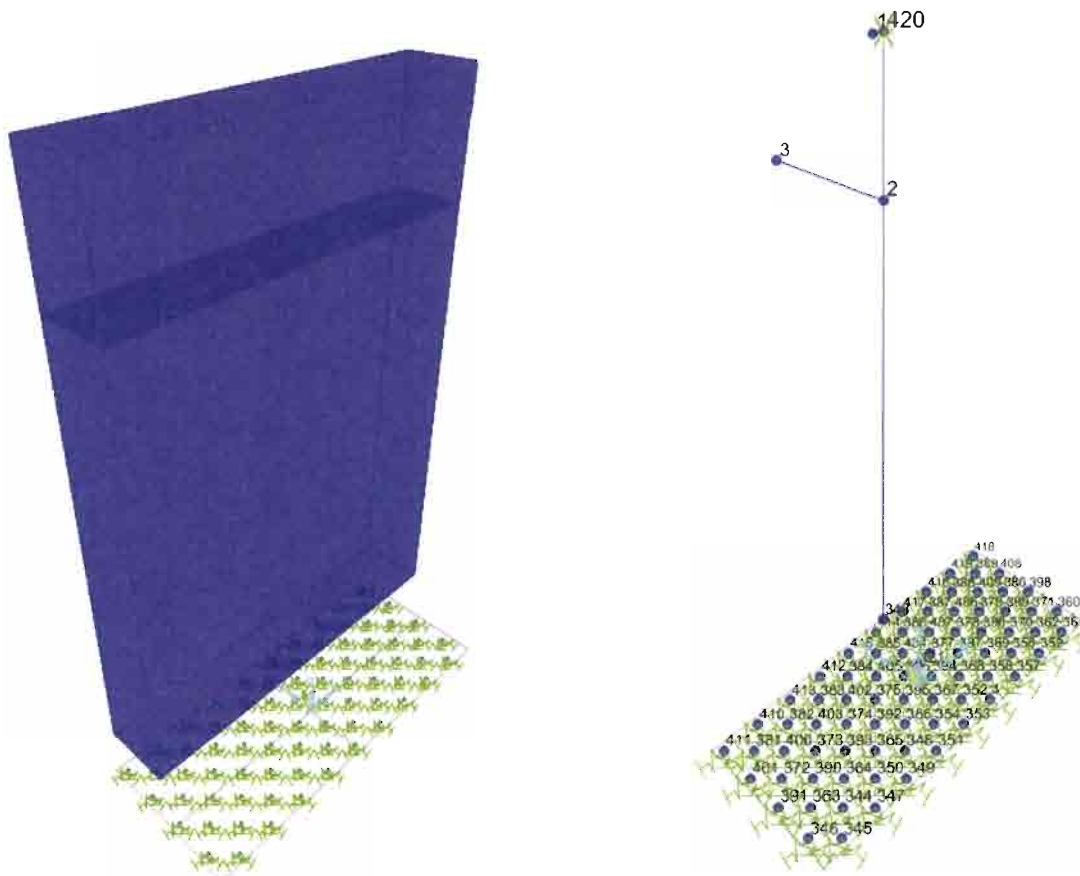


Figura 9-4 Viste tridimensionali del modello di calcolo VI02 (B.D)

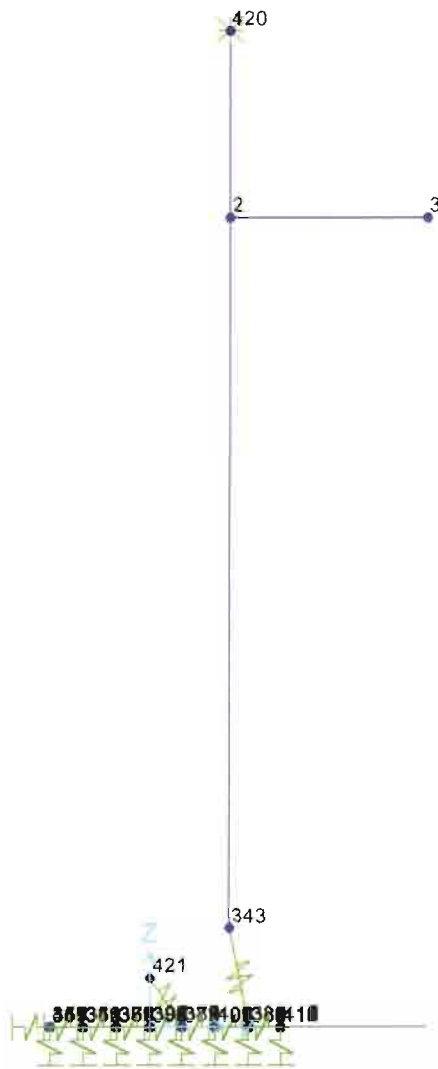


QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

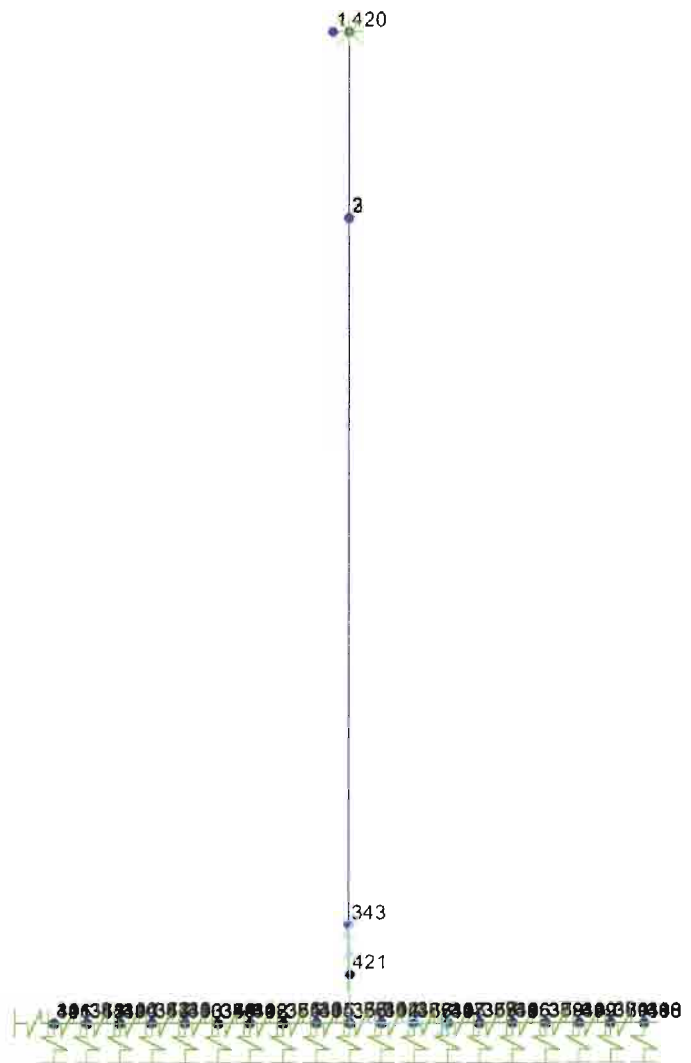
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	47 di 75



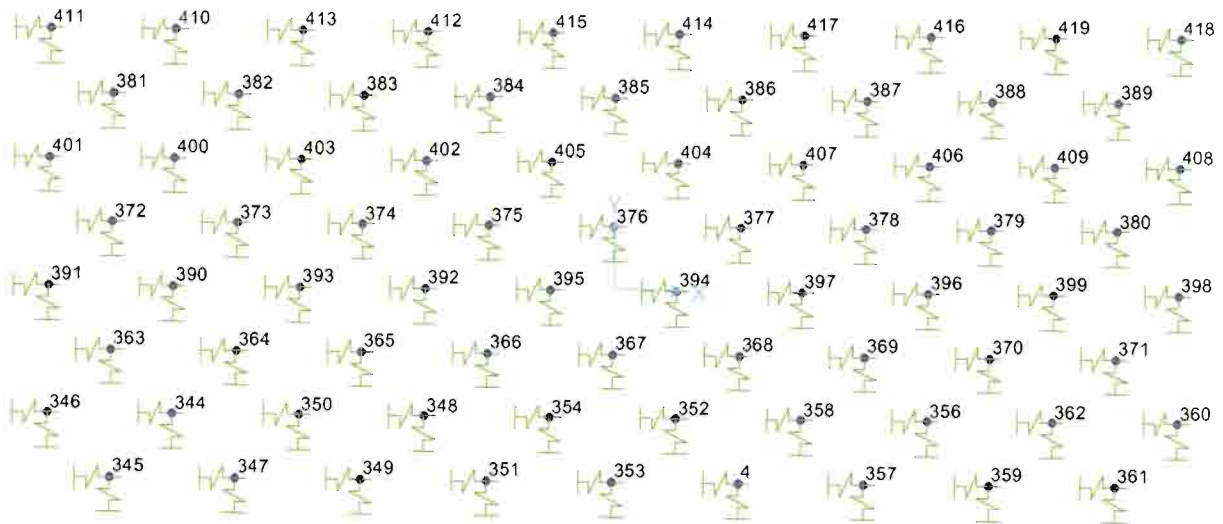
a) Prospetto laterale



b) Prospetto frontale

**Figura 9-5 Viste in prospetto del modello di calcolo VI02 (B.D)**





**Figura 9-6 Vista in pianta del modello di calcolo VI02 (B.D)**

Nei paragrafi seguenti si riportano le informazioni geometriche e meccaniche del modello di calcolo.

### 9.2.1 Coordinate della testa dei micropali

TABLE: Joint Coordinates					
Joint	CoordSys	CoordType	X	Y	Z
Text	Text	Text	m	m	m
4	GLOBAL	Cartesian	1.0	-1.5	0.00
344	GLOBAL	Cartesian	-3.5	-1.0	0.00
345	GLOBAL	Cartesian	-4.0	-1.5	0.00
346	GLOBAL	Cartesian	-4.5	-1.0	0.00
347	GLOBAL	Cartesian	-3.0	-1.5	0.00
348	GLOBAL	Cartesian	-1.5	-1.0	0.00
349	GLOBAL	Cartesian	-2.0	-1.5	0.00
350	GLOBAL	Cartesian	-2.5	-1.0	0.00
351	GLOBAL	Cartesian	-1.0	-1.5	0.00
352	GLOBAL	Cartesian	0.5	-1.0	0.00
353	GLOBAL	Cartesian	0.0	-1.5	0.00

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
 CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	49 di 75

354	GLOBAL	Cartesian	-0.5	-1.0	0.00
356	GLOBAL	Cartesian	2.5	-1.0	0.00
357	GLOBAL	Cartesian	2.0	-1.5	0.00
358	GLOBAL	Cartesian	1.5	-1.0	0.00
359	GLOBAL	Cartesian	3.0	-1.5	0.00
360	GLOBAL	Cartesian	4.5	-1.0	0.00
361	GLOBAL	Cartesian	4.0	-1.5	0.00
362	GLOBAL	Cartesian	3.5	-1.0	0.00
363	GLOBAL	Cartesian	-4.0	-0.5	0.00
364	GLOBAL	Cartesian	-3.0	-0.5	0.00
365	GLOBAL	Cartesian	-2.0	-0.5	0.00
366	GLOBAL	Cartesian	-1.0	-0.5	0.00
367	GLOBAL	Cartesian	0.0	-0.5	0.00
368	GLOBAL	Cartesian	1.0	-0.5	0.00
369	GLOBAL	Cartesian	2.0	-0.5	0.00
370	GLOBAL	Cartesian	3.0	-0.5	0.00
371	GLOBAL	Cartesian	4.0	-0.5	0.00
372	GLOBAL	Cartesian	-4.0	0.5	0.00
373	GLOBAL	Cartesian	-3.0	0.5	0.00
374	GLOBAL	Cartesian	-2.0	0.5	0.00
375	GLOBAL	Cartesian	-1.0	0.5	0.00
376	GLOBAL	Cartesian	0.0	0.5	0.00
377	GLOBAL	Cartesian	1.0	0.5	0.00
378	GLOBAL	Cartesian	2.0	0.5	0.00
379	GLOBAL	Cartesian	3.0	0.5	0.00
380	GLOBAL	Cartesian	4.0	0.5	0.00
381	GLOBAL	Cartesian	-4.0	1.5	0.00
382	GLOBAL	Cartesian	-3.0	1.5	0.00
383	GLOBAL	Cartesian	-2.0	1.5	0.00
384	GLOBAL	Cartesian	-1.0	1.5	0.00
385	GLOBAL	Cartesian	0.0	1.5	0.00
386	GLOBAL	Cartesian	1.0	1.5	0.00
387	GLOBAL	Cartesian	2.0	1.5	0.00
388	GLOBAL	Cartesian	3.0	1.5	0.00
389	GLOBAL	Cartesian	4.0	1.5	0.00
390	GLOBAL	Cartesian	-3.5	0.0	0.00
391	GLOBAL	Cartesian	-4.5	0.0	0.00
392	GLOBAL	Cartesian	-1.5	0.0	0.00
393	GLOBAL	Cartesian	-2.5	0.0	0.00

394	GLOBAL	Cartesian	0.5	0.0	0.00
395	GLOBAL	Cartesian	-0.5	0.0	0.00
396	GLOBAL	Cartesian	2.5	0.0	0.00
397	GLOBAL	Cartesian	1.5	0.0	0.00
398	GLOBAL	Cartesian	4.5	0.0	0.00
399	GLOBAL	Cartesian	3.5	0.0	0.00
400	GLOBAL	Cartesian	-3.5	1.0	0.00
401	GLOBAL	Cartesian	-4.5	1.0	0.00
402	GLOBAL	Cartesian	-1.5	1.0	0.00
403	GLOBAL	Cartesian	-2.5	1.0	0.00
404	GLOBAL	Cartesian	0.5	1.0	0.00
405	GLOBAL	Cartesian	-0.5	1.0	0.00
406	GLOBAL	Cartesian	2.5	1.0	0.00
407	GLOBAL	Cartesian	1.5	1.0	0.00
408	GLOBAL	Cartesian	4.5	1.0	0.00
409	GLOBAL	Cartesian	3.5	1.0	0.00
410	GLOBAL	Cartesian	-3.5	2.0	0.00
411	GLOBAL	Cartesian	-4.5	2.0	0.00
412	GLOBAL	Cartesian	-1.5	2.0	0.00
413	GLOBAL	Cartesian	-2.5	2.0	0.00
414	GLOBAL	Cartesian	0.5	2.0	0.00
415	GLOBAL	Cartesian	-0.5	2.0	0.00
416	GLOBAL	Cartesian	2.5	2.0	0.00
417	GLOBAL	Cartesian	1.5	2.0	0.00
418	GLOBAL	Cartesian	4.5	2.0	0.00
419	GLOBAL	Cartesian	3.5	2.0	0.00

### 9.2.2 Coordinate del baricentro delle strutture in elevazione

**TABLE: Joint Coordinates**

Joint	CoordSys	CoordType	X	Y	Z	Descrizione
Text	Text	Text	m	m	m	Txt
421	GLOBAL	Cartesian	0.0	0.0	0.75	Plinto
3	GLOBAL	Cartesian	0.0	4.2	12.2	Muri andatori e riempimento
*)	GLOBAL	Cartesian	0.0	1.2	5.8	Muro frontale



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	51 di 75

### 9.2.3 Vincoli

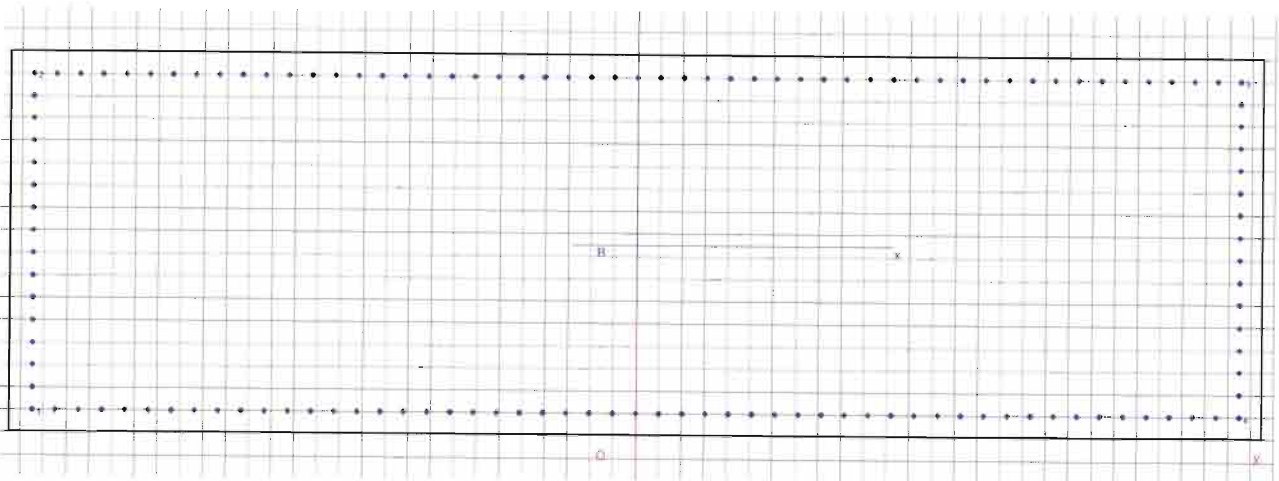
Nella Fase A il modello di calcolo risulta vincolato alla base mediante molle alla traslazione verticale ed orizzontale di rigidità rispettivamente pari a 6910000 kN/m e 2930000 kN/m.. Nella successiva Fase B il modello risulta ulteriormente vincolato in corrispondenza della sommità della struttura in elevazione mediante un vincolo che blocca la traslazione orizzontale, sia longitudinale che trasversale, e le rotazioni intorno ai tre assi.

## 10 Verifiche strutture in elevazione

Si riportano nel seguito le verifiche strutturali del muro frontale delle due spalle; si omettono le verifiche a taglio essendo le sollecitazioni agenti non dimensionanti. Si dispongono comunque spille  $\phi 8/30$  in direzione verticale ed orizzontale.

### 10.1 Verifica elevazione spalla VI01 (B.P)

Le verifiche di resistenza del muro frontale sono state eseguite sulla sezione rettangolare di incastro alla platea di fondazione, (trascurando il contributo resistente offerto dalle due muri andatori). La sezione risulta armata con una armatura verticale pari a  $\phi 20/10$  su tutti i lati; in direzione orizzontale si è disposta una armatura pari a  $\phi 16/20$ .



#### 10.1.1 FASE A

##### ➤ Sezione al piede

#### CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1		
Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C28/35	
N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-275.00	0.00
2	-275.00	170.00
3	275.00	170.00
4	275.00	0.00

#### DATI BARRE ISOLATE

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



QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	53 di 75

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-267.50	7.50	20
2	-267.50	162.50	20
3	267.50	162.50	20
4	267.50	7.50	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	2	14	20
2	2	3	51	20
3	3	4	14	20
4	4	1	51	20

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

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

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1374920	10	0	10	0
2	1094900	10	0	10	0
3	1018400	10	0	10	0
4	1018400	10	0	10	0

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	1018400	0	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.3 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.7 cm

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

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

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	1374920	10	0	1374897	2296438	0	999.000



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	54 di 75

2	S 1094900	10	0	1094895	2110073	0	999.000
3	S 1018400	10	0	1018393	2057815	0	999.000
4	S 1018400	10	0	1018393	2057815	0	999.000

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00730	-275.0	170.0	0.00239	-267.5	162.5	-0.02058	267.5	7.5
2	0.00350	-0.00933	-275.0	170.0	0.00218	-267.5	162.5	-0.02511	267.5	7.5
3	0.00350	-0.01001	-275.0	170.0	0.00211	-267.5	162.5	-0.02664	267.5	7.5
4	0.00350	-0.01001	-275.0	170.0	0.00211	-267.5	162.5	-0.02664	267.5	7.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000148209	-0.021695520		
2	0.000000000	0.000176072	-0.026432269		
3	0.000000000	0.000185462	-0.028028465		
4	0.000000000	0.000185462	-0.028028465		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. (S.B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni
Ap.fess.	Apertura fessure in mm. Calcolo secondo 54.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	10.2	0.0	0.0	153	-61.7	7.5	0	0		0.000





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	55 di 75

### 10.1.2 FASE B

#### ➤ Sezione al piede

#### CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-275.00	0.00
2	-275.00	170.00
3	275.00	170.00
4	275.00	0.00

#### DATI BARRE ISOLATE

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

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-267.50	7.50	20
2	-267.50	162.50	20
3	267.50	162.50	20
4	267.50	7.50	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	2	14	20
2	2	3	51	20
3	3	4	14	20
4	4	1	51	20

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

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

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	2242950	-2084	13753	-192	1184
2	1830990	-1767	11662	-163	1004
3	1409415	-35317	100961	-9621	29111
4	1426239	-106623	35665	-29792	9532

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

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





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	56 di 75

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	1614753	-1431	9448

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.3 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	2242950	-2084	13753	2242926	-1121438	7657096	556.368
2	S	1830990	-1767	11662	1831016	-1100477	7035882	603.754
3	S	1409415	-35317	100961	1409428	-1732117	4970733	49.214
4	S	1426239	-106623	35665	1426243	-2307499	770430	21.638

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00093	275.0	0.0	0.00327	267.5	7.5	-0.00661	-267.5	162.5
2	0.00350	-0.00123	275.0	0.0	0.00326	267.5	7.5	-0.00730	-267.5	162.5
3	0.00350	-0.00117	275.0	0.0	0.00319	267.5	7.5	-0.00709	-267.5	162.5
4	0.00350	-0.00467	275.0	0.0	0.00271	267.5	7.5	-0.01476	-267.5	162.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000013550	-0.000016952	-0.000226203		
2	0.000014476	-0.000018111	-0.000480852		
3	0.000010111	-0.000031408	0.000719382		
4	0.000002730	-0.000103259	0.002749225		



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	57 di 75

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. (§ B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni
Ap.fess.	Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	16.3	275.0	0.0	241	-267.5	162.5	0	0		0.000

➤ Sezione alla testa

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-275.00	0.00
2	-275.00	170.00
3	275.00	170.00
4	275.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici del dominio  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-267.50	7.50	20
2	-267.50	162.50	20
3	267.50	162.50	20
4	267.50	7.50	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	2	14	20
2	2	3	51	20
3	3	4	14	20
4	4	1	51	20

ST. LIM. ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	58 di 75

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

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	868030	1141	-6138	-192	1184
2	736090	968	-5205	-163	1004
3	383418	-54050	181328	16545	-58106
4	400243	-176782	54653	57425	-16633

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	596353	784	-4217

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.3 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.7 cm

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

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

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	868030	1141	-6138	868048	996930	-5419622	882.599
2	S	736090	968	-5205	736076	975776	-5179286	995.443
3	S	383418	-54050	181328	383420	-1188388	4014554	22.127
4	S	400243	-176782	54653	400247	-1601133	487244	9.045

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

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00222	-275.0	170.0	0.00321	-267.5	162.5	-0.00955	267.5	7.5
2	0.00350	-0.00240	-275.0	170.0	0.00320	-267.5	162.5	-0.00997	267.5	7.5
3	0.00350	-0.00245	275.0	0.0	0.00313	267.5	7.5	-0.01001	-267.5	162.5
4	0.00350	-0.01172	275.0	0.0	0.00197	267.5	7.5	-0.03050	-267.5	162.5



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	59 di 75

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000017557	0.000021705	-0.005018132		
2	-0.000018113	0.000022393	-0.005287991		
3	0.000014533	-0.000034612	-0.000496570		
4	0.000002425	-0.000201105	0.002832988		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
 Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff. (§ B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
 Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	6.0	-275.0	170.0	89	267.5	7.5	0	0		0.000





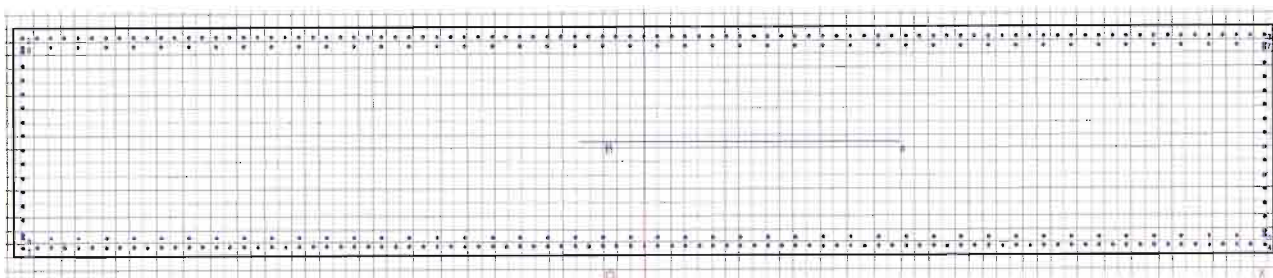
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	60 di 75

## 10.2 Verifica elevazione spalla VI02 (B.D)

Le verifiche di resistenza del muro frontale sono state eseguite sulla sezione rettangolare di incastro alla platea di fondazione, (trascurando il contributo resistente offerto dalle due muri andatori). La sezione, armata con una armatura verticale di base pari a  $\phi 24/10$  su tutti i lati, presenta una doppio registro di armatura di rinforzo sui lati maggiori costituita da  $\phi 24/20$  cm. In direzione orizzontale si è disposta una armatura pari a  $\phi 20/20$ .



### 10.2.1 FASE A

#### ➤ Sezione al piede

#### CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

##### DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-465.00	0.00
2	-465.00	170.00
3	465.00	170.00
4	465.00	0.00

#### DATI BARRE ISOLATE

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

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-457.50	7.50	20
2	-457.50	162.50	20
3	457.50	162.50	20
4	457.50	7.50	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	61 di 75

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	2	14	20
2	2	3	89	20
3	3	4	14	20
4	4	1	89	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1318540	10	0	10	0
2	965400	10	0	10	0
3	965400	10	0	10	0

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	965400	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	1318540	10	0	1318562	3044325	0	999.000
2	S	965400	10	0	965414	2780050	0	999.000
3	S	965400	10	0	965414	2780050	0	999.000

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	62 di 75

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01366	465.0	170.0	0.00173	457.5	162.5	-0.03477	-457.5	7.5
2	0.00350	-0.01597	465.0	170.0	0.00150	457.5	162.5	-0.03992	-457.5	7.5
3	0.00350	-0.01597	465.0	170.0	0.00150	457.5	162.5	-0.03992	-457.5	7.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000235521	-0.036538630		
2	0.000000000	0.000267203	-0.041924441		
3	0.000000000	0.000267203	-0.041924441		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. (5 B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni
Ap.fess.	Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	5.7	-465.0	170.0	86	-447.3	7.5	0	0		0.000

10.2.2 FASE B

➤ Sezione al piede

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1  
 Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-465.00	0.00
2	-465.00	170.00
3	465.00	170.00
4	465.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
**LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	63 di 75

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini  
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0  
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0  
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-457.50	7.50	20
2	-457.50	162.50	20
3	457.50	162.50	20
4	457.50	7.50	20

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	2	14	20
2	2	3	89	20
3	3	4	14	20
4	4	1	89	20

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

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

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	2041122	-9966	79	-1151	7
2	1294365	-25387	50412	-9154	25971
3	1315396	-68061	15152	-27625	7794

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

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

N.Comb.	N	Mx	My
1	1461843	-6847	54

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.7 cm

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

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





QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	64 di 75

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	2041122	-9966	79	2041115	-3564560	24351	357.685
2	S	1294365	-25387	50412	1294337	-2893075	5786996	114.626
3	S	1315396	-68061	15152	1315410	-3039078	660607	44.589

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00944	465.0	0.0	0.00217	457.5	7.5	-0.02536	-457.5	162.5
2	0.00350	-0.00404	465.0	0.0	0.00285	457.5	7.5	-0.01343	-457.5	162.5
3	0.00350	-0.01164	465.0	0.0	0.00196	457.5	7.5	-0.03030	-457.5	162.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000051	-0.000177339	0.003476187		
2	0.000003751	-0.000082904	0.001755927		
3	0.000000690	-0.000204056	0.003179345		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm <sup>2</sup> ]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. (S.B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni
Ap.fess.	Apertura fessure in mm. Calcolo secondo 34.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	8.8	465.0	0.0	129	-457.5	162.5	0	0		0.000



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	65 di 75

➤ Sezione alla testa

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-465.00	0.00
2	-465.00	170.00
3	465.00	170.00
4	465.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

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

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	-457.50	7.50	20
2	-457.50	162.50	20
3	457.50	162.50	20
4	457.50	7.50	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø, mm
1	1	2	14	20
2	2	3	89	20
3	3	4	14	20
4	4	1	89	20

ST. LIM. ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	722582	5514	-12	-1151	7
2	321148	-28228	146336	11288	-63781
3	342179	-91767	43895	40514	-19132

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

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

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

1 496443 3788 -9

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 5.7 cm

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

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

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	722582	5514	-12	722573	2596919	-14157	470.973
2	S	321148	-28228	146336	321142	-1836305	9647538	65.896
3	S	342179	-91767	43895	342182	-2302210	1112101	25.134

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

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.01771	-465.0	170.0	0.00132	-457.5	162.5	-0.04380	457.5	7.5
2	0.00350	-0.00292	465.0	0.0	0.00314	457.5	7.5	-0.01113	-457.5	162.5
3	0.00350	-0.01589	465.0	0.0	0.00155	457.5	7.5	-0.03980	-457.5	162.5

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

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

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000000033	0.000290885	-0.045965607		
2	0.000008903	-0.000039483	-0.000639744		
3	0.000001331	-0.000258920	0.002881233		

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)  
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)  
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)



QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA  
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI  
 CALCOLO SPALLE LATO SCALERES

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 09 CL	VI 00 00 002	A	67 di 75

Ac eff. Area di conglomerato [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm  
 K3 Coeff. (S B.6.6.2 Istruz.DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni  
 Ap.fess. Apertura fessure in mm. Calcolo secondo §4.1.2.2.4.6 NTC.

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	3.0	-466.0	170.0	43	437.5	7.5	0	0		0.000

## 11 Verifiche strutture di fondazione

### 11.1 Fondazione VI01 (B.P.): verifiche dei micropali

Di seguito si riporta la tabella con valori massimi delle azioni agenti in testa ai micropali con le relative combinazioni:

**TABLE: Joint Reactions\_SOVRAPPOSIZIONE FASE B**

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	V
Text	Text	Text	KN	KN	KN	kN
51	SLU_A1	Combination	-0.27	0.05	716.68	0.27
51	SLU_A2	Combination	-0.23	0.04	572.58	0.23
51	SLE_RARA	Combination	-0.18	0.03	508.47	0.19
51	SLU_SIS_LONG	Combination	0.95	6.60	418.24	6.67
52	SLU_SIS_TRASV	Combination	-11.69	5.50	451.52	12.92

La verifica viene svolta facendo riferimento alla combinazione “*MaxF3*” per la quale risulta il massimo valore dell’azione assiale  $F_3$  di compressione e per la combinazione “*MinF3*” per la quale risulta il massimo valore dell’azione assiale  $F_3$  di trazione. L’azione di taglio risulta dalla combinazione delle forze  $F_1$  e  $F_2$ ,  

$$T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

### 11.1.1 Capacità portante verticale: micropalo in compressione

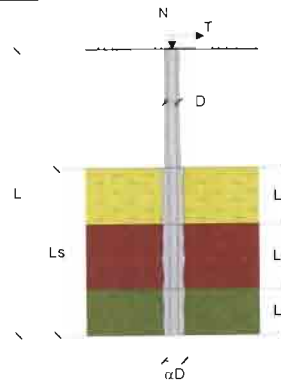
#### CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA: V001 (B.P.): SPALLA SCALERES

DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	717.00	0.00	717.00
T (kN)	13.00	0.00	13.00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{stab}$
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definito dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	≥10	DM88	prog.
$\xi_s$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_s$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.25 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 10.00 (m)

Armatura:

IPE  
 INP  
 HEA  
 HEB  
 HEM  
 Tubi  
 ALTRO

IPE 180   INP 160   HEA 300   HEB 160   HEM 200   **ø168,3 x 20,0**

**ø168,3 x 20,0**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 9318 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (I<sub>arm</sub>): 2.608E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 309,947 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: **S 275 (Fe 430)**

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 275 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio (γ<sub>a</sub>): 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ<sub>adm</sub>): 262 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>steel</sub>): 210.000 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente di Reazione Laterale:

Coeff. di Winkler (K): 300.0 (MN/m<sup>3</sup>)

CAPACITA' PORTANTE ESTERNA

Capacità portante di fusto

$$QI = \sum_i \pi \cdot D s_i \cdot s_i \cdot I s_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $I s_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$D s_i = \alpha \cdot D$ (m)	$S_i$ media (MPa)	$S_i$ minima (MPa)	$S_i$ calcolo (MPa)	$Q s_i$ (kN)
BBS	6.0	1.60	0.40	0.450	0.450	0.230	1735.51
			0.00			0.000	0.00
			0.00			0.000	0.00

$$L s = 6.00 \quad (m) \quad QI = 1735.51 \quad (kN)$$

Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta \cdot QI \quad (\text{consigliato } 10-15\%)$$

$$\% \text{ Punta } 15\% \quad Qp = 260.33 \quad (kN)$$

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + QI$$

$$Qlim = 1995.84 \quad (kN)$$

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$F_s = Qlim / N \quad (F_s > 1)$$

$$F_s = 2.78$$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

$$\text{Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam.} (\beta) (\beta = k \cdot D_{3m}): 50.49 \quad (N/mm^2)$$

$$P_k = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0.5} \quad \eta = P_k / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$$P_k = 33259.29 \quad (MN) \quad \eta = 46.39$$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
(ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = 4 \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$$b = 1.360 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 4.78 \quad (kNm)$$

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 275 (Fe 430)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$$\sigma_{max} = 92.37 \quad (N/mm^2)$$


$$\sigma_{min} = 61.53 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 2.79 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{id} = 92.49 \quad (N/mm^2) \quad \text{verifica soddisfatta}$$



 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	PONTE SUL FIUME ISARCO - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE LATO SCALERES	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 00 00 002	REV. A

### 11.1.2 Capacità portante verticale: micropalo in trazione

Non si riscontra nessun micropalo in trazione, la verifica viene pertanto omessa.

### 11.2 Fondazione VI02 (B.D.): verifiche dei micropali

Di seguito si riporta la tabella con valori massimi delle azioni agenti in testa ai micropali con le relative combinazioni:

**TABLE: Joint Reactions\_SOVRAPPOSIZIONE FASE B**

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	V
Text	Text	Text	KN	KN	KN	kN
361	SLU_A1	Combination	0.00	0.15	-34.15	0.15
411	SLU_A1	Combination	0.00	0.15	626.59	0.15
361	SLU_A2	Combination	0.00	0.13	-29.79	0.13
411	SLU_A2	Combination	0.00	0.13	504.50	0.13
361	SLE_RARA	Combination	0.00	0.10	-22.87	0.10
411	SLE_RARA	Combination	0.00	0.10	442.40	0.10
418	SISMA_LONG	Combination	-1.91	6.32	381.74	6.60
345	SISMICA_TRASV	Combination	-4.01	-0.95	-17.46	4.12
418	SISMICA_TRASV	Combination	-6.37	4.76	394.54	7.95

La verifica viene svolta facendo riferimento alla combinazione “MaxF3” per la quale risulta il massimo valore dell’azione assiale  $F_3$  di compressione e per la combinazione “MinF3” per la quale risulta il massimo valore dell’azione assiale  $F_3$  di trazione. L’azione di taglio risulta dalla combinazione delle forze  $F_1$  e  $F_2$ ,

$$T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}.$$



### 11.2.1 Capacità portante verticale: micropalo in compressione

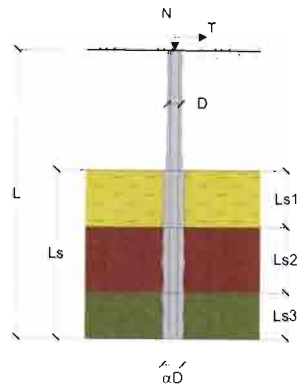
#### CAPACITA' PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA: VI02 (B.D.): SPALLA SCALERES

#### DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	627.00	0.00	627.00
T (kN)	8.00	0.00	8.00



coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{s,lim}$
S UL	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.00	1.00	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	≥10	DM88	prog.
$\xi_s$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_s$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

#### Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.25 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 10.00 (m)

#### Armatura:

IPE    INP    HEA    HEB    HEM    Tubi    ALTRO  
              

#### ø168,3 x 20,0

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 9318 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 2.608E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 309,947 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: S 275 (Fe 430)

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 275 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio ( $\gamma_M$ ): 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{adm}$ ): 262 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210.000 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Coefficiente di Reazione Laterale:

Coef. di Winkler (k): 300.0 (MN/m<sup>2</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**
**Capacità portante di fusto**

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $Is_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qs_i$ (kN)
BBS	6.0	1.60	0.40	0.450	0.450	0.230	1735.51
			0.00			0.000	0.00
			0.00			0.000	0.00

$$Ls = 6.00 \quad (m) \quad Ql = 1735.51 \quad (kN)$$

**Capacità portante di punta**

$$Qp = \%Punta \cdot Ql \quad (\text{consigliato } 10-15\%)$$

$$\% \text{ Punta } 15\% \quad Qp = 260.33 \quad (kN)$$

**CARICO LIMITE DEL MICROPALLO**

$$Qlim = Qb + Ql$$

$$Qlim = 1995.84 \quad (kN)$$

**COEFFICIENTE DI SICUREZZA**

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$$Fs = 3.18$$

**CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO**

 Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k \cdot D_{arm}$ ): 50.49 (N/mm<sup>2</sup>)

$$Pk = 2 \cdot (\beta \cdot E_{arm} \cdot J_{arm})^{0.5}$$

$$\eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$$Pk = 33259.29 \quad (MN)$$

$$\eta = 53.05$$

**VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI**

 Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$$b = 1.360 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 2.94 \quad (kNm)$$

**VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALLO**

Acciaio S 275 (Fe 430)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$$\sigma_{max} = 76.78 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{min} = 57.80 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 1.72 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{id} = 76.83 \quad (N/mm^2) \quad \text{verifica soddisfatta}$$

### 11.2.2 Capacità portante verticale: micropalo in trazione

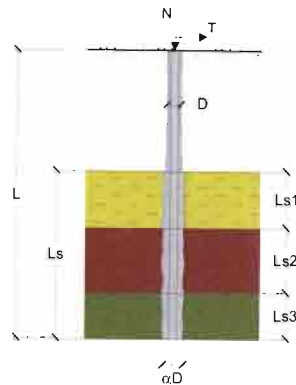
#### CAPACITÀ PORTANTE DI UN MICROPALO

OPERA: VI02 (B.D.): SPALLA SCALERES

#### DATI DI INPUT:

Sollecitazioni Agenti:

	Permanenti	Temporanee	Calcolo
N (kN)	-35.00	0.00	-35.00
T (kN)	8.00	0.00	8.00



coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale	
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_s$	$\gamma_{res}$
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.15	1.25
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.15	1.25

n	1	2	3	4	5	7	≥10	DM88	prog.
$\gamma_s$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\gamma_{res}$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

#### Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.25 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 10.00 (m)

#### Armatura:

IPE    INP    HEA    HEB    HEM    Tubi    ALTRO  
              

**ø168,3 x 20,0**

Area dell'armatura (Aarm): 9318 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (Iarm): 2.608E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (Warm): 309,947 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio: S 275 (Fe 430)

Tensione di snervamento dell'acciaio (fy): 275 (Nmm<sup>-2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio ( $\gamma_s$ ): 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio ( $\sigma_{adm}$ ): 262 (Nmm<sup>-2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio ( $E_{s,adm}$ ): 210,000 (Nmm<sup>-2</sup>)

#### Coefficiente di Reazione Laterale:

Coef. di Winkler (K): 300.0 (MNm<sup>-3</sup>)

**CAPACITA' PORTANTE ESTERNA**
Capacità portante di fusto

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot Is_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $Is_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$Ds_i = \alpha \cdot D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Qs_i$ (kN)
BBS	6.0	1.60	0.40	0.450	0.450	0.212	1596.67
			0.00			0.000	0.00
			0.00			0.000	0.00

$$Ls = 6.00 \quad (m) \quad Ql = 1596.67 \quad (kN)$$

Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta \cdot Ql$$

(consigliato 10-15%)

% Punta

15%

$$Qp = 0.00 \quad (kN)$$

CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Qlim = Qb + Ql$$

$$Qlim = 1596.67 \quad (kN)$$

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$Fs = Qlim / N \quad (Fs > 1)$$

$$Fs = 45.62$$

CAPACITA' PORTANTE PER INSTABILITA' DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

 Reaz Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k^*D_{arm}$ ): 50.49 (N/mm<sup>2</sup>)

$$Pk = 2^*(\beta^*Earm^*Jarm)^{0.5}$$

$$\eta = Pk / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$$Pk = 33259.29 \quad (MN)$$

$$\eta = --$$

VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

 Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
 (Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = 4 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$$b = 1.360 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 2.94 \quad (kNm)$$

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 275 (Fe 430)

Tensioni nel singolo micropalo

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2^*T/A_{arm}$$

$$\sigma_{max} = 5.73 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{min} = -13.24 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 1.72 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{id} = 13.57 \quad (N/mm^2)$$

verifica soddisfatta