

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO**

**Adeguamento Via Chiaravagna**

**Tratta3 – Passerella pedonale**

**Relazione di calcolo spalle**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	C L	N V 0 3 0 X	0 0 1	A

Progettazione :								IL PROGETTISTA
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A00	Prima Emissione	ALPINA <i>Adriano Farina</i>	13/05/2016	COCIV <i>[Signature]</i>	13/05/2016	A.Mancarella <i>[Signature]</i>	13/05/2016	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001-A00.DOCX
-----------	--

# INDICE

INDICE.....	2
1.     PREMESSA.....	4
2.     CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	9
2.1. Calcestruzzo.....	9
2.2. Acciaio per cemento armato.....	10
2.3. Acciaio per micropali e profilati metallici.....	10
2.4. Durabilità e prescrizioni sui materiali.....	11
3.     NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	12
3.1. Normativa sismica.....	13
4.     DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	13
5.     MODELLO DI CALCOLO FONDAZIONI PROFONDE.....	14
5.1. Verifica capacità portante dei pali di fondazione.....	14
5.1.1. Capacità portante micropali.....	14
5.2. Pali in gruppo.....	16
5.2.1. Comportamento dei pali soggetti a carichi orizzontali.....	17
6.     MODELLO DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO.....	20
6.1. Codice di calcolo dei muri.....	20
6.2. Calcolo della spinta sul muro.....	20
6.2.1. Metodo di Culmann.....	20
6.2.2. Spinta in presenza di sisma.....	21
6.3. Verifica a ribaltamento.....	22
6.4. Verifica a scorrimento.....	22
6.5. Verifica al carico limite.....	24
6.6. Verifica alla stabilità globale.....	25
7.     STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....	27
8.     SISMA.....	28
9.     SPALLA/PILA SP1.....	30
9.1. Geometria della spalla.....	30
9.2. Carichi.....	32
9.3. Combinazioni di carico.....	34
9.4. Azioni a intradosso fondazione.....	37
9.5. Verifica della fondazione.....	37
9.6. Verifica capacità portante micropalo.....	39

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

9.7.	Verifica strutturale dei micropali.....	41
9.9.	Verifica strutturale del pulvino .....	44
9.10.	Verifica strutturale della pila.....	46
9.11.	Verifica strutturale della fondazione .....	48
10.	<b>SPALLA/PILA SP2 .....</b>	<b>51</b>
10.1.	Geometria della spalla .....	51
10.2.	Carichi.....	53
10.3.	Combinazioni di carico.....	55
10.4.	Azioni a intradosso fondazione.....	55
10.5.	Verifica della fondazione.....	56
10.6.	Verifica capacità portante micropalo .....	58
10.7.	Verifica strutturale dei micropali.....	61
10.8.	Verifica strutturale del pulvino .....	63
10.9.	Verifica strutturale della pila.....	63
10.10.	Verifica strutturale della fondazione .....	65
11.	<b>MURI DI SOSTEGNO .....</b>	<b>68</b>
11.1.	Muro di sostegno allineato la passerella .....	68
11.1.1.	Carichi.....	68
11.1.2.	Verifica del muro.....	70
11.1.3.	Verifica strutturale del paramento .....	71
11.1.4.	Verifica strutturale della fondazione .....	73
11.2.	Muro di sostegno con parapetto .....	75
11.2.1.	Carichi.....	76
11.2.2.	Verifica del muro.....	76
11.2.3.	Verifica strutturale del paramento .....	77
11.2.4.	Verifica strutturale della fondazione .....	79
11.2.1.	Verifica strutturale del parapetto .....	81
12.	<b>APPENDICE DI CALCOLO.....</b>	<b>82</b>
12.1.	Muro Passerella.....	82
12.2.	Muro con parapetto.....	106

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 4 di 128

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione sono esposti e criteri progettuali generali e le verifiche di dimensionamento geotecnico e strutturale delle Spalle/Pile e relative fondazioni della nuova Passerella pedonale di attraversamento del torrente Chiaravagna; opera prevista nell'ambito dell'intervento di miglioramento della attuale viabilità che corre lungo la Val Chiaravagna, in Genova, civicamente denominata Via Chiaravagna, a partire dagli accessi alle cave poste nella parte alta della valle lungo il Rio Bianchetta, fino all'innesto della prevista nuova strada per Borzoli ed Erzelli, previsto in vicinanza dell'esistente viadotto ferroviario.

Il progetto prevede la realizzazione di una passerella di luce circa 26 m. La struttura principale è costituita da elementi in acciaio (Figura 1 e Figura 2).

L'impalcato poggia su delle pile/spalle, in c.a., denominate SP1 e SP2, e esternamente alla pila SP1 su un muro di sostegno previsto disposto al ciglio della strada (Figura 3 e Figura 4).

Il pulvino ha geometria regolare rettangolare di dimensioni: 90cm x 55cm x 270cm. Le pile sono previste a sezione circolare di diametro  $D = 800$  mm e altezza variabile in funzione della quota d'alveo.

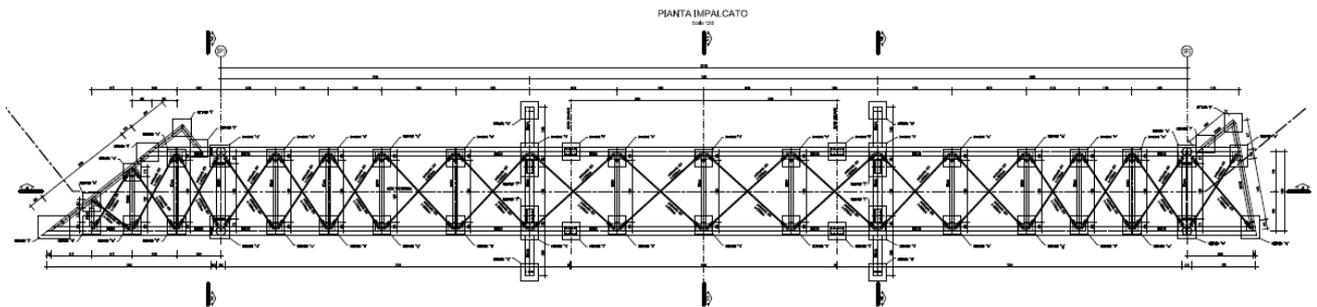
Le fondazioni sono di tipo profonde su micropali. I micropali di fondazioni previsti, di diametro  $D=240$  mm, sono armati con tubolare  $\varnothing 169.3$  e spessore 12.5 mm. Per la pila SP1 sono previsti n. 8 micropali di lunghezza 12m (Figura 5). Per la pila SP2 sono previsti n. 11 micropali di lunghezza 12m (Figura 6).

A monte della pila spalla SP1 è previsto un muro di sostegno in c.a.; su una porzione del muro posa lo sbalzo esterno dell'impalcato della passerella (Figura 7 e Figura 8).

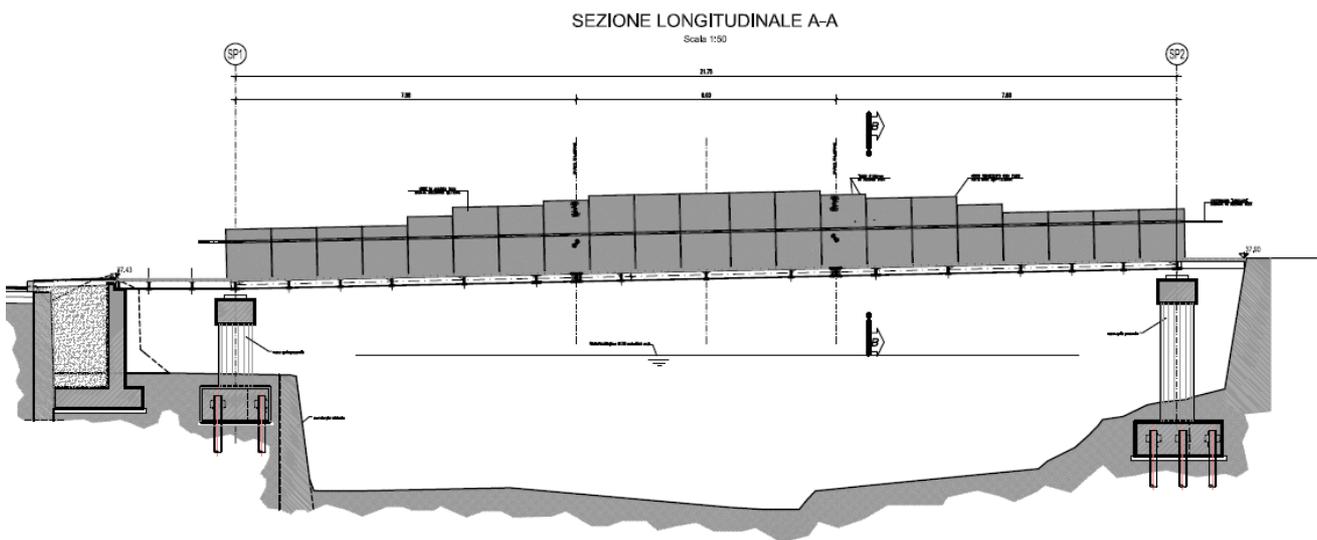
Le verifiche sono state condotte in accordo al metodo delle Tensioni Ammissibili.



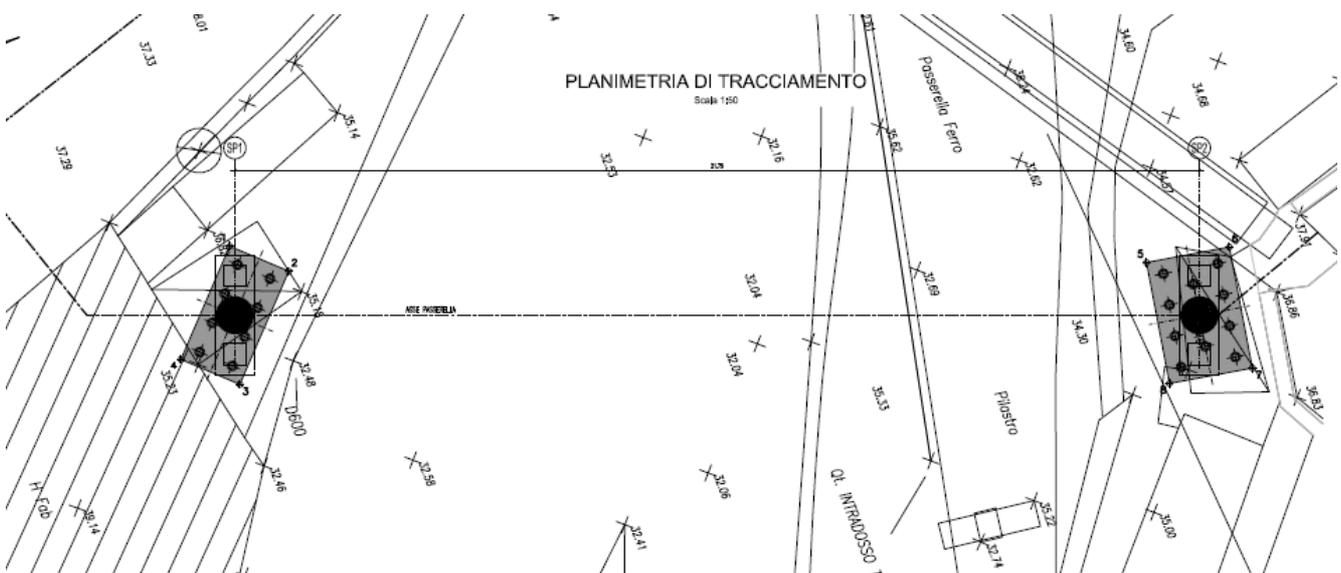
Figura 1: Impalcato, sezione longitudinale



**Figura 2: Impalcato, pianta**



**Figura 3: Passerella, sezione longitudinale**



**Figura 4: Passerella, pianta fondazioni pile**

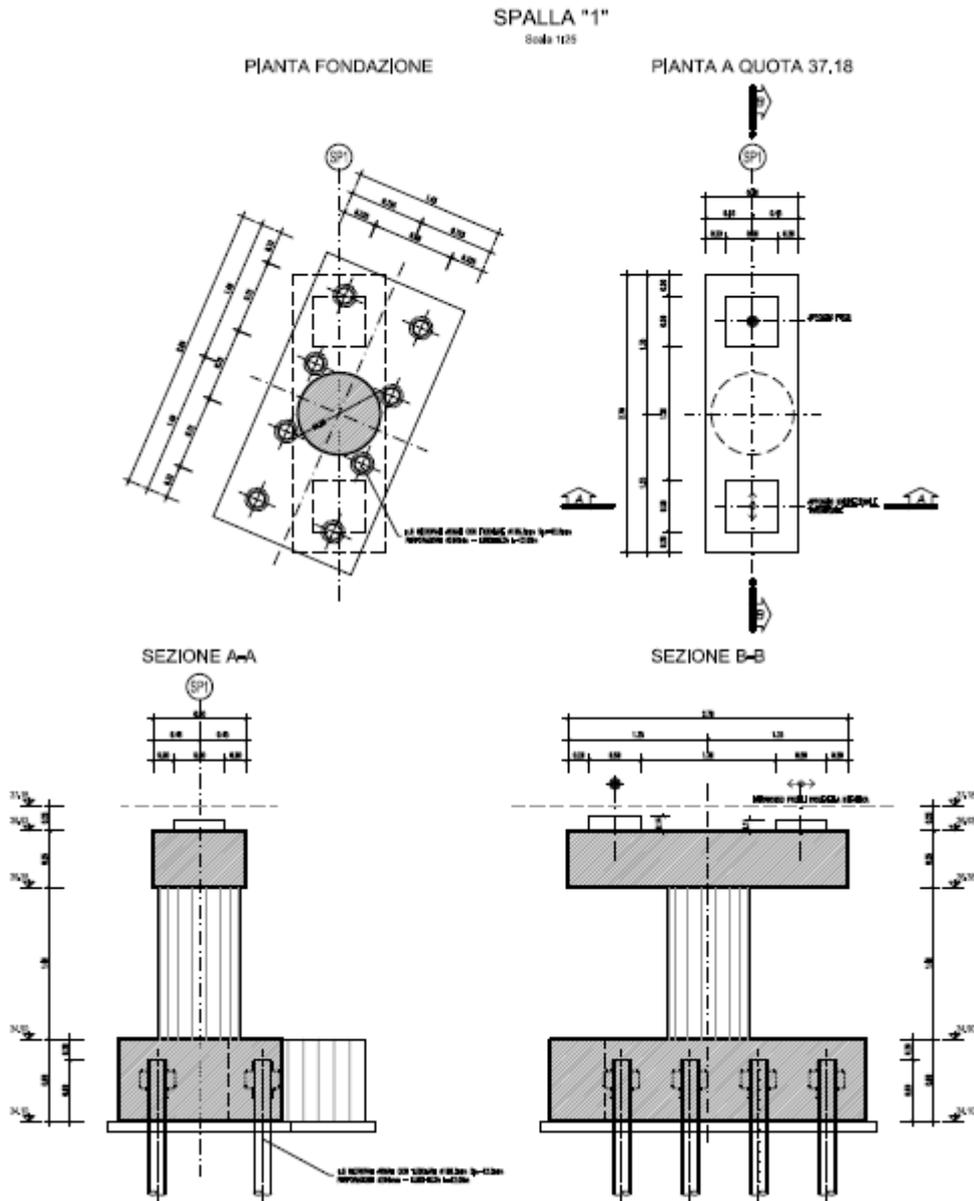


Figura 5: Pila/Spalla1, carpenterie e fondazioni

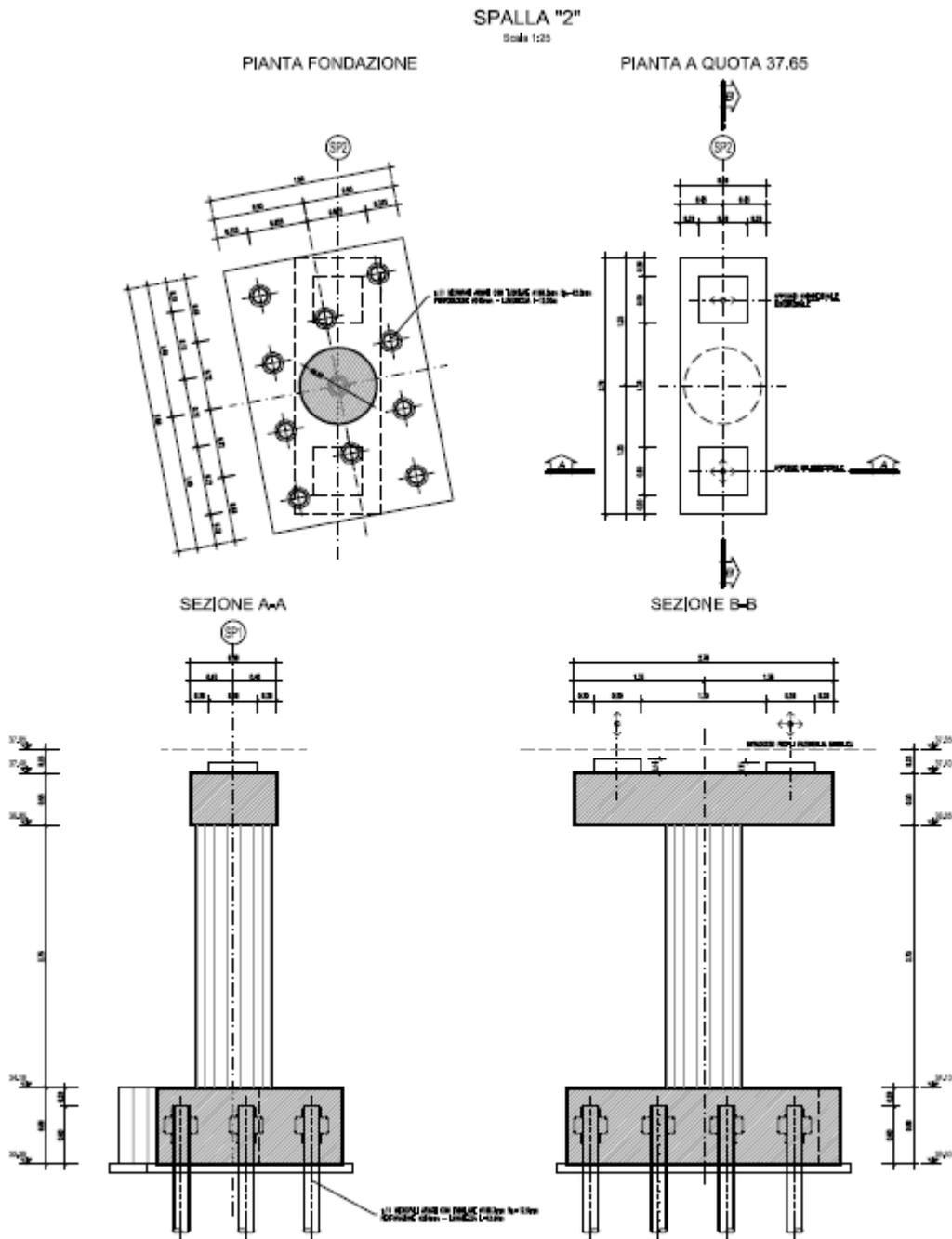


Figura 6: Pila/Spalla2, carpenterie e fondazioni

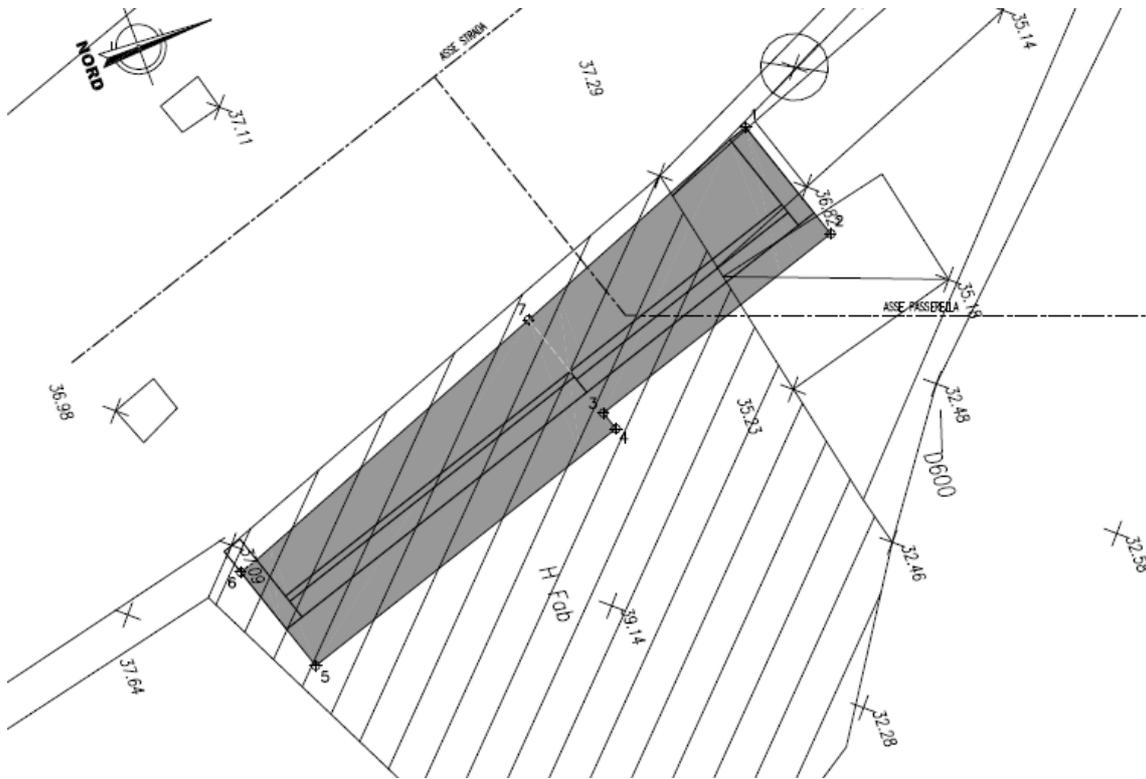


Figura 7: Muri, pianta fondazioni

SEZIONE B-B

Scala 1:25

SEZIONE C-C

Scala 1:25

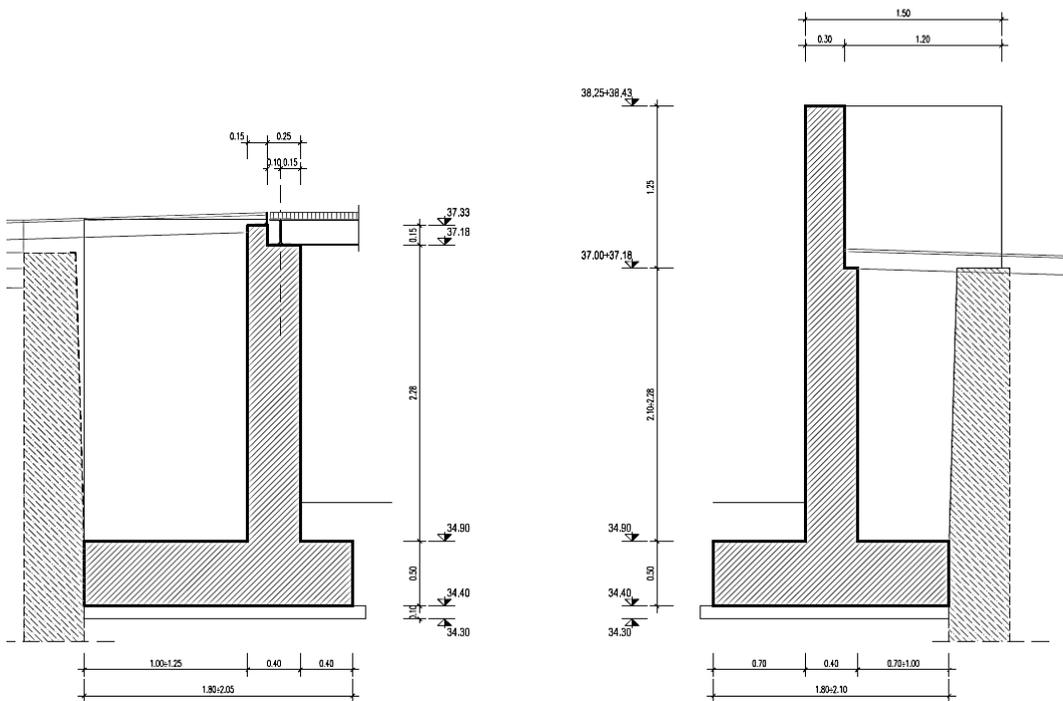


Figura 8: Muri, sezioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

## 2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 2.1. Calcestruzzo

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

Per la realizzazione di STRUTTURE DEBOLMENTE ARMATE, MURI STRADALI FONDAZIONI ED ELEVAZIONI (con rivestimento) si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 31475 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
Tensioni ammissibili	$\sigma_c = 9.75 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c0} = 0.60 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c1} = 1.82 \text{ N/mm}^2$

Per la realizzazione di MURI STRADALI ELEVAZIONI e PILE SPALLE PULVINI si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 ( $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2$
Tensioni ammissibili	$\sigma_c = 12.25 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c0} = 0.73 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c1} = 2.10 \text{ N/mm}^2$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 10 di 128

## 2.2. Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450$ MPa
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540$ MPa
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_y$ misurato/ $f_{ynom}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile	$\sigma_s = 260.00$ N/mm <sup>2</sup>

## 2.3. Acciaio per micropali e profilati metallici

Si assume per l'acciaio dei profilati metallici:

Peso specifico $\gamma_s$	$\gamma_s = 78.5$ kN/m <sup>3</sup> ;
Modulo elastico $E_s$ :	$E_s = 2.06 \times 10^8$ kPa
Tensione ammissibile massima Fe360:	$\sigma_{adm} = 160$ MPa
Tensione ammissibile massima Fe430:	$\sigma_{adm} = 190$ MPa
Tensione ammissibile massima Fe510:	$\sigma_{adm} = 240$ MPa

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 11 di 128

## 2.4. Durabilità e prescrizioni sui materiali

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

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

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Strutture debolmente armate	CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2
Muri stradali fondazioni	CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2
Muri stradali elevazioni (con rivestimento)	CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2
Muri stradali elevazioni	CLASSE DI ESPOSIZIONE XF1
Pile, spalle, pulvini	CLASSE DI ESPOSIZIONE XF1

Si omettono le verifiche di fessurazione qualora il tasso di lavoro dell'acciaio risulti inferiore a 160MPa. In caso contrario le verifiche vengono svolte per condizioni ambientali "poco aggressive" e considerando armature di tipo "poco sensibile".

In questo caso si verificano gli stati limite di fessurazione "frequente" e "quasi permanente" assumendo come valore limite di apertura delle fessure 0.4 e 0.2 mm rispettivamente.

Il copriferro minimo assunto è pari a 4 cm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 12 di 128

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle vigenti normative di seguito riportate:

- D.M. 09/01/1996: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";
- Circ. Min. 04/07/1996 n. 156 STC: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";
- L. 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";
- D.M. 14/02/1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (valido per il metodo alle tensioni ammissibili);
- Circ. Min. 24/06/1993 n. 37406: "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (valido per il metodo alle tensioni ammissibili);
- Circ. Min. 15/10/1996 n. 252: "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- L. 02/02/1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Ordinanza n. 3274: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Circ. Min. 10/04/1997 n. 65: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica di cui al D.M: 16/01/1996";
- D.Min.LL.PP. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circ. Min.LL.PP. 24 settembre 1988 n°30483 AA.GG./STC. Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, di cui al decreto ministeriale 11 marzo 1988.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 13 di 128

### 3.1. Normativa sismica

Nell'analisi in condizioni sismiche viene recepita la nuova normativa (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 30.03.2003) per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio nazionale. In assenza di ulteriori specificazioni da parte della Regione Liguria essendo la zona classificata di 4° categoria, le verifiche sono state eseguite secondo le norme tecniche di calcestruzzo al DM 15 Gennaio 1996 e relative circolari applicative, assumendo il grado di sismicità  $S=6$  e coefficiente di importanza  $I = 1.0$ .

## 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nello svolgimento del presente dimensionamento è stato fatto riferimento alla seguente documentazione:

- ADEGUAMENTO VIA CHIARAVAGNA: Relazione geologica, Progetto Definitivo;
- ADEGUAMENTO VIA CHIARAVAGNA: Relazione geotecnica – Caratterizzazione terreni opere all'aperto, Progetto Definitivo;
- ADEGUAMENTO VIA CHIARAVAGNA: Relazione idrogeologica, Progetto Definitivo;
- TRATTA A.V. / A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI: Relazione di caratterizzazione geotecnica – Opere all'aperto, Progetto Esecutivo;
- TRATTA A.V. / A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI: Adeguamento Via Chiaravagna - Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica, Progetto Esecutivo;
- TRATTA A.V. / A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI: Adeguamento Via Chiaravagna – Profilo geologico ed idrogeologico, Progetto Esecutivo;
- TRATTA A.V. / A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI: Adeguamento Via Chiaravagna – Carta geologica e geomorfologica, Progetto Esecutivo;
- TRATTA A.V. / A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI: Adeguamento Via Chiaravagna – Carta idrogeologica e dei punti d'acqua, Progetto Esecutivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 14 di 128

## 5. MODELLO DI CALCOLO FONDAZIONI PROFONDE

### 5.1. Verifica capacità portante dei pali di fondazione

Per il calcolo della capacità portante dei pali si fa riferimento alle indicazioni riportate nel paragrafo successivo; per le verifiche di capacità portante in condizioni statiche e sismiche si adotta un valore del coefficiente di sicurezza globale pari a  $FS=2.5$ , nei confronti dei carichi assiali corrispondenti allo stato limite di esercizio.

Pertanto la portata ammissibile del palo  $Q_{amm}$ , per varie lunghezze del palo (lunghezza utile da fondoscavo), risulta pari a:

$$Q_{amm} = Q_{lim}/FS - WP = (Q_{b,lim} + Q_{l,lim})/2.5 - WP$$

dove:

$WP$  = peso proprio del palo;

$Q_{b,lim}$  = portata limite calcolata utilizzando “i parametri di resistenza dei terreni caratteristici”;

$Q_{l,lim}$  = portata limite di base calcolata utilizzando “i parametri di resistenza dei terreni caratteristici”.

#### 5.1.1. Capacità portante micropali

Il carico limite  $Q_{lim}$  di un micropalo si può esprimere:

$$Q_{lim} = P + S = P + \pi ds Ls s;$$

nella quale:

- $ds$  è il diametro;
- $Ls$  è la lunghezza della zona iniettata;
- $s$  è la resistenza tangenziale all'interfaccia fra zona iniettata e terreno.

Si assume  $ds = \alpha d$ , dove  $d$  è il diametro della perforazione e  $\alpha$  un coefficiente maggiorativo funzione della tecnologia di iniezione..

Nel presente caso è stato assunto  $\alpha=1$  perché i micropali sono previsti con iniezione a gravità.

I valori di aderenza del micropalo sono stati stimati in funzione:

- delle caratteristiche resistive dei terreni presenti in sito (Tabella 2);
- criteri di riferimento forniti dalla FWHA (Figura 9).

**Table 5-2. Summary of Typical  $\alpha_{\text{bond nominal strength}}$  Values (Grout-to-Ground Bond) for Preliminary Micropile Design that have been used in Practice.**

Soil / Rock Description	Typical Range of Grout-to-Ground Bond Nominal Strengths (kPa)			
	Type A	Type B	Type C	Type D
Silt & Clay (some sand) (soft, medium plastic)	35-70	35-95	50-120	50-145
Silt & Clay (some sand) (stiff, dense to very dense)	50-120	70-190	95-190	95-190
Sand (some silt) (fine, loose-medium dense)	70-145	70-190	95-190	95-240
Sand (some silt, gravel) (fine-coarse, med.-very dense)	95-215	120-360	145-360	145-385
Gravel (some sand) (medium-very dense)	95-265	120-360	145-360	145-385
Glacial Till (silt, sand, gravel) (medium-very dense, cemented)	95-190	95-310	120-310	120-335
Soft Shales (fresh-moderate fracturing, little to no weathering)	205-550	N/A	N/A	N/A
Slates and Hard Shales (fresh-moderate fracturing, little to no weathering)	515-1,380	N/A	N/A	N/A
Limestone (fresh-moderate fracturing, little to no weathering)	1,035-2,070	N/A	N/A	N/A
Sandstone (fresh-moderate fracturing, little to no weathering)	520-1,725	N/A	N/A	N/A
Granite and Basalt (fresh-moderate fracturing, little to no weathering)	1,380-4,200	N/A	N/A	N/A

Type A - Gravity grout only

Type B - Pressure grouted through the casing during casing withdrawal

Type C - Primary grout placed under gravity head, then one phase of secondary "global" pressure grouting

Type D - Primary grout placed under gravity head, then one or more phases of secondary "global" pressure grouting

**Figura 9: Valori di adesione micropalo terreno (Type A iniezione a gravità)**

## 5.2. Pali in gruppo

L'analisi dei pali in gruppo è stata condotta modellando la palificata come il caso semplice rappresentato in Figura 10 nel quale si ipotizza:

- la piastra di collegamento – plinto di fondazione - fra gli  $n$  pali è supposta rigida e non in diretto contatto con il terreno;
- la piastra è caricata da una forza verticale  $V$  con una eccentricità  $e_x$ ,  $e_y$  rispetto al baricentro della palificata;
- ciascun palo si comporta come un elemento elastico (un'asta caricata assialmente o una molla), indipendente dagli altri.

Considerate le presenti ipotesi, se i pali costituenti il gruppo sono tutti uguali, il carico  $Q_i$  che agisce sul palo  $i$ -esimo di coordinate  $x_i$ ,  $y_i$  rispetto al baricentro della palificata vale:

$$Q_i = \frac{V}{n} + \frac{V e_x}{\sum_{i=1}^n x_i^2} x_i + \frac{V e_y}{\sum_{i=1}^n y_i^2} y_i$$

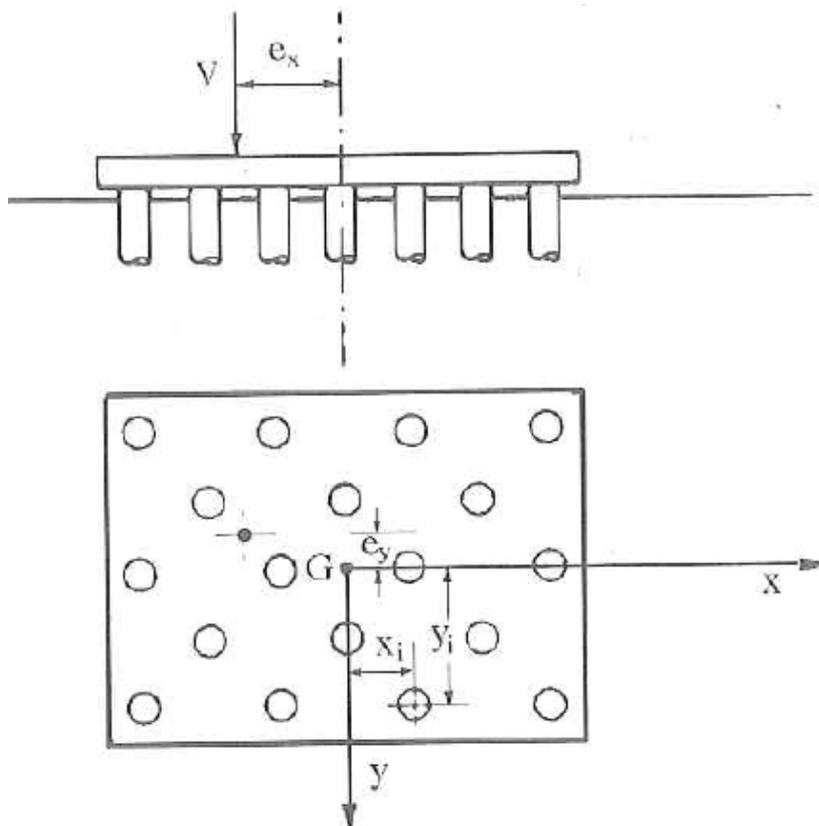


Figura 10: Schema di una palificata

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
17 di  
128

### 5.2.1. Comportamento dei pali soggetti a carichi orizzontali

La valutazione dei parametri necessari ad individuare il comportamento di un palo soggetto a carico orizzontale e momento flettente applicati in testa, è effettuata attraverso la risoluzione del problema di un palo infisso in un semispazio elastico sollecitato da una forza concentrata  $H_t$  agente in sommità del palo ed una coppia  $M_t$ ; tale problema è governato dalla risoluzione dell'equazione differenziale:

$$E_p J \frac{d^4 y}{dx^4} + Q \frac{d^2 y}{dx^2} = p$$

con:

- $p$  =  $-E_s y$  = reazione orizzontale del terreno per unità di lunghezza;
- $E_s$  = modulo di reazione orizzontale del terreno (modulo secante della curva di reazione del terreno  $p$ - $y$ );
- $E_p$  = modulo elastico del palo;
- $J$  = modulo di inerzia della sezione del palo;
- $y$  = spostamento orizzontale del palo alla quota  $x$  lungo il fusto del palo;
- $Q$  = carico assiale agente sul palo.

Per pali caricati lateralmente, di rigidità flessionale  $E_p J$  costante con la profondità e immersi in terreni caratterizzati dalle seguenti tre possibili diverse leggi di variazione del modulo  $E_s$  con la profondità:

- $E_s = k$  modulo di reazione costante (per terreni argillosi sovraconsolidati);
- $E_s = k x$  modulo di reazione variabile linearmente con la profondità (per terreni incoerenti e terreni argillosi normalmente consolidati);
- $E_s = k_1 + k_2 x$  variazione del modulo di reazione con legge polinomiale,

si può fare riferimento alle soluzioni in forma chiusa individuate da Matlock-Reese [1960].

In questo caso, la valutazione dei parametri:

- $y$  = spostamento orizzontale
- $s$  = rotazione
- $M$  = momento flettente
- $T$  = taglio
- $p$  = reazione orizzontale

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
18 di  
128

si può effettuare con riferimento alle seguenti formule:

$$y = \left( \frac{H_t \cdot T^3}{E \cdot J} \right) \cdot A_y + \left( \frac{M_t \cdot T^2}{E \cdot J} \right) \cdot B_y$$

$$s = \left( \frac{H_t \cdot T^2}{E \cdot J} \right) \cdot A_z + \left( \frac{M_t \cdot T}{E \cdot J} \right) \cdot B_z$$

$$M = (H_t \cdot T) \cdot A_m + M_t \cdot B_m$$

$$H = H_t \cdot A_s + \left( \frac{M_t}{T} \right) \cdot B_s$$

$$p = \left( \frac{H_t}{T} \right) \cdot A_p + \left( \frac{M_t}{T^2} \right) \cdot B_p$$

dove:

$A_y, B_y, A_s, B_s, A_m, B_m, A_v, B_v, A_p, B_p$  = coefficienti adimensionali, funzione di:

- andamento con la profondità del modulo di reazione orizzontale del terreno;
- flessibilità relativa, rappresentata dai rapporti  $L/T$  e  $z/T$ , con  $L$  pari alla lunghezza del palo e  $z$  pari alla profondità generica dal piano campagna, dove  $T = (E_p J / n_h) \cdot 0.2$

Per i terreni incoerenti, il valore di  $n_h$  dipende dallo stato di addensamento e dalla presenza o meno della falda; esso può essere ottenuto dall'espressione:

$$n_h = \frac{A \cdot \gamma}{1.35};$$

Valori orientativi di  $n_h$  e di  $A$  sono riportati nella seguente tabella e figura.

Stato di addensamento	Sciolto	Medio	Denso
Campo dei valori di A	100 ÷ 300	300 ÷ 1.000	1.000 ÷ 3.000
Valore consigliato di A	200	600	1.500
$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ], sabbie non immerse	2,5	7,5	20
$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ], sabbie immerse	1,5	5	12

Tab. 14.5. Valori orientativi di  $n_h$  e di A (eq. 14.25) per terreni incoerenti

**Tabella 1: Valori orientativi di  $n_h$  e di A per terreni incoerenti**

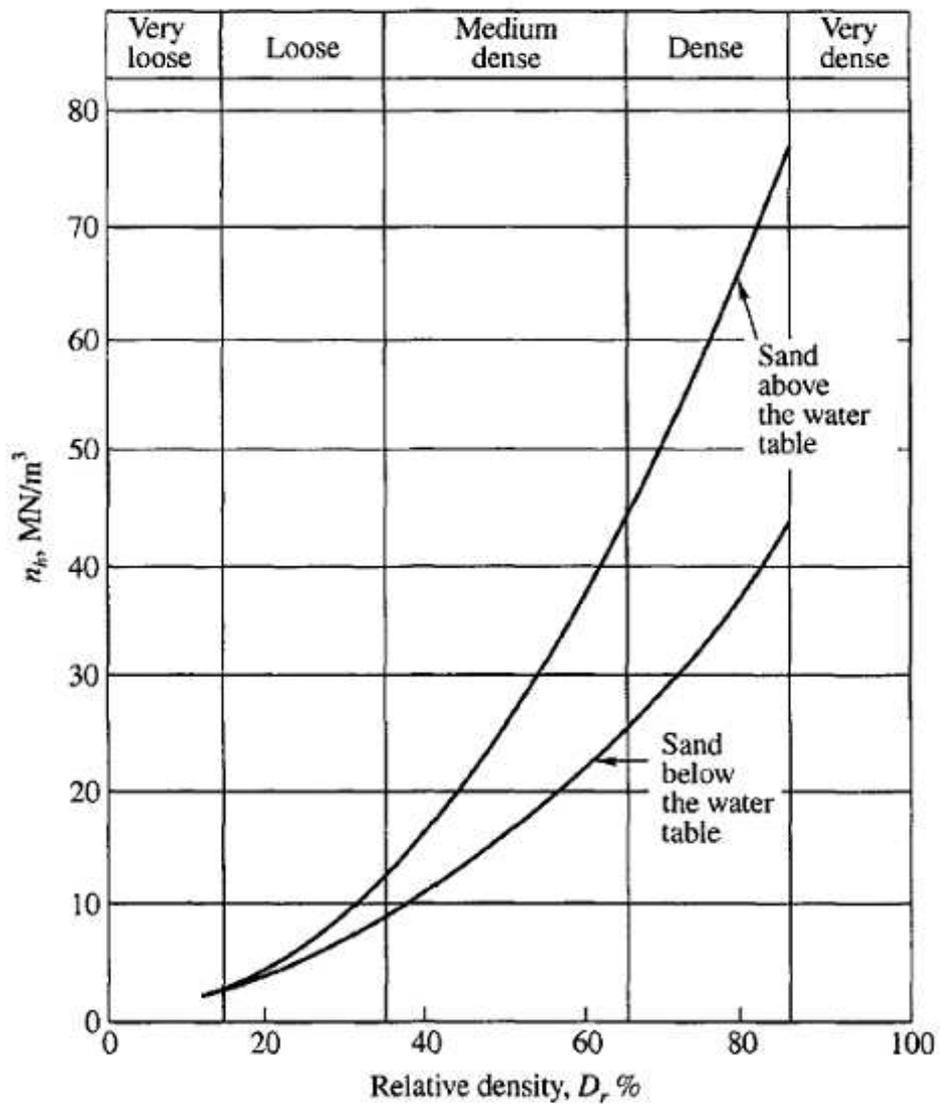


Figure 3 – Variation of  $n_h$  with relative density (Reese, 1975)

Figura 11: Valori orientativi di  $n_h$  per terreni incoerenti

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 20 di 128

## 6. MODELLO DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO

L'opera è dimensionata in modo da avere adeguati coefficienti di sicurezza rispetto alle seguenti condizioni di rottura, secondo i criteri previsti dal D.M. 11/03/1988:

### Opere di sostegno:

- Ribaltamento FS=1.5
- Scivolamento FS=1.3
- Capacità portante alla base FS=2.0

### 6.1. Codice di calcolo dei muri

Aztec Informatica - Max ver. 10.0, analisi e calcolo dei muri di sostegno.

### 6.2. Calcolo della spinta sul muro

#### 6.2.1. Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 21 di 128

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

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

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

### 6.2.2. Spinta in presenza di sisma

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

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

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

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

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

dove  $\theta = \arctg(C)$  essendo  $C$  il coefficiente di intensità sismica.

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a 2/3 dell'altezza del muro stesso.

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

$$F_i = CW$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 22 di 128

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### 6.3. Verifica a ribaltamento

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

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che sia  $\eta_r \geq 1.5$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### 6.4. Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ .

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_s \geq 1.3$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle	Foglio 23 di 128

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle <span style="float: right;">Foglio 24 di 128</span>

## 6.5. Verifica al carico limite

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

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

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_q \geq 2.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

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

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

### Fattori di profondità

D

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

B

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

D

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

B

### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \frac{\theta}{90})^2$$

$\theta^\circ$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta}{\phi})^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$\phi^\circ$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## 6.6. Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$ .

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_g \geq 1.3$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
26 di  
128

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
27 di  
128

## 7. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Di seguito viene esposta la caratterizzazione geotecnica e la stratigrafia di riferimento utilizzata nei calcoli per la verifica/dimensionamento dell'opera in oggetto.

I valori caratteristici dei parametri geotecnici e la stratigrafia di riferimento sono stati desunti dai documenti di riferimento elencati nel § 4. Per eventuali approfondimenti si rimanda ai documenti stessi.

In particolare le presenti successioni stratigrafiche di progetto impiegate nel dimensionamento delle fondazioni sono state ricostruite sulla base delle indicazioni del sondaggio SL29.

Le seguenti Tabella 2 e Tabella 3 riportano i parametri geotecnici caratteristici dei materiali e la successione stratigrafica di progetto in cui si inseriscono le opere.

**Tabella 2: SP1: Quadro riassuntivo parametri geotecnici e stratigrafia di riferimento**

Unità	DA p,c,	A p,c,	Spesso re $\Delta H$	Peso di volume $\gamma_n$	Angolo resistenza taglio $\phi'$	Coesione efficace $c'$	$\tau_{ad}$ aderenza micropalo
	m	m	m	kN/m <sup>3</sup>	°	kPa	KPa
Riporto (*)	0	1.5	1.5	19	32	0	0
Depositi Alluvionali recenti fl3	1.5	6.5	5	19	32	0	180
Argilloscisti aP	6.5	...	...	24÷26	25÷26	150÷200	250

**Tabella 3: SP2: Quadro riassuntivo parametri geotecnici e stratigrafia di riferimento**

Unità	DA p,c,	A p,c,	Spesso re $\Delta H$	Peso di volume $\gamma_n$	Angolo resistenza taglio $\phi'$	Coesione efficace $c'$	$\tau_{ad}$ aderenza micropalo
	m	m	m	kN/m <sup>3</sup>	°	kPa	KPa
Depositi Alluvionali recenti fl3	0	5	5	19	32	0	180
Argilloscisti aP	5	...	...	24÷26	25÷26	150÷200	250

essendo:

- $\gamma_n$  = peso di volume naturale (kN/m<sup>3</sup>)
- $c'$  = coesione efficace (kPa)
- $\phi'$  = angolo d'attrito in termini di sforzi efficaci
- $\tau_{ad}$  = aderenza micropalo

(\*)I Riporti sono tenuti in considerazione nel dimensionamento della fondazione della spilla SP1 che posa a monte di un muretto esistente.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 28 di 128

Le verifiche delle fondazioni della passerella e del muro di sostegno sono state condotte secondo le seguenti ipotesi di falda:

- in esercizio falda coincidente con la quota dell'alveo ordinario;
- in presenza di piena (TR=200anni) con la falda alla quota ca. q=35.64m s.l.m..

## 8. SISMA

Il sisma è stato considerato con riferimento al grado di sismicità del sito S=6.

L'incremento sismico è valutato in accordo a quanto previsto dalla normativa (D.M. 16/1/1996, paragrafo D).

Chiamando F la spinta in condizioni statiche l'incremento sismico è dato da

$$\Delta F = F_s - F$$

in cui  $F_s$  è la spinta esercitata dal terreno in condizioni sismiche.

$$F_s = A \cdot F' \quad A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos \theta} \quad \theta = \arctg(C) \quad C = \frac{S - 2}{100}$$

dove:

S = grado di sismicità;

C = coefficiente di intensità sismica;

F' = spinta del terreno calcolata per  $\beta' = \beta + \theta$  e per  $\varepsilon' = \varepsilon + \theta$ ;

$\beta$  = angolo formato dall'intradosso del muro con la verticale;

$\varepsilon$  = angolo formato dalla superficie del terreno con l'orizzontale.

Tale incremento di spinta viene applicato ad una distanza dalla base del muro pari a 2/3 dell'altezza del muro stesso. Si considera inoltre una forza d'inerzia orizzontale applicata nel baricentro dei pesi:

$$F_i = I \cdot C \cdot \varepsilon \cdot R \cdot \beta \cdot W$$

con W pari al peso proprio del muro e di tutti i pesi e carichi permanenti sovrastanti la zattera di fondazione.

In base al D.M. 16 gennaio 1996 si calcola:

- coefficiente di protezione sismica: I=1.4;
- coefficiente di intensità sismica: C= 0.04;
- coefficiente di fondazione:  $\varepsilon$ =1.3;
- coefficiente di risposta: R=1.0;
- coefficiente di struttura:  $\beta$ =1.2;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle</p>	<p>Foglio 29 di 128</p>

quindi:

il coefficiente sismico orizzontale è pari a:  $F_h=0.087$ .

il coefficiente sismico verticale è pari a:  $F_v=0.28$  (azione sismica verso l'alto su impalcato).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 30 di 128

## 9. SPALLA/PILA SP1

### 9.1. Geometria della spalla

La pila/spalla, prevista in c.a., ha le seguenti caratteristiche:

- Pulvino in c.a. con geometria regolare rettangolare di dimensioni: 90cm x 55cm x 270cm;
- Pila in c.a. con sezione circolare di diametro  $D = 800$  mm e altezza  $h=1.50$ m;
- Plinto di fondazione in c.a. con geometria regolare rettangolare di dimensioni: 145cm x 80cm x 280cm, ha una obliquità rispetto l'asse dell'impalcato di  $\alpha = 23.2^\circ$ ;
- Fondazione di tipo profondo su micropali. I micropali hanno diametro di perforazione  $D=240$  mm, sono armati con tubolare  $\varnothing 169.3$  e spessore 12.5 mm. Per la pila SP1 sono previsti n. 8 micropali di lunghezza 12m di cui 0.6 m nel plinto di fondazione.

Nelle impostazioni di progetto la fondazione è stata posata considerando la presenza del muro esistente adiacente: quota intradosso fondazione SP1  $q = 34.10$  m s.l.m..

Nel dimensionamento della fondazione la presenza del muro esistente è stata tenuta in conto considerando il palo fuori terra per una altezza pari allo spessore del riporto previsto di 1.50 m.

Nello studio della fondazione della Pila/Spalla SP1 non è stato tenuto in conto il fenomeno dello scalzamento in caso di piena.

Nella seguente Figura è illustrato lo schema della spalla:

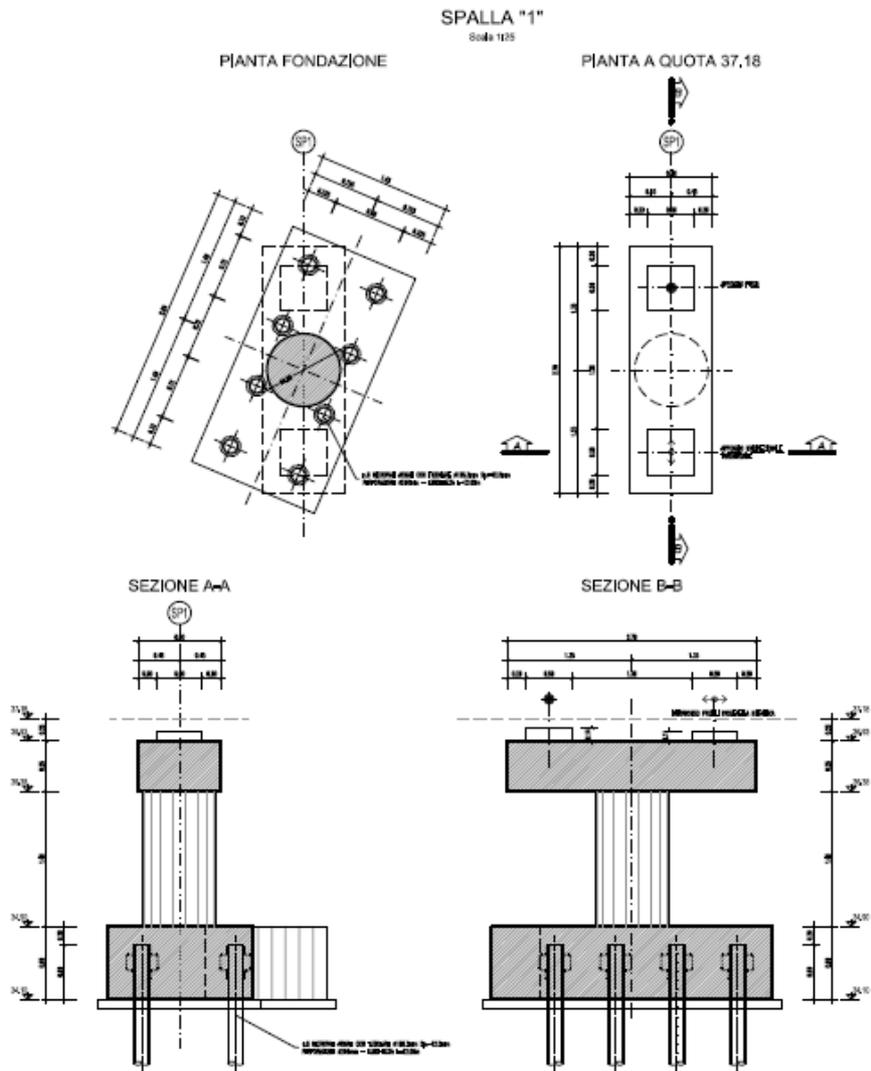


Figura 12: Pila/Spalla1, carpenterie e fondazioni

## 9.2. Carichi

Pesi propri della struttura in c.a., considerando un  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

I carichi dell'impalcato:

Le azioni caratteristiche applicate sono le "1" e "15", secondo il seguente schema di calcolo dell'impalcato:

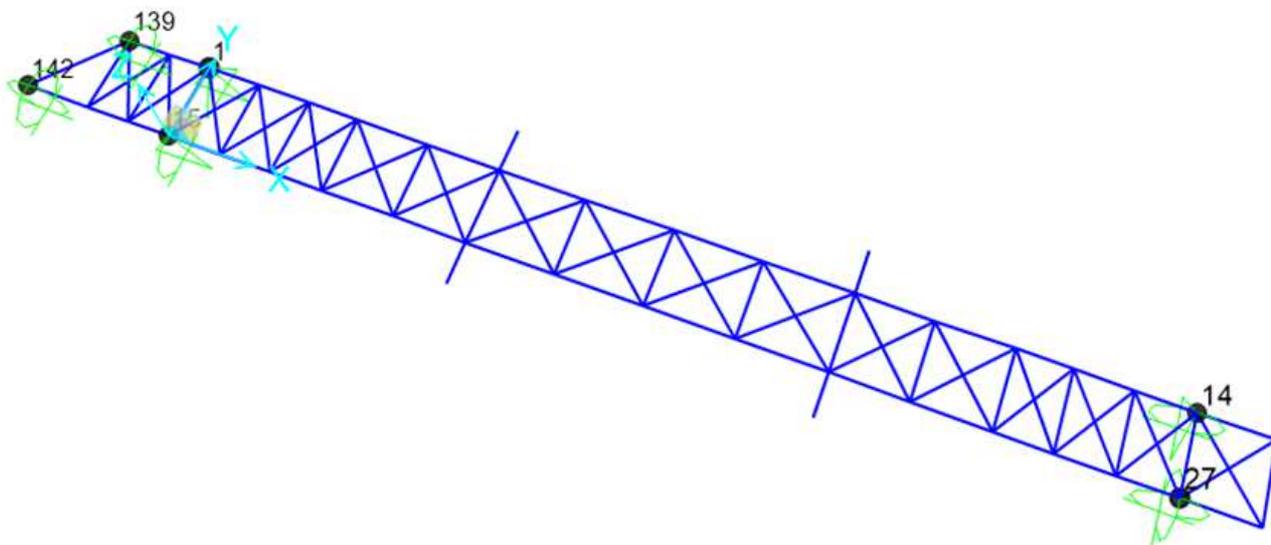


Figura 13: Schema impalcato passerella

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	DEAD	LinStatic		0.091	-0.008	24.453	0	0	0
1	DT	LinStatic		0.484	-0.040	0.090	0	0	0
1	G1,grigliati	LinStatic		0.038	-0.003	11.554	0	0	0
1	G2	LinStatic		0.019	-0.002	5.777	0	0	0
1	Q1+Q2	LinStatic		0.212	-0.018	64.705	0	0	0
1	Q5	NonStatic	Max	80.995	-72.409	0.249	0	0	0
1	Q5	NonStatic	Min	80.995	-72.409	0.249	0	0	0
1	Q8	LinStatic		0.925	1.945	-0.669	0	0	0

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
15	DEAD	LinStatic		-0.091	0	25.148	0	0	0
15	DT	LinStatic		-0.484	0	-0.114	0	0	0
15	G1,grigliati	LinStatic		-0.038	0	11.859	0	0	0
15	G2	LinStatic		-0.019	0	5.929	0	0	0
15	Q1+Q2	LinStatic		-0.212	0	66.408	0	0	0
15	Q5	NonStatic	Max	-80.995	0	-0.305	0	0	0
15	Q5	NonStatic	Min	-80.995	0	-0.305	0	0	0
15	Q8	LinStatic		-0.925	0	0.468	0	0	0

Con:

DEAD      peso proprio  
 DT        temperatura  
 G1,grigliati   peso grigliati  
 G2        peso permanenti  
 Q1+Q2    folla  
 Q5        vento  
 Q8        spinta parapetto

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle		Foglio 34 di 128

### 9.3. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico considerate nelle verifiche sono le seguenti:

COMBINAZIONE	Pesi propri	Vento	Folla + spinta folla	Piena	Sisma
AI	x	x			
AII	x	x (0.6)	x		
All_piena	x			x	
AV	x				x

In particolare sono state strutturate n.6 combinazioni sismiche:

COMBINAZIONE	Sisma verticale	Sisma orizzontale
AV_L (-kv)	verso l'alto	longitudinale
AV_+T (-kv)	verso l'alto	trasversale positivo
AV_-T (-kv)	verso l'alto	trasversale negativo
AV_L (+kv)	verso il basso	longitudinale
AV_+T (+kv)	verso il basso	trasversale positivo
AV_-T (+kv)	verso il basso	trasversale negativo

Nello specifico considerando le singole azioni caratteristiche, le combinazioni risultano come illustrato nella seguente tabella:

			COMBINAZIONI								
			Statica			Sisma verticale alto			Sisma verticale basso		
STATICA			1	2	3	4	5	6	7	8	9
<u>PESI PROPRI SPALLA</u>											
1	g1	appoggi sx	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
2	g1	appoggi dx	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
3	g1	pulvino	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
4	g1	pila	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
5	g1	fondazione	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
<u>Rinterro fondazione</u>											
6	g2	Rinterro in esercizio	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
<u>AZIONE SOTTOSPINTA IDRAULICA</u>											
7	g3	Sottospinta in esercizio	AI	AII		AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
8	g3	Sottospinta in piena			AII_1						
<u>AZIONI CARATTERISTICHE DAGLI APPOGGI SX 15</u>											
obliquità $\alpha$											
9	DEAD	peso proprio	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
10	DT	temperatura	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
11	G1,grigliati	peso grigliati	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
12	G2	peso permanenti	AI	AII	AII_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
13	Q1+Q2	folla		AII							

14	Q5	vento	A I	A II (0.6)							
15	Q5	vento									
16	Q8	spinta parapetto		A II							
<b>AZIONI CARATTERISTICHE DAGLI APPOGGI DX 1</b>											
		obliquità $\alpha$									
17	DEAD	peso proprio	A I	A II	A II_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
18	DT	temperatura	A I	A II	A II_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
19	G1,grigliati	peso grigliati	A I	A II	A II_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
20	G2	peso permanenti	A I	A II	A II_1	AV_L	AV_+T	AV_-T	AV_L	AV_+T	AV_-T
21	Q1+Q2	folia		A II							
22	Q5	vento	A I	A II (0.6)							
23	Q5	vento									
24	Q8	spinta parapetto		A II							

**SISMICA****SISMICA TRASVERSALE SEGNO POSITIVO****INERZIE SPALLA orizzontali (segno +)**

		coeff sismico kh					Sisma verticale alto		Sisma verticale basso	
25	q6	inerzia appoggi sx					AV_+T		AV_+T	
26	q6	inerzia appoggi dx					AV_+T		AV_+T	
27	q6	inerzia pulvino					AV_+T		AV_+T	
28	q6	inerzia pila					AV_+T		AV_+T	
29	q6	inerzia fondazione					AV_+T		AV_+T	

**INERZIA RINTERRO orizzontali**

28	q6	inerzia rinterro esercizio					AV_+T		AV_+T	
----	----	----------------------------	--	--	--	--	-------	--	-------	--

**INERZIA IMPALCATO ORISSONTALE appoggio 15**

29	q6	inerzia peso proprio					AV_+T		AV_+T	
30	q6	inerzia temperatura					AV_+T		AV_+T	
31	q6	inerzia peso grigliati					AV_+T		AV_+T	
32	q6	inerzia peso permanenti					AV_+T		AV_+T	

**INERZIA IMPALCATO ORISSONTALE appoggio 1**

32	q6	inerzia peso proprio					AV_+T		AV_+T	
33	q6	inerzia temperatura					AV_+T		AV_+T	
34	q6	inerzia peso grigliati					AV_+T		AV_+T	
35	q6	inerzia peso permanenti					AV_+T		AV_+T	

**SISMICA TRASVERSALE SEGNO NEGATIVO****INERZIE SPALLA orizzontali (segno -)**

		coeff sismico kh					Sisma verticale alto		Sisma verticale basso	
35	q6	inerzia appoggi sx					AV_-T		AV_-T	
36	q6	inerzia appoggi dx					AV_-T		AV_-T	
37	q6	inerzia pulvino					AV_-T		AV_-T	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
		IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle	
		Foglio 36 di 128	

38	q6	inerzia pila						AV_-T			AV_-T
39	q6	inerzia fondazione						AV_-T			AV_-T

**INERZIA RINTERRO orizzontali**

38	q6	Inerzia rinterro esercizio						AV_-T			AV_-T
----	----	----------------------------	--	--	--	--	--	-------	--	--	-------

**INERZIA IMPALCATO ORISSONTALE appoggio 15**

39	q6	inerzia peso proprio						AV_-T			AV_-T
40	q6	inerzia temperatura						AV_-T			AV_-T
41	q6	inerzia peso grigliati						AV_-T			AV_-T
42	q6	inerzia peso permanenti						AV_-T			AV_-T

**INERZIA IMPALCATO ORISSONTALE appoggio 1**

42	q6	inerzia peso proprio						AV_-T			AV_-T
43	q6	inerzia temperatura						AV_-T			AV_-T
44	q6	inerzia peso grigliati						AV_-T			AV_-T
45	q6	inerzia peso permanenti						AV_-T			AV_-T

**SISMICA LONGITUDINALE SEGNO POSITIVO**

**INERZIE SPALLA orizzontali (segno +)**

		coeff sismico kh					Sisma verticale alto	Sisma verticale basso			
45	q6	inerzia appoggi sx					AV_L				AV_L
46	q6	inerzia appoggi dx					AV_L				AV_L
47	q6	inerzia pulvino					AV_L				AV_L
48	q6	inerzia pila					AV_L				AV_L
49	q6	inerzia fondazione					AV_L				AV_L

**INERZIA RINTERRO orizzontali**

48	q6	Inerzia rinterro esercizio						AV_L			AV_L
----	----	----------------------------	--	--	--	--	--	------	--	--	------

**INERZIA IMPALCATO ORISSONTALE appoggio 15**

49	q6	inerzia peso proprio						AV_L			AV_L
50	q6	inerzia temperatura						AV_L			AV_L
51	q6	inerzia peso grigliati						AV_L			AV_L
52	q6	inerzia peso permanenti						AV_L			AV_L

**INERZIA IMPALCATO ORISSONTALE appoggio 1**

52	q6	inerzia peso proprio						AV_L			AV_L
53	q6	inerzia temperatura						AV_L			AV_L
54	q6	inerzia peso grigliati						AV_L			AV_L
55	q6	inerzia peso permanenti						AV_L			AV_L

**Tabella 4 Combinazioni di carico**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
37 di  
128

#### 9.4. Azioni a intradosso fondazione

Le combinazioni dei carichi a intradosso fondazione, baricentrico, sono:

	COMBINAZIONE	Vert	T long	T trasv	Mlong	Mtrasv
statica	A I	744.8	-28.5	66.6	-88.4	206.1
	A II	875.7	-16.4	38.2	-49.5	115.6
	A II_1 piena	726.5	0.0	0.0	0.3	-0.6
Sismica con sisma verticale verso l'alto	A V_L (-kv)	742.4	6.8	60.6	106.4	8.5
	A V_+T (-kv)	742.4	-2.9	64.5	-8.8	105.5
	A V_-T (-kv)	742.4	2.9	-64.4	9.3	-106.8
Sismica con sisma verticale verso il basso	A V_L (+kv)	747.2	6.8	60.6	106.4	8.4
	A V_+T (+kv)	747.2	-2.9	64.5	-8.8	105.5
	A V_-T (+kv)	747.2	2.9	-64.4	9.3	-106.8

#### 9.5. Verifica della fondazione

La geometria della fondazione di pali è:

Lato longitudinale	B	<b>1.45</b>	[m]
Lato trasversale	L	<b>2.8</b>	[m]
Altezza plinto	H	<b>0.8</b>	[m]

<b>Coordinate pali</b>		
Pile	X (m)	Y (m)
1	<b>0.40</b>	<b>1.08</b>
2	<b>0.40</b>	<b>0.36</b>
3	<b>0.40</b>	<b>-0.36</b>
4	<b>0.40</b>	<b>-1.08</b>
5	<b>-0.40</b>	<b>1.08</b>
6	<b>-0.40</b>	<b>0.36</b>
7	<b>-0.40</b>	<b>-0.36</b>
8	<b>-0.40</b>	<b>-1.08</b>

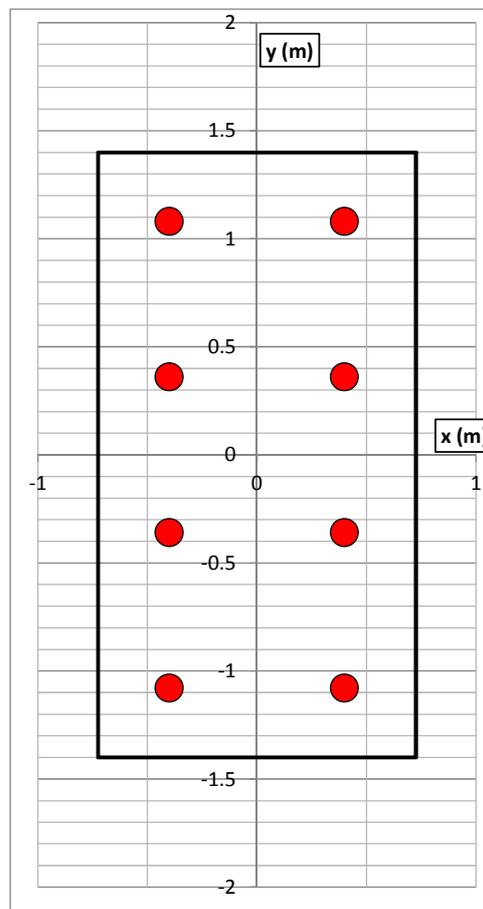


Figura 14: SP1, schema palificata

Le sollecitazioni sui singoli pali:

Azioni assiali pali (kN)										
Combo	Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4	Palo 5	Palo 6	Palo 7	Palo 8	Htot	Mtot
Es_1	117.0	72.4	27.9	-16.7	202.9	158.3	113.8	69.2	9.1	15.6
Es_2	123.0	97.8	72.6	47.4	171.5	146.3	121.2	96.0	5.2	8.9
Es_3	90.8	90.9	90.9	91.0	90.6	90.7	90.8	90.9	0.0	0.0
Sis_1	153.2	137.5	121.9	106.2	79.4	63.7	48.1	32.4	7.6	13.1
Sis_2	133.6	103.5	73.4	43.3	142.3	112.2	82.1	52.0	8.1	13.9
Sis_3	51.9	82.2	112.4	142.6	43.0	73.2	103.4	133.7	8.1	13.9
Sis_4	153.8	138.1	122.5	106.8	80.0	64.3	48.7	33.0	7.6	13.1
Sis_5	134.2	104.1	74.0	44.0	142.8	112.8	82.7	52.6	8.1	13.9
Sis_6	52.5	82.8	113.0	143.2	43.6	73.8	104.0	134.3	8.1	13.9

Le sollecitazioni massime e minime sui pali sono:

Combo	N <sub>max</sub> (kN)	Combo	N <sub>min</sub> (kN)	Combo	H <sub>max</sub> (kN)	M <sub>max</sub> (kNm)	Combo	N <sub>medio</sub> (kN)
Es_1	202.9	Es_1	-16.7	Es_1	9.1	15.6	Es_2	109.5
Sis_4	153.8	Sis_1	32.4	Sis_2	8.1	13.9	Sis_4	93.4

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
39 di  
128

## 9.6. Verifica capacità portante micropalo

La fondazione è stata prevista con micropali armati con tubolari in acciaio con diametro  $\varnothing = 168.3$  mm e spessore 12.5 mm (Acciaio Fe510) di lunghezza  $L=12$  m di cui 0.6 m nel plinto di fondazione.

Sono previsti micropali con sistema di iniezione a gravità. I valori di aderenza del micropalo sono stati stimati in funzione:

- delle caratteristiche resistive dei terreni presenti in sito (Tabella 2);
- criteri di riferimento forniti dalla FWHA (Figura 9).

### Geometria del problema

diametro della perforazione	D	0.24	[m]
lunghezza del micropalo	L	12.0	[m]
diametro esterno della sezione tubolare	d	168.3	[mm]
spessore della sezione tubolare	t	12.5	[mm]
diametro interno della sezione tubolare	$d_{int}$	143.3	[mm]
area sezione tubolare	A	6118.3	[mm <sup>2</sup> ]
momento di inerzia della sezione	I	1868.35	[cm <sup>4</sup> ]
modulo di resistenza elastico	W	222.03	[cm <sup>3</sup> ]
peso	P	48.03	[kg/m]
quota testa micropalo da p.c.	$z_p$	1.10	[m]
numero di strati	n	3	[-]

### Stratigrafia e parametri geotecnici medi

Parametri medi del terreno		Strato				
		1	2	3	4	
tipo di terreno		Riporto	fI3	aP	-	
incoerente/coesivo		S	S	S	S	
spessore		1.5	5	4.9	0	[m]
coefficiente maggiorativo	$\alpha$	1.00	1.00	1.00	1.00	[-]
diametro equivalente	$d=\alpha D$	0.24	0.24	0.24	0.24	[m]
resistenza tangenziale interfaccia media	$q_s$	0	180	250	0	[kPa]
portata laterale media strato	$Q_{si}$	0.0	216.0	294.0	0.0	[kPa]



## Capacità portante

### Capacità portante media

<i>laterale</i>	$R_{s,cal med}$	510.0	[kN]
-----------------	-----------------	-------	------

Verifica della capacità portante:

<i>carico agente_statica</i>	$N_d$	202.9	[kN]	
<i>FS</i>	$R_{c,d}/N_d$	2.51	[-]	ok

<i>carico agente_sismica</i>	$N_d$	153.8	[kN]	
<i>FS</i>	$R_{c,d}/N_d$	3.32	[-]	ok

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
41 di  
128

### 9.7. Verifica strutturale dei micropali

La fondazione è stata prevista con micropali armati con tubolari in acciaio con diametro  $\varnothing = 168.3$  mm e spessore 12.5 mm (Acciaio Fe510).

Lo spessore del tubolare tiene conto del fenomeno della corrosione. Considerato una corrosione, secondo i criteri della FHWA (Tabella 5), di 1.6mm lo spessore di calcolo dell'armatura del micropalo risulta pari a  $s_{ridotto} = 10.9$ mm.

**Table 4-7. Minimum Dimensions (mm) of Shell Thickness as Corrosion Protection**

Soil Type	Service Life (years)			
	25	50	75	100
Not Aggressive	0.25	0.60	0.70	0.80
Barely Aggressive	1.00	1.60	2.00	2.50
Very Aggressive	2.50	4.00	5.00	6.00

Source: CCTG, 1993.

**Tabella 5: Sovrappessori per corrosione (FHWA)**

Di seguito la scheda di verifica. La verifica risulta soddisfatta.

Caso: CARICO ASSILE DI COMPRESSIONE

**Micropali**

Geometria

Diametro esterno della sezione tubolare	d	=	168.3	mm
Spessore della sezione tubolare	t	=	10.9	mm
Diametro interno della sezione tubolare	d <sub>int</sub>	=	146.5	mm
Area sezione	A	=	5389.9	mm <sup>2</sup>
Momento di inerzia della sezione	I	=	1677.2	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza elastico	W	=	199.3	cm <sup>3</sup>
Momento statico di metà sezione	S <sub>A/2</sub>	=	135.24	cm <sup>3</sup>

Azioni di progetto

Sforzo normale	N <sub>Ed</sub>	=	202.9	kN
Momento flettente	M <sub>Ed</sub>	=	15.6	kN m
Taglio	V <sub>Ed</sub>	=	9.1	kN
interasse	i		1.0	m

Verifica in campo elastico

Tensione normale	σ <sub>x,Ed</sub>	=	115.92	MPa
Tensione tangenziale	τ <sub>ED</sub>	=	3.37	MPa
Sigma ideale	σ <sub>id</sub>	=	116.0	-
	F <sub>e</sub>		510	
	σ <sub>adm</sub>		240	
	S <sub>id</sub> < σ <sub>adm</sub>			ok

$$\sigma_{id} = \pm \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{id} = \pm \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2}$$

## Caso: CARICO ASSILE DI TRAZIONE

**Micropali**Geometria

Diametro esterno della sezione tubolare	d	=	168.3	mm
Spessore della sezione tubolare	t	=	10.9	mm
Diametro interno della sezione tubolare	d <sub>int</sub>	=	146.5	mm
Area sezione	A	=	5389.9	mm <sup>2</sup>
Momento di inerzia della sezione	I	=	1677.2	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza elastico	W	=	199.3	cm <sup>3</sup>
Momento statico di metà sezione	S <sub>A/2</sub>	=	135.24	cm <sup>3</sup>

Azioni di progetto

Sforzo normale	N <sub>Ed</sub>	=	-16.7	kN
Momento flettente	M <sub>Ed</sub>	=	15.6	kN m
Taglio	V <sub>Ed</sub>	=	9.1	kN
interasse	i		1.0	m

Verifica in campo elastico

Tensione normale	σ <sub>x,Ed</sub>	=	75.17	MPa
Tensione tangenziale	τ <sub>ED</sub>	=	3.37	MPa
Sigma ideale	σ <sub>id</sub>	=	75.2	-
	Fe		510	
	σ <sub>adm</sub>		240	
	S <sub>id</sub> < σ <sub>adm</sub>			ok

$$\sigma_{id} = \pm \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{id} = \pm \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
44 di  
128

## 9.9. Verifica strutturale del pulvino

Per la verifica dell'armatura del pulvino si considera la sezione di attacco della mensola lato appoggio n.15, di sezione 90cm x 55cm e lunghezza mensola 1.35 m.

Le combinazioni di riferimento sono indicate nel §9.3.

Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate:

	COMBINAZIONE	Vert	T long	T trasv	Mlong	Mtrasv
statica	A I	60.8	0.0	0.0	0.0	-50.9
	A II	127.8	0.0	0.0	0.0	-111.2
	A II_1 piena	61.1	0.0	0.0	0.0	-51.2
Sismica con sisma verticale verso l'alto	A V_L (-kv)	59.9	0.0	0.0	0.0	-50.1
	A V_+T (-kv)	59.9	0.0	0.0	0.0	-50.1
	A V_-T (-kv)	59.9	0.0	0.0	0.0	-50.1
Sismica con sisma verticale verso il basso	A V_L (+kv)	62.3	0.0	0.0	0.0	-52.3
	A V_+T (+kv)	62.3	0.0	0.0	0.0	-52.3
	A V_-T (+kv)	62.3	0.0	0.0	0.0	-52.3

Momento flettente  $M = 111.2\text{kNm}$

Azione tagliante  $V = 127.8\text{kN}$

Calcestruzzo classe C32/40

Si dispongono nella sezione: correnti 6+6 $\phi$ 16 al lembo superiore e inferiore, e doppia staffa a 4 bracci  $\phi$ 12/20.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
45 di  
128

<b>Momento massimo</b>	M =	111.20	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	127.80	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	11.38	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	305551	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	4.14	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-205.3	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	4.14	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	205.3	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	137.75	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	163.99	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	302.8	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.32	MPa

La sezione è verificata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
46 di  
128

## 9.10. Verifica strutturale della pila

Per la verifica dell'armatura della pila si considera la sezione di spiccato. La Pila in c.a. ha sezione circolare di diametro  $D = 800$  mm e altezza  $h=1.50$ m.

Le combinazioni di riferimento sono indicate nel §9.3.

Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate:

	COMBINAZIONE	Vert	T long	T trasv	Mlong	Mtrasv
statica	A I	592.4	0.0	72.5	0.0	166.3
	A II	723.4	0.0	41.6	0.0	92.5
	A II_1 piena	592.5	0.0	0.1	0.0	-0.7
Sismica con sisma verticale verso l'alto	A V_L (-kv)	590.1	7.4	44.4	53.7	-0.7
	A V_+T (-kv)	590.1	0.0	51.8	0.0	53.0
	A V_-T (-kv)	590.1	0.0	-51.7	0.0	-54.4
Sismica con sisma verticale verso il basso	A V_L (+kv)	594.9	7.4	44.4	53.7	-0.8
	A V_+T (+kv)	594.9	0.0	51.8	0.0	53.0
	A V_-T (+kv)	594.9	0.0	-51.7	0.0	-54.5

Azione assiale  $N = 592.4$  kN

Momento flettente  $M = 166.3$  kNm

Azione tagliante  $V = 72.5$  kN

Calcestruzzo classe C32/40

Si dispongono nella sezione: correnti  $12\phi 16$ , e staffa  $\phi 12/20$ .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
47 di  
128

geometria					SLE	
<b>sezione trasversale</b>					$M_{Ek}$	<b>166.3</b> [kNm]
D	c	d	passo	interferro	$N_{Ek}$	<b>-592.4</b> [kN]
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	<b>momento di cracking</b>	
<b>80</b>	<b>4.0</b>	74.0	17.8	16.2	$M_{cr}$	204.3 [kNm]
<b>armatura longitudinale</b>					<b>quota asse neutro</b>	
nbarre	$\phi$	$r_i$	$A_{sl}$	$C_i$	$\gamma_n$	40.44 [cm]
	[mm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	<b>tensioni e fessure</b>	
<b>12</b>	<b>16</b>	34.00	24.13	6.00	$\sigma_{c,min}$	-5.5 [MPa]
<b>armatura a taglio</b>					$\sigma_{s,min}$	-69.7 [MPa]
Tipo	$\phi$	S	$A_{sw}$	diminuire il passo	$\sigma_{s,max}$	67.9 [MPa]
	[mm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> ]		$k_2$	<b>0.5</b>
<b>staffe</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	2.26		$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
					$S_{r,max}$	- [cm]
					$w_k$	- [mm]

La sezione è verificata, non si ha apertura di fessure.

Verifica di resistenza a taglio:

Si considera la sezione circolare in calcestruzzo ridotta ad un quadrato, di lato  $B= 0.56$  m, inscritto nella geometria del palo.

Dalla  $\tau=T / 0.9 B h$ , il valore di  $T_{co}$  corrispondente alla  $\tau_{co}=0.73$ MPa (C32/40):

$$T_{co} = 206.04 \text{ kPa}$$

$T_{co}$  è maggiore del taglio  $T=72.5$ kN, non serve armatura a taglio.

Armatura a taglio minima: 3Ast (n. 3 staffe al metro) coerente con la spaziatura di 20cm prevista.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
48 di  
128

## 9.11. Verifica strutturale della fondazione

Per la verifica dell'armatura della fondazione si considera la sezione di attacco della mensola in direzione trasversale, di spessore 80 cm e ampiezza 70 cm (ampiezza =140cm/2).

Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate:

Azioni assiali pali (kN)								
Combo	Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4	Palo 5	Palo 6	Palo 7	Palo 8
Es_1	117.0	72.4	27.9	-16.7	202.9	158.3	113.8	69.2
Es_2	123.0	97.8	72.6	47.4	171.5	146.3	121.2	96.0
Es_3	90.8	90.9	90.9	91.0	90.6	90.7	90.8	90.9
Sis_1	153.2	137.5	121.9	106.2	79.4	63.7	48.1	32.4
Sis_2	133.6	103.5	73.4	43.3	142.3	112.2	82.1	52.0
Sis_3	51.9	82.2	112.4	142.6	43.0	73.2	103.4	133.7
Sis_4	153.8	138.1	122.5	106.8	80.0	64.3	48.7	33.0
Sis_5	134.2	104.1	74.0	44.0	142.8	112.8	82.7	52.6
Sis_6	52.5	82.8	113.0	143.2	43.6	73.8	104.0	134.3

max 202.9

Direzione: lato lungo

	Carico assiale	braccio	momento
palo 5	202.9	1.08	219.132
palo 6	158.3	0.36	56.988

p. plinto	-20.3	0.7	-14.21
-----------	-------	-----	--------

Taglio	340.9
Momento	261.91

Direzione: lato corto

	Carico assiale	braccio	momento
palo 5	202.9	0.4	81.16
palo 6	158.3	0.4	63.32

p. plinto	-20.3	0.363	-7.35875
-----------	-------	-------	----------

Taglio	340.9
Momento	137.1

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
49 di  
128

Lato lungo, direzione trasversale:

sezione 70x80cm

Momento flettente  $M = 261.91$  kNm

Azione tagliante  $V = 340.9$  kN

Calcestruzzo classe C32/40

Si dispongono nella sezione  $\phi 20/20$  al lembo superiore e  $\phi 20/20 + \phi 20/40$  al lembo inferiore.

<b>Momento massimo</b>	$M =$	261.90	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	340.80	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	18.37	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	967531	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	4.97	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-230.0	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$	-230.0	MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	4.97	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	230.0	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	235.90	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	280.83	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	246.6	MPa
apertura fessure	$w_k =$	0.19	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.71	MPa

La sezione è verificata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
50 di  
128

Lato corto, direzione longitudinale:

sezione 140x80cm

Momento flettente  $M = 137.1$  kNm

Azione tagliante  $V = 340.9$  kN

Calcestruzzo classe C32/40

Si dispongono nella sezione  $\phi 20/20$  al lembo superiore e  $\phi 20/20$  al lembo inferiore.

<b>Momento massimo</b>	$M =$	137.10	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	340.80	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	15.27	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	1377809	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	1.52	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-89.2	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	1.52	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	89.2	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	452.88	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	539.14	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	350.6	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.36	MPa

La sezione è verificata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
51 di  
128

## 10. SPALLA/PILA SP2

### 10.1. Geometria della spalla

La pila/spalla, prevista in c.a., ha le seguenti caratteristiche:

- Pulvino in c.a. con geometria regolare rettangolare di dimensioni: 90cm x 55cm x 270cm;
- Pila in c.a. con sezione circolare di diametro  $D = 800$  mm e altezza  $h=2.75$ m;
- Plinto di fondazione in c.a. con geometria regolare rettangolare di dimensioni: 190cm x 80cm x 280cm, ha una obliquità rispetto l'asse dell'impalcato di  $\alpha = 10.7^\circ$ ;
- Fondazione di tipo profondo su micropali. I micropali hanno diametro di perforazione  $D=240$  mm, sono armati con tubolare  $\varnothing 169.3$  e spessore 12.5 mm. Per la pila SP2 sono previsti n. 11 micropali di lunghezza 12m di cui 0.6 m nel plinto di fondazione.

Nelle impostazioni di progetto la fondazione è stata posata alla quota intradosso fondazione  $q = 33.30$  m s.l.m..

Nello studio della fondazione della Pila/Spalla SP2, in alveo, è stato tenuto in conto il fenomeno dello scalzamento in caso di piena considerando, nel dimensionamento, il palo fuori terra per una altezza di 2.00 m.

Nella seguente Figura è illustrato lo schema della spalla:

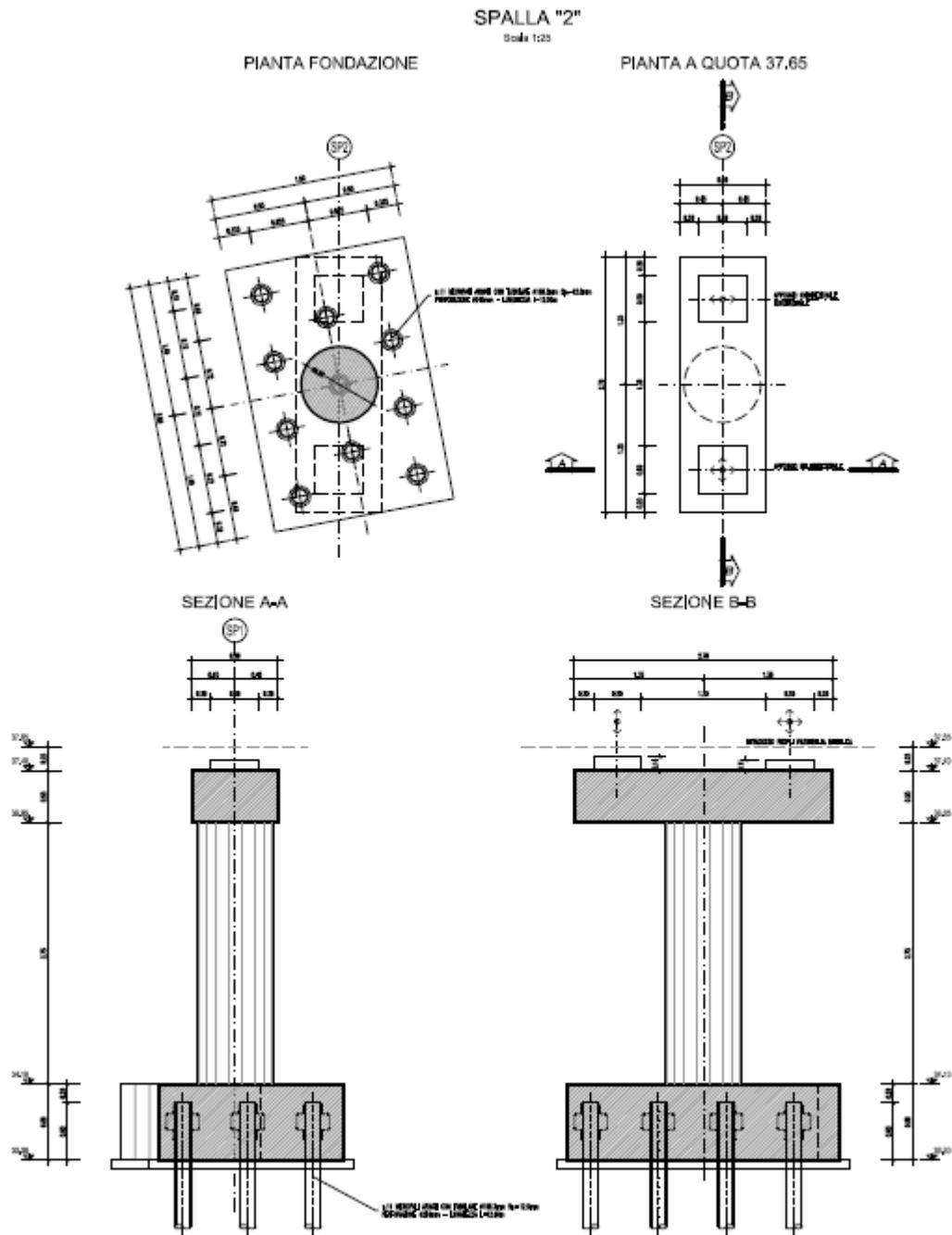


Figura 15: Pila/Spalla2, carpenterie e fondazioni

## 10.2. Carichi

Pesi propri della struttura in c.a., considerando un  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

I carichi dell'impalcato:

Le azioni caratteristiche applicate sono le "14" e "27", secondo il seguente schema di calcolo dell'impalcato:

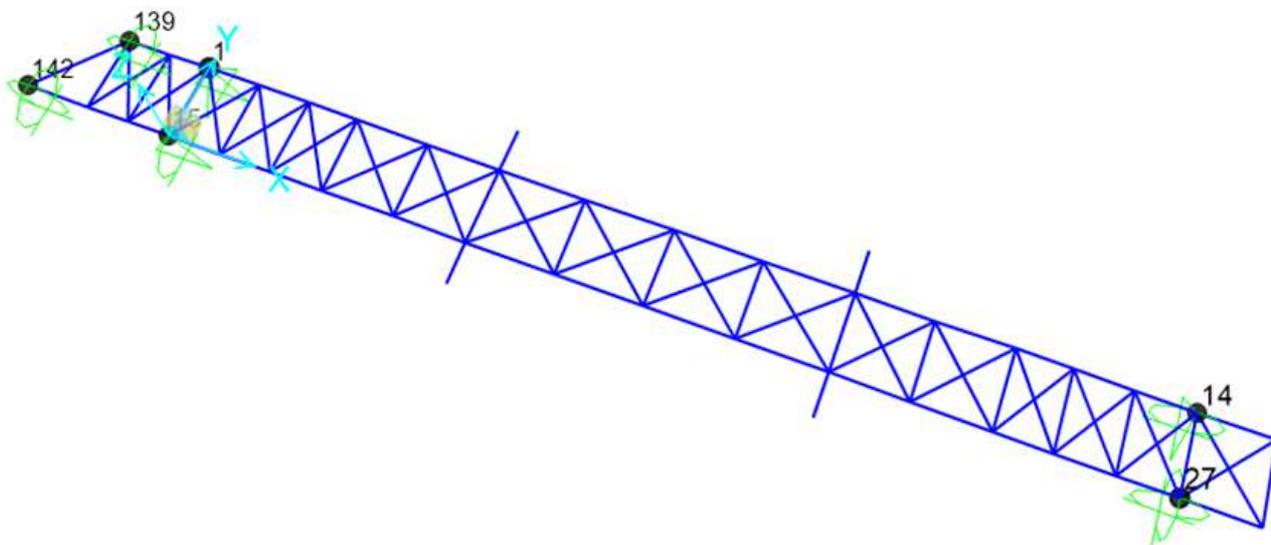


Figura 16: Schema impalcato passerella

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
14	DEAD	LinStatic		0	0.00752	24.738	0	0	0
14	DT	LinStatic		0	0.04	-0.109	0	0	0
14	G1,grigliati	LinStatic		0	0.003139	11.791	0	0	0
14	G2	LinStatic		0	0.001569	5.895	0	0	0
14	Q1+Q2	LinStatic		0	0.018	66.029	0	0	0
14	Q5	NonStatic	Max	0	-48.191	-0.167	0	0	0
14	Q5	NonStatic	Min	0	-48.191	-0.167	0	0	0
14	Q8	LinStatic		0	-0.346	-0.209	0	0	0

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
27	DEAD	LinStatic		0	0	24.73	0	0	0
27	DT	LinStatic		0	0	0.111	0	0	0
27	G1,grigliati	LinStatic		0	0	11.788	0	0	0
27	G2	LinStatic		0	0	5.894	0	0	0
27	Q1+Q2	LinStatic		0	0	66.01	0	0	0
27	Q5	NonStatic	Max	0	0	0.18	0	0	0
27	Q5	NonStatic	Min	0	0	0.18	0	0	0
27	Q8	LinStatic		0	0	0.244	0	0	0

Con:

DEAD      peso proprio  
 DT         temperatura  
 G1,grigliati   peso grigliati  
 G2         peso permanenti  
 Q1+Q2      folla  
 Q5         vento  
 Q8         spinta parapetto

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
55 di  
128

### 10.3. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico considerate nelle verifiche sono le seguenti:

COMBINAZIONE	Pesi propri	Vento	Folla + spinta folla	Piena	Sisma
AI	x	x			
AII	x	x (0.6)	x		
All_piena	x			x	
AV	x				x

In particolare sono state strutturate n.6 combinazioni sismiche:

COMBINAZIONE	Sisma verticale	Sisma orizzontale
AV_L (-kv)	verso l'alto	longitudinale
AV_+T (-kv)	verso l'alto	trasversale positivo
AV_-T (-kv)	verso l'alto	trasversale negativo
AV_L (+kv)	verso il basso	longitudinale
AV_+T (+kv)	verso il basso	trasversale positivo
AV_-T (+kv)	verso il basso	trasversale negativo

Per le combinazioni considerando nello specifico le singole azioni caratteristiche, si rimanda a quanto esposto nella Tabella 4, nel paragrafo § 10.3.

### 10.4. Azioni a intradosso fondazione

Le combinazioni dei carichi a intradosso fondazione (baricentrico) sono:

	COMBINAZIONE	Vert	T long	T trasv	Mlong	Mtrasv
statica	AI	1219.5	8.9	47.3	39.7	210.0
	AII	1351.6	5.4	28.7	24.0	126.9
	AII_1 piena	1154.3	-0.010	59.7	-0.1	-6.2
Sismica con sisma verticale verso l'alto	AV_L (-kv)	1217.1	7.3	97.7	248.7	-6.6
	AV_+T (-kv)	1217.1	1.4	106.4	6.1	248.3
	AV_-T (-kv)	1217.1	-1.4	-106.5	-6.2	-249.2
Sismica con sisma verticale verso il basso	AV_L (+kv)	1221.9	7.3	97.7	248.7	-6.6
	AV_+T (+kv)	1221.9	1.4	106.4	6.1	248.3
	AV_-T (+kv)	1221.9	-1.4	-106.5	-6.2	-249.2

## 10.5. Verifica della fondazione

La geometria della fondazione di pali è:

Lato longitudinale	B	<b>1.90</b>	[m]
Lato trasversale	L	<b>2.8</b>	[m]
Altezza plinto	H	<b>0.8</b>	[m]

Coordinate pali		
Pile	X (m)	Y (m)
1	0.72	1.08
2	0.72	0.36
3	0.72	-0.36
4	0.72	-1.08
5	0.00	0.72
6	0.00	0.00
7	0.00	-0.72
8	-0.72	1.08
9	-0.72	0.36
10	-0.72	-0.36
11	-0.72	-1.08

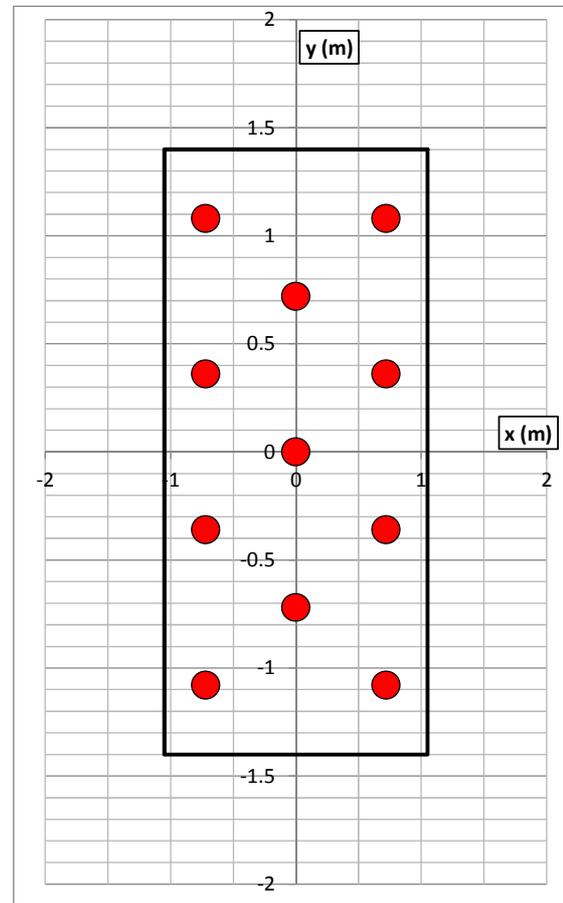


Figura 17: SP2, schema palificata

Le sollecitazioni sui singoli pali:

	Azioni assiali pali (kN)												
Combo	Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4	Palo 5	Palo 6	Palo 7	Palo 8	Palo 9	Palo 10	Palo 11	Htot	Mtot
Es_1	171.0	137.3	103.6	69.8	144.6	110.9	77.1	151.9	118.2	84.4	50.7	4.4	7.5
Es_2	159.2	138.8	118.5	98.1	143.3	122.9	102.5	147.7	127.3	106.9	86.5	2.7	4.6
Es_3	121.7	110.5	99.3	88.2	116.1	104.9	93.8	121.7	110.5	99.4	88.2	5.4	9.3
Sis_1	184.0	165.3	146.7	128.0	129.3	110.6	92.0	93.3	74.6	56.0	37.3	8.9	15.3
Sis_2	187.0	137.1	87.1	37.2	160.6	110.6	60.7	184.1	134.1	84.2	34.3	9.7	16.6
Sis_3	34.1	84.1	134.2	184.2	60.6	110.6	160.7	37.1	87.1	137.2	187.2	9.7	16.6
Sis_4	184.5	165.8	147.1	128.4	129.8	111.1	92.4	93.8	75.1	56.4	37.7	8.9	15.3
Sis_5	187.4	137.5	87.6	37.7	161.0	111.1	61.2	184.5	134.6	84.7	34.7	9.7	16.6
Sis_6	34.5	84.6	134.6	184.6	61.0	111.1	161.1	37.5	87.6	137.6	187.6	9.7	16.6

Le sollecitazioni massime e minime sui pali sono:

Combo	N <sub>max</sub> (kN)	Combo	N <sub>min</sub> (kN)	Combo	H <sub>max</sub> (kN)	M <sub>max</sub> (kNm)	Combo	N <sub>medio</sub> (kN)
Es_1	171.0	Es_1	50.7	Es_3	5.4	9.3	Es_2	122.9
Sis_6	187.6	Sis_3	34.1	Sis_3	9.7	16.6	Sis_4	111.1

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle	Foglio 58 di 128

## 10.6. Verifica capacità portante micropalo

La fondazione è stata prevista con micropali armati con tubolari in acciaio con diametro  $\varnothing = 168.3$  mm e spessore 12.5 mm (Acciaio Fe510) di lunghezza  $L=12$  m di cui 0.6 m nel plinto di fondazione.

Sono previsti micropali con sistema di iniezione a gravità. I valori di aderenza del micropalo sono stati stimati in funzione:

- delle caratteristiche resistive dei terreni presenti in sito (Tabella 2);
- criteri di riferimento forniti dalla FWHA (Figura 9).

### *Geometria del problema*

diametro della perforazione	D	0.24	[m]
lunghezza del micropalo	L	12.0	[m]
diametro esterno della sezione tubolare	d	168.3	[mm]
spessore della sezione tubolare	t	12.5	[mm]
diametro interno della sezione tubolare	$d_{int}$	143.3	[mm]
area sezione tubolare	A	6118.3	[mm <sup>2</sup> ]
momento di inerzia della sezione	I	1868.35	[cm <sup>4</sup> ]
modulo di resistenza elastico	W	222.03	[cm <sup>3</sup> ]
peso	P	48.03	[kg/m]
quota testa micropalo da p.c.	$z_p$	1.10	[m]
numero di strati	n	3	[-]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
59 di  
128

Carico assiale massimo in statica: N=171.0.4 kN

Carico assiale massimo in presenza di sisma: N=187.4 KN.

### Stratigrafia e parametri geotecnici medi

Parametri medi del terreno		Strato				
		1	2	3	4	
tipo di terreno		fl3	fl3	aP	-	
incoerente/coesivo		S	S	S	S	
spessore		2	3	6.4	0	[m]
coefficiente maggiorativo	$\alpha$	1.00	1.00	1.00	1.00	[-]
diametro equivalente	$d=\alpha D$	0.24	0.24	0.24	0.24	[m]
resistenza tangenziale interfaccia media	$q_s$	180	180	250	0	[kPa]
portata laterale media strato	$Q_{si}$	86.4	129.6	384.0	0.0	[kPa]

### Capacità portante

#### Capacità portante media

laterale	$R_{s,cal med}$	600.0	[kN]
----------	-----------------	-------	------

carico agente_statica	$N_d$	180.0	[kN]
FS	$R_{c,d}/N_d$	3.33	[-] ok

carico agente_sismica	$N_d$	195.0	[kN]
FS	$R_{c,d}/N_d$	3.08	[-] ok

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
60 di  
128

Carico assiale massimo in presenza di piena: N=121.7kN

### Stratigrafia e parametri geotecnici medi

		Strato				
Parametri medi del terreno		1	2	3	4	
tipo di terreno		f13	f13	aP	-	
incoerente/coesivo		S	S	S	S	
spessore		2	3	6.4	0	[m]
coefficiente maggiorativo	$\alpha$	1.00	1.00	1.00	1.00	[-]
diametro equivalente	$d=\alpha D$	0.24	0.24	0.24	0.24	[m]
resistenza tangenziale interfaccia media	$q_s$	0	180	250	0	[kPa]
portata laterale media strato	$Q_{si}$	0.0	129.6	384.0	0.0	[kPa]

### Capacità portante

#### Capacità portante media

laterale	$R_{s,cal med}$	513.6	[kN]
----------	-----------------	-------	------

carico agente_piena	$N_d$	121.7	[kN]
FS	$R_{c,d}/N_d$	4.22	[-] ok

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
61 di  
128

## 10.7. Verifica strutturale dei micropali

La fondazione è stata prevista con micropali armati con tubolari in acciaio con diametro  $\varnothing = 168.3$  mm e spessore 12.5 mm (Acciaio Fe510).

Lo spessore del tubolare tiene conto del fenomeno della corrosione. Considerato una corrosione, secondo i criteri della FHWA (Tabella 5), di 1.6mm lo spessore di calcolo dell'armatura del micropalo risulta pari a  $s_{ridotto}=10.9$ mm.

**Table 4-7. Minimum Dimensions (mm) of Shell Thickness as Corrosion Protection**

Soil Type	Service Life (years)			
	25	50	75	100
Not Aggressive	0.25	0.60	0.70	0.80
Barely Aggressive	1.00	1.60	2.00	2.50
Very Aggressive	2.50	4.00	5.00	6.00

Source: CCTG, 1993.

**Tabella 6: Sovrappessori per corrosione (FHWA)**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 62 di 128

Di seguito la scheda di verifica. La verifica risulta soddisfatta.

### Caso: CARICO ASSILE DI COMPRESSIONE

#### **Micropali**

##### Geometria

Diametro esterno della sezione tubolare	d	=	168.3	mm
Spessore della sezione tubolare	t	=	10.9	mm
Diametro interno della sezione tubolare	d <sub>int</sub>	=	146.5	mm
Area sezione	A	=	5389.9	mm <sup>2</sup>
Momento di inerzia della sezione	I	=	1677.2	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza elastico	W	=	199.3	cm <sup>3</sup>
Momento statico di metà sezione	S <sub>A/2</sub>	=	135.24	cm <sup>3</sup>

##### Azioni di progetto

Sforzo normale	N <sub>Ed</sub>	=	187.6	kN
Momento flettente	M <sub>Ed</sub>	=	23.5	kN m
Taglio	V <sub>Ed</sub>	=	9.7	kN
interasse	i		1.0	m

##### Verifica in campo elastico

Tensione normale	σ <sub>x,Ed</sub>	=	152.71	MPa
Tensione tangenziale	τ <sub>ED</sub>	=	3.59	MPa
Sigma ideale	σ <sub>id</sub>	=	152.7	-
	Fe		510	
	σ <sub>adm</sub>		240	
	σ <sub>id</sub> < σ <sub>adm</sub>			ok

$$\sigma_{id} = \pm \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{id} = \pm \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
63 di  
128

## 10.8. Verifica strutturale del pulvino

Il pulvino in c.a. ha geometria regolare rettangolare di dimensioni: 90cm x 55cm x 270cm

Per la verifica dell'armatura si rimanda a quanto esposto nel paragrafo §9.9 per la Pila/Spalla1.

## 10.9. Verifica strutturale della pila

Per la verifica dell'armatura della pila si considera la sezione di spiccato. La Pila in c.a. ha sezione circolare di diametro  $D = 800$  mm e altezza  $h=1.75$ m.

Le combinazioni di riferimento sono indicate nel §10.3.

Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate:

	COMBINAZIONE	Vert	T long	T trasv	Mlong	Mtrasv
statica	A I	1016.7	0.0	48.1	0.0	213.7
	A II	1148.8	0.0	29.2	0.0	129.1
	A II_1 piena	1016.7	0.0	59.7	0.0	-6.2
Sismica con sisma verticale verso l'alto	A V_L (-kv)	1014.3	7.4	81.4	219.5	-0.4
	A V_+T (-kv)	1014.3	0.0	88.8	0.0	219.1
	A V_-T (-kv)	1014.3	0.0	-88.9	0.0	-219.9
Sismica con sisma verticale verso il basso	A V_L (+kv)	1019.1	7.4	81.4	219.5	-0.4
	A V_+T (+kv)	1019.1	0.0	88.8	0.0	219.1
	A V_-T (+kv)	1019.1	0.0	-88.9	0.0	-219.9

COMBINAZIONE	N	T	M
A V_-T (-kv)	1014.3	88.9	219.9

Calcestruzzo classe C32/40

Si dispongono nella sezione: correnti  $12\phi 16$ , e staffa  $\phi 12/20$ .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
64 di  
128

geometria					SLE	
<b>sezione trasversale</b>					$M_{Ek}$	<b>220.0</b> [kNm]
D	c	d	passo	interferro	$N_{Ek}$	<b>-1014.0</b> [kN]
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	<b>momento di cracking</b>	
<b>80</b>	<b>4.0</b>	74.0	17.8	16.2	$M_{cr}$	247.8 [kNm]
<b>armatura longitudinale</b>					<b>quota asse neutro</b>	
nbarre	$\phi$	$r_i$	$A_{sl}$	$C_i$	$\gamma_n$	49.81 [cm]
	[mm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]	<b>tensioni e fessure</b>	
<b>12</b>	<b>16</b>	34.00	24.13	6.00	$\sigma_{c,min}$	-6.8 [MPa]
<b>armatura a taglio</b>					$\sigma_{s,min}$	-89.2 [MPa]
Tipo	$\phi$	s	$A_{sw}$	diminuire il passo	$\sigma_{s,max}$	49.3 [MPa]
	[mm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> ]		$k_2$	<b>0.5</b>
<b>staffe</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	2.26		$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
					$S_{r,max}$	- [cm]
					$w_k$	- [mm]

La sezione è verificata, non si ha apertura di fessure.

Verifica di resistenza a taglio:

Si considera la sezione in calcestruzzo ridotta ad un quadrato, di lato  $B= 0.56$  m, inscritto nella geometrica del palo.

Dalla  $\tau=T / 0.9 B h$ , il valore di  $T_{co}$  corrispondente alla  $\tau_{co}=0.73$ MPa:

$$T_{co} = 206.04 \text{ kPa}$$

$T_{co}$  è maggiore del taglio  $T=88.9$ kN, non serve armatura a taglio.

Armatura a taglio minima: 3Ast (n. 3 staffe al metro) coerente con la spaziatura di 20cm prevista.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
65 di  
128

## 10.10. Verifica strutturale della fondazione

Per la verifica dell'armatura della fondazione si considera la sezione di attacco della mensola in direzione trasversale, di spessore 80 cm e ampiezza 90 cm (ampiezza 180cm/2).

Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate:

Azione assiale (kN)											
Combo	Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4	Palo 5	Palo 6	Palo 7	Palo 8	Palo 9	Palo 10	Palo 11
1 - STR	174	138	103	68	146	111	76	154	118	83	48.2
2 - STR	161	140	118	97	144	123	102	149	127	106	84.9
3 - STR	124	111	98	85	118	105	92	124	111	98	85.5
4 - SEISM	189	167	146	124	132	111	89	97	76	54	32.5
5 - SEISM	192	139	86	32	164	111	58	189	136	83	29.4
6 - SEISM	29	82	136	189	57	111	164	32	86	139	192.1
7 - SEISM	189	168	146	124	133	111	89	98	76	55	32.9
8 - SEISM	192	139	86	33	164	111	58	189	136	83	29.8
9 - SEISM	30	83	136	189	58	111	164	33	86	139	192.5

max 192.5

Direzione: lato lungo

	Carico assiale	braccio	momento
palo 1	192	1.08	207.7
palo 2	139	0.36	50.1
palo 5	82	0.72	59.1

p. plinto	-26.6	0.7	-18.6
-----------	-------	-----	-------

Taglio	Momento
304.9	239.2

Direzione: lato corto

	Carico assiale	braccio	momento
palo 1	192	0.4	76.9
palo 2	139	0.4	55.7
palo 5	82	0	0.0

p. plinto	-26.6	0.4	-9.6
-----------	-------	-----	------

Taglio	Momento
304.8758	122.9

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
66 di  
128

Lato lungo, direzione trasversale:

sezione 90x80cm

Momento flettente  $M = 239.2$  kNm

Azione tagliante  $V = 304.9$  kN

Calcestruzzo classe C32/40

Si dispongono nella sezione  $\phi 20/20$  al lembo superiore e  $\phi 20/20 + \phi 20/40$  al lembo inferiore.

<b>Momento massimo</b>	$M =$	239.20	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	304.90	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	18.37	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	1243968	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	3.53	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-163.3	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$	-163.3	MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	3.53	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	163.3	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	303.30	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	361.07	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	246.6	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.50	MPa

La sezione è verificata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
67 di  
128

Lato corto, direzione longitudinale:

sezione 140x80cm

Momento flettente  $M = 122.9$  kNm

Azione tagliante  $V = 304.9$  kN

Calcestruzzo classe C32/40

Si dispongono nella sezione  $\phi 20/20$  al lembo superiore e  $\phi 20/20$  al lembo inferiore.

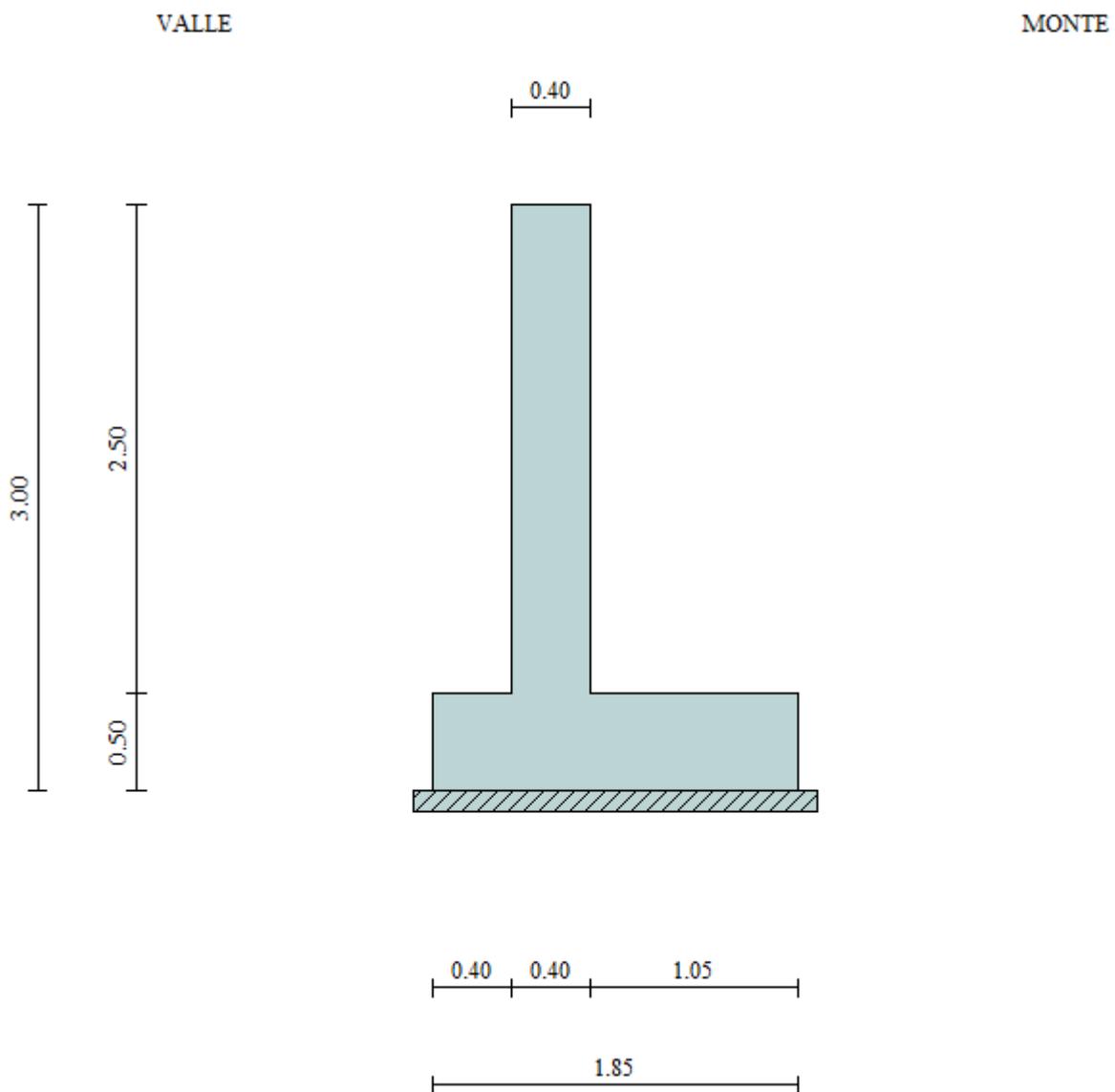
<b>Momento massimo</b>	$M =$	122.90	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	304.90	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	15.27	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	1377809	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	1.36	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-79.9	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	1.36	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	79.9	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	452.88	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	539.14	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	350.6	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.32	MPa

La sezione è verificata.

## 11. MURI DI SOSTEGNO

### 11.1. Muro di sostegno allineato la passerella

La geometria di riferimento del muro:



#### 11.1.1. Carichi

Pesi propri della struttura in c.a., considerando un  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Spinte delle terre in condizioni statiche e sismiche.

Sovraccarico accidentale: è stato assunto un carico di superficie con intensità pari a  $Q_{\text{cantiere/traffico}} = 20 \text{ kPa}$ .

I carichi dell'impalcato:

Le azioni caratteristiche applicate sono le "139" e "142", secondo il seguente schema di calcolo dell'impalcato:

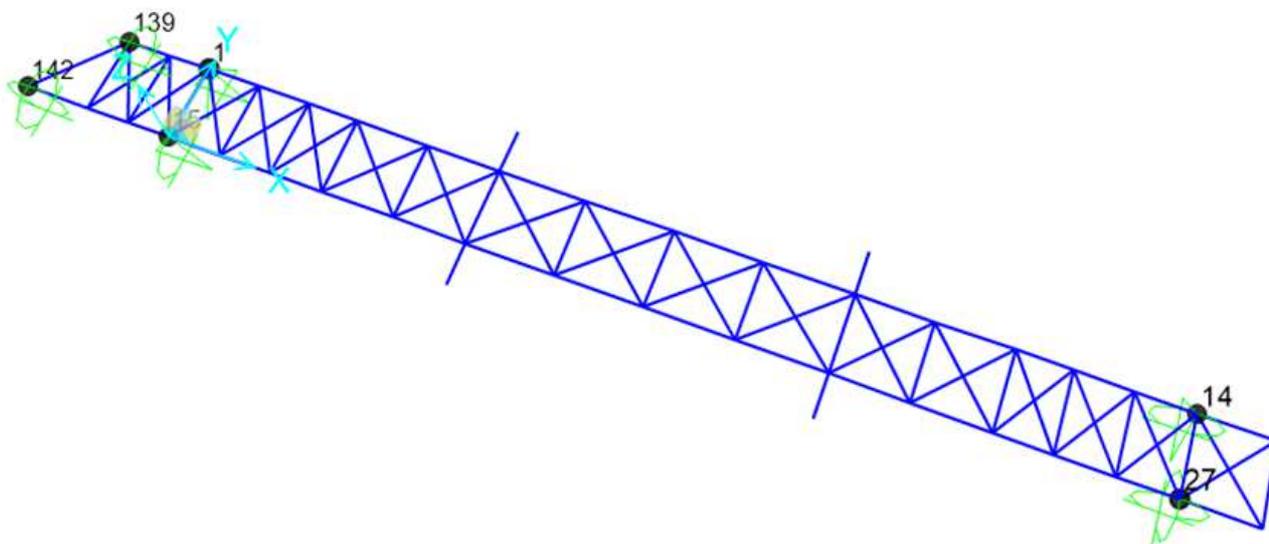


Figura 18: Schema impalcato passerella

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
139	DEAD	LinStatic		0	0	1.179	0	0	0
139	DT	LinStatic		0	0	0.018	0	0	0
139	G1,grigliati	LinStatic		0	0	1.099	0	0	0
139	G2	LinStatic		0	0	0.55	0	0	0
139	Q1+Q2	LinStatic		0	0	6.156	0	0	0
139	Q5	NonStatic	Max	0	0	-0.082	0	0	0
139	Q5	NonStatic	Min	0	0	-0.082	0	0	0
139	Q8	LinStatic		0	0	-0.112	0	0	0

TABLE: Joint Reactions

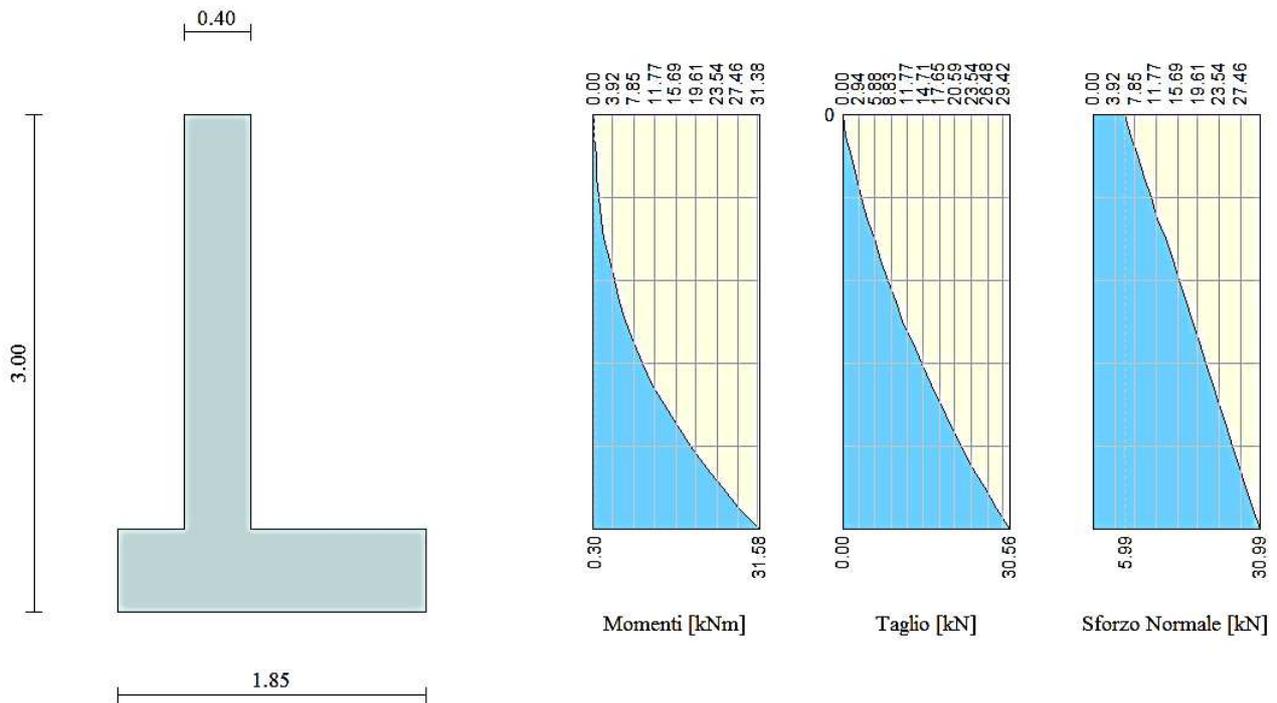
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
142	DEAD	LinStatic		0	0	1.639	0	0	0
142	DT	LinStatic		0	0	0.002892	0	0	0
142	G1,grigliati	LinStatic		0	0	0.798	0	0	0
142	G2	LinStatic		0	0	0.399	0	0	0
142	Q1+Q2	LinStatic		0	0	4.471	0	0	0
142	Q5	NonStatic	Max	0	0	0.125	0	0	0
142	Q5	NonStatic	Min	0	0	0.125	0	0	0
142	Q8	LinStatic		0	0	0.279	0	0	0

### 11.1.2. Verifica del muro

Per la verifiche del muro si rimanda ai tabulati di calcolo allegati nel paragrafo §12.1..

### 11.1.3. Verifica strutturale del paramento

Per la verifica dell'armatura del paramento si considera la sezione di spiccato, di spessore 40 cm.  
 Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate:



Azione Assiale       $N = 30.99 \text{ kN/m}$   
 Momento flettente     $M = 31.58 \text{ kNm/m}$   
 Azione tagliante      $T = 30.56 \text{ kN/m}$   
 Calcestruzzo classe C25/30

Si dispongono nel paramento:  $\varnothing 16/20$  in direzione verticale (interno e esterno),  $\varnothing 12/20$  in direzione orizzontale (interno e esterno), e spilli  $\varnothing 10$  a maglia  $40 \times 40$ .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
72 di  
128

M	N	T
31.58	-31.00	30.56

<b>Momento massimo</b>	M =	31.58	kNm
<b>Azione assiale</b>	N =	-31.00	kN

<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	9.41	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	112566	cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	101.87	cm
tensione cls	$\sigma_c =$	2.37	Mpa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-89.0	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa

<b>Verifica a fessurazione</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	9.41	cm
eccentricità	e =	101.87	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	2.37	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	89.0	Mpa
momento di fessurazione	M <sub>cr</sub> =	82.60	kNm
azione assiale per apertura fessure	N <sub>cr</sub> =	81.08	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	6.19	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	232.7	Mpa
		M <sub>cr</sub> > M	

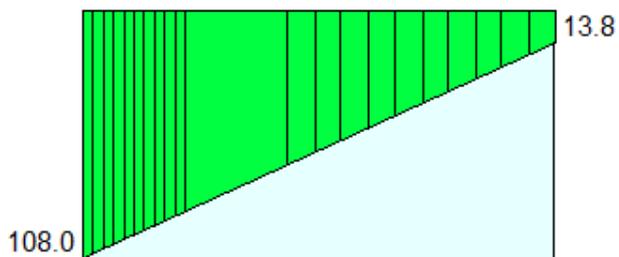
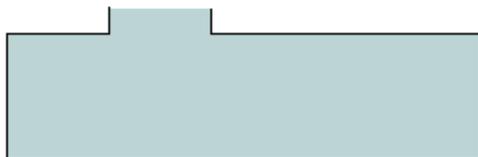
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.10	Mpa

La sezione è verificata, non si ha apertura di fessure.

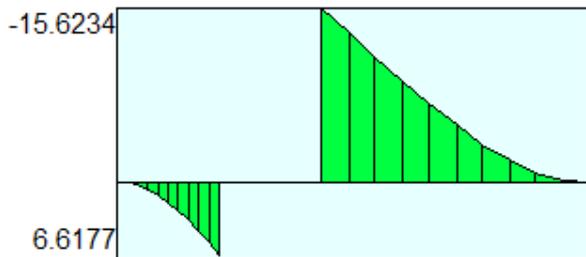
### 11.1.4. Verifica strutturale della fondazione

Per la verifica dell'armatura della fondazione si considerano le sezioni di attacco delle mensole di valle e monte, di spessore 50 cm.

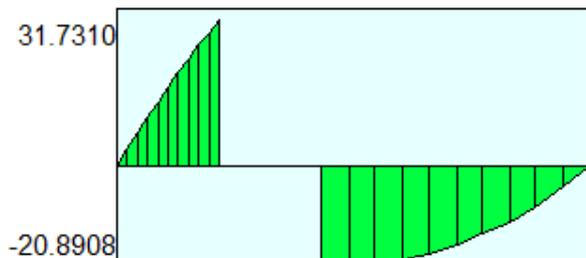
Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate (combinazione 4, sisma):



Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
74 di  
128

Momento flettente  $M = 15.6 \text{ kNm/m}$

Azione tagliante  $V = 31.73 \text{ kN/m}$

Calcestruzzo classe C25/30

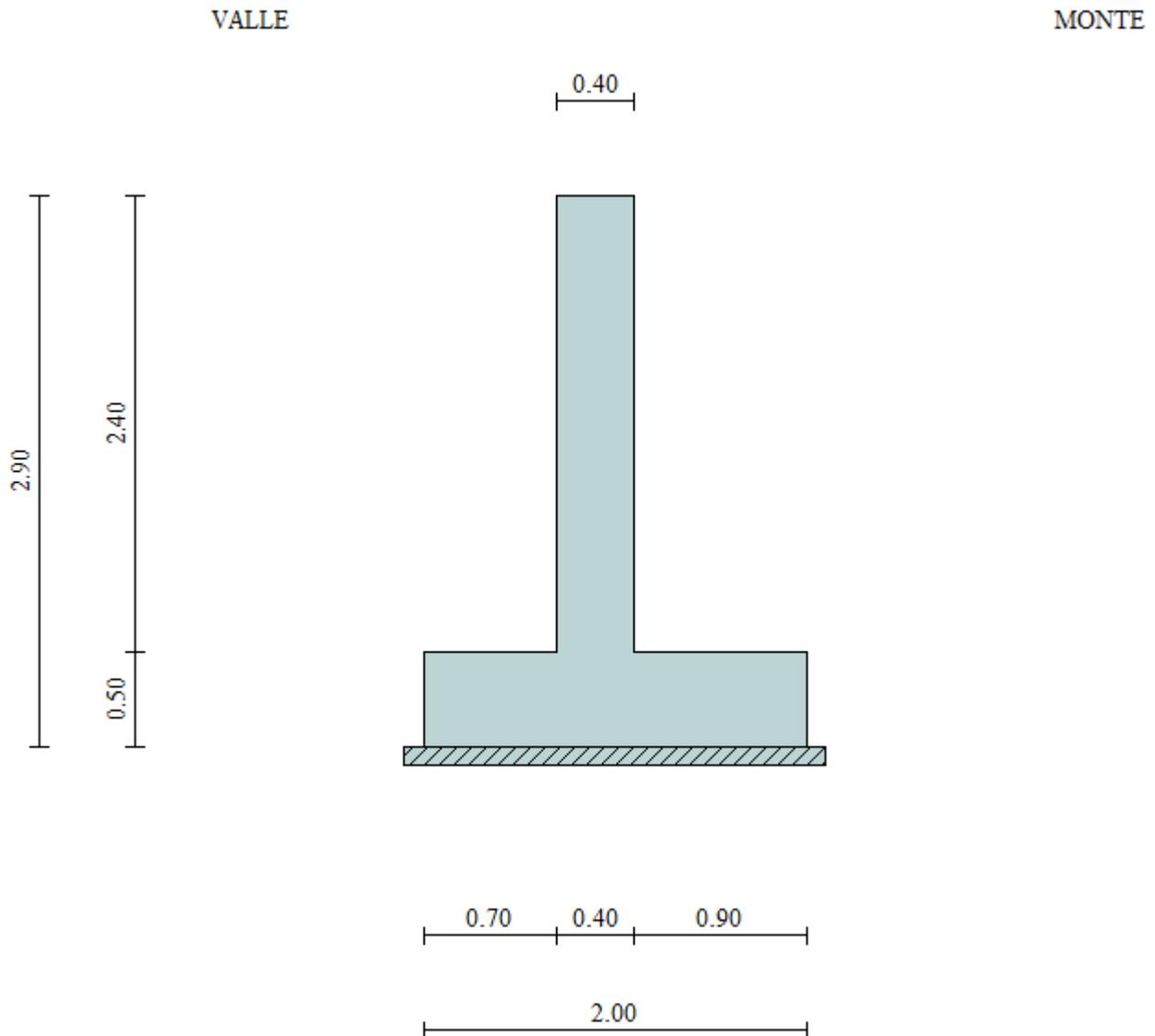
Si dispongono nella sezione  $\phi 16/20$  al lembo superiore e inferiore e ferri correnti  $\phi 12/20$ .

<b>Momento massimo</b>	$M =$	15.60	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	33.87	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	9.63	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	224078	$\text{cm}^4$
tensione cls	$\sigma_c =$	0.67	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-37.1	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	0.67	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	37.1	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	102.91	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	122.51	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	291.7	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.08	MPa

La sezione è verificata, non si ha apertura di fessure e non è necessaria apposita armatura a taglio.

## 11.2. Muro di sostegno con parapetto

La geometria di riferimento del muro:



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle	Foglio 76 di 128

### 11.2.1. Carichi

Pesi propri della struttura in c.a., considerando un  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

Spinte delle terre in condizioni statiche e sismiche.

Sovraccarico accidentale: è stato assunto un carico di superficie con intensità pari a  $Q_{\text{cantiere/traffico}} = 20 \text{ kPa}$ .

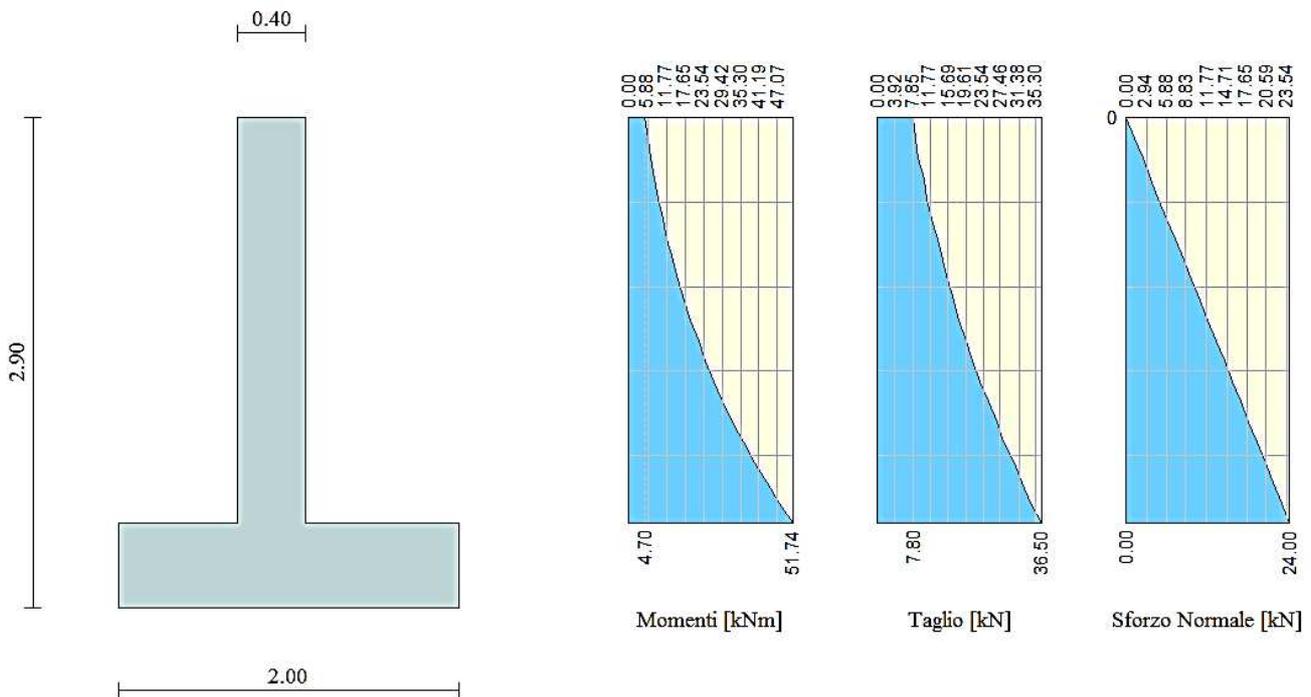
Per il dimensionamento del muro si è fatto riferimento alla forza d'urto di 45 kN, e applicata ad una altezza di 0.60 m rispetto al piano viabile, e ripartito a livello fondazionale su un segmento di dimensione 5.80 m, pari allo sviluppo del muro con parapetto.

### 11.2.2. Verifica del muro

Per la verifiche del muro si rimanda ai tabulati di calcolo allegati nel paragrafo §12.2.

### 11.2.3. Verifica strutturale del paramento

Per la verifica dell'armatura del paramento si considera la sezione di spiccato, di spessore 40 cm.  
 Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate:



Azione Assiale  $N = 24 \text{ kN/m}$   
 Momento flettente  $M = 51.74 \text{ kNm/m}$   
 Azione tagliante  $T = 36.50 \text{ kN/m}$   
 Calcestruzzo classe C25/30

Si dispongono nel paramento:  $\varnothing 16/20$  in direzione verticale (interno e esterno),  $\varnothing 12/20$  in direzione orizzontale (interno e esterno), e spilli  $\varnothing 10$  a maglia  $40 \times 40$ .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
78 di  
128

M	N	T
51.70	-24.00	36.50

<b>Momento massimo</b>	M =	51.70	kNm
<b>Azione assiale</b>	N =	-24.00	kN

<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	8.84	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	111562	cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	215.42	cm
tensione cls	$\sigma_c =$	3.89	Mpa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-159.2	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa

<b>Verifica a fessurazione</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	8.84	cm
eccentricità	e =	215.42	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	3.89	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	159.2	Mpa
momento di fessurazione	M <sub>cr</sub> =	79.56	kNm
azione assiale per apertura fessure	N <sub>cr</sub> =	36.93	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	5.98	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	245.0	Mpa
		M <sub>cr</sub> > M	

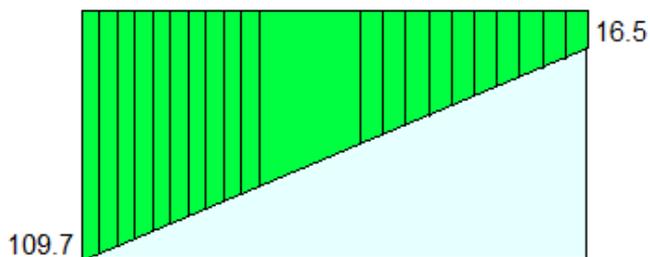
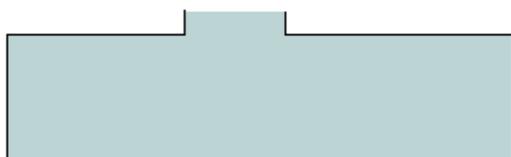
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.12	Mpa

La sezione è verificata, non si ha apertura di fessure.

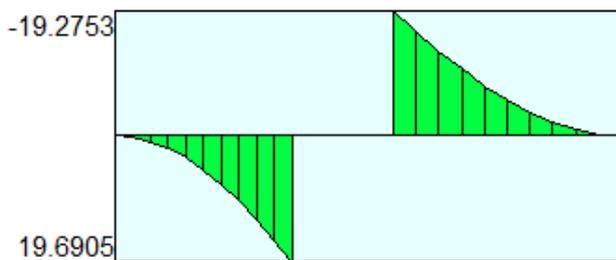
#### 11.2.4. Verifica strutturale della fondazione

Per la verifica dell'armatura della fondazione si considerano le sezioni di attacco della mensola di valle e di monte, di spessore 50 cm.

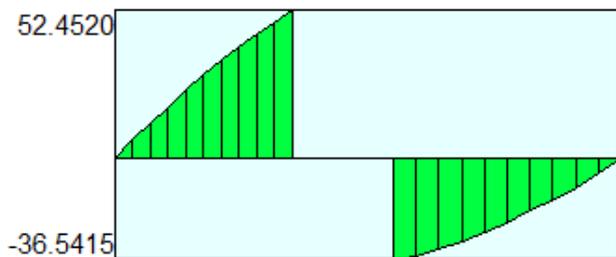
Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate:



Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
80 di  
128

Momento flettente  $M = 19.7 \text{ kNm/m}$

Azione tagliante  $V = 52.45 \text{ kN/m}$

Calcestruzzo classe C25/30

Si dispongono nella sezione  $\phi 16/20$  al lembo superiore e inferiore e ferri correnti  $\phi 12/20$ .

<b>Momento massimo</b>	$M =$	19.70	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	52.45	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	9.63	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	224078	$\text{cm}^4$
tensione cls	$\sigma_c =$	0.85	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-46.9	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	0.85	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	46.9	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	102.91	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	122.51	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	291.7	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.13	MPa

La sezione è verificata, non si ha apertura di fessure e non è necessaria apposita armatura a taglio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
81 di  
128

### 11.2.1. Verifica strutturale del parapetto

Per la verifica dell'armatura del parapetto si considera la sezione di spiccato, di spessore 30 cm.

Per il dimensionamento dell'armatura del muretto si è fatto riferimento alla forza d'urto di 45 kN, applicata ad una altezza di 0.60 m rispetto al piano viabile, e ripartito a 45° su una singola direzione.

$$\text{Hurto} = 45.0 / 0.6 \text{ m} = 75.0 \text{ kN}$$

$$\text{Murto} = 45.0 \times (0.6) / 0.6 \text{ m} = 45 \text{ kNm}$$

Calcestruzzo C25/30

Il muretto è armato con  $\varnothing 16/20$  in direzione verticale (interni e esterni),  $\varnothing 12/20$  in direzione orizzontale (interni e esterni) e spilli  $\varnothing 10$  a maglia 40x40.

<b>Momento massimo</b>	M =	45.00	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	75.00	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	6.96	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	50036	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c$ =	6.26	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1}$ =	-216.3	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2}$ =		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c$ =	6.26	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1}$ =	216.3	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck}$ =	36.28	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm}$ =	43.19	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr}$ =	207.7	MPa
apertura fessure	w <sub>k</sub> =	0.21	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max}$ =	0.35	MPa

La sezione è verificata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
82 di  
128

## 12. APPENDICE DI CALCOLO

### 12.1. Muro Passerella

Progetto: Muro di sostegno - Passerella  
 Ditta:  
 Comune:  
 Progettista:  
 Direttore dei Lavori:  
 Impresa:

### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
83 di  
128

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

## Normativa

Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

## Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	2.50 [m]
Spessore in sommità	0.40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.40 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	1.00 [m]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.40 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.05 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.85 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.50 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

### *Calcestruzzo*

Peso specifico	25.000 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	30000 [kPa]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	9707 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	596 [kPa]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
84 di  
128

Tensione tangenziale ammissibile  $\tau_{c1}$  1810 [kPa]  
 Acciaio  
 Tipo FeB44K  
 Tensione ammissibile  $\sigma_{fa}$  254977 [kPa]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]  
 Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.30 [m]

## Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione 0.00 [m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
85 di  
128

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Riporto	19.00	21.00	30.00	20.00	0.0	0.0
Depositi alluvional	20.00	22.00	32.00	26.00	0.0	0.0

## Stratigrafia

Terreno spingente: Riporto  
 Terreno di fondazione: Depositi alluvional

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

$F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

$F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

$M$  Momento espresso in [kNm]

$X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

$X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

$Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kN/m]

$Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kN/m]

$D/C$  Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Peso Passerella)

C Paramento  $X=-0.25$   $Y=0.00$   $F_x=0.0000$   $F_y=1.9000$   $M=0.0000$

### Condizione n° 2 (traffico)

D Profilo  $X_i=0.00$   $X_f=5.00$   $Q_i=20.0000$   $Q_f=20.0000$

### Condizione n° 3 (Vento)

C Paramento  $X=-0.25$   $Y=0.00$   $F_x=0.0000$   $F_y=0.1000$   $M=0.0000$

### Condizione n° 4 (Folla)

C Paramento  $X=-0.25$   $Y=0.00$   $F_x=0.0000$   $F_y=4.0300$   $M=0.0000$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
86 di  
128

## Descrizione combinazioni di carico

### *Simbologia adottata*

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

#### Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Peso Passerella	1.00
Vento	1.00

#### Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Peso Passerella	1.00
traffico	1.00
Vento	0.60

#### Combinazione n° 3 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Peso Passerella	1.00
traffico	1.00
Vento	0.60
Folla	1.00

#### Combinazione n° 4 Tensioni ammissibili - Sismica

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Peso Passerella	1.00

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

*Impostazioni avanzate*

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 87 di 128

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni  
Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### *Simbologia adottata*

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
$CS_{SCO}$	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
$CS_{RIB}$	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
$CS_{QLIM}$	Coeff. di sicurezza a carico limite
$CS_{STAB}$	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b><math>CS_{SCO}</math></b>	<b><math>CS_{RIB}</math></b>	<b><math>CS_{QLIM}</math></b>	<b><math>CS_{STAB}</math></b>
1	TAMM - [1]	--	2.27	5.03	6.28	2.23
2	TAMM - [2]	--	1.66	3.24	3.82	1.78
3	TAMM - [3]	--	1.71	3.29	3.75	1.80
4	TAMM - [4]	Orizzontale	1.47	2.69	3.67	1.82

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Calcolo del carico limite

metodo di Meyerhof

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta attiva

### Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)

8.70

Forma diagramma incremento sismico

Triangolare con vertice in basso

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
88 di  
128

Partecipazione spinta passiva (per cento)	0.0
Lunghezza del muro	1.00 [m]
Peso muro	48.1250 [kN]
Baricentro del muro	X=-0.04 Y=-1.97

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1.05	Y = -3.00
Punto superiore superficie di spinta	X = 1.05	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	3.00 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

#### COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	25.4204 [kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	23.8873 [kN]	
Componente verticale della spinta statica	8.6943 [kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.05 [m]	Y = -2.00 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00 [°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98 [°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.05 [m]	Y = -3.00 [m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	49.8750 [kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.53 [m]	Y = -1.25 [m]

#### Risultanti carichi esterni

Componente dir. Y	2.00 [kN]
-------------------	-----------

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	23.8873 [kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	111.0943 [kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	23.8874 [kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	120.1394 [kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	111.0943 [kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	23.8873 [kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.06 [m]
Risultante in fondazione	113.6334 [kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12.13 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6.5102 [kNm]
Carico ultimo della fondazione	697.3018 [kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.85 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	71.46 [kPa]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
90 di  
128

5	1250.49	42.96	852.19	0.38	30.00	0.000	0.000
6	1381.84	37.85	847.87	0.36	30.00	0.000	0.000
7	1491.67	33.07	814.04	0.34	30.00	0.000	0.000
8	1583.58	28.55	756.78	0.32	30.00	0.000	0.000
9	1733.28	24.21	710.79	0.31	31.65	0.000	0.004
10	1812.52	20.02	620.40	0.30	32.00	0.000	0.016
11	1864.73	15.93	511.86	0.29	32.00	0.000	0.025
12	1951.83	11.93	403.46	0.29	32.00	0.000	0.032
13	2562.26	7.99	355.97	0.28	32.00	0.000	0.037
14	1253.80	4.08	89.21	0.28	32.00	0.000	0.040
15	746.18	0.19	2.52	0.28	32.00	0.000	0.041
16	688.55	-3.69	-44.35	0.28	32.00	0.000	0.040
17	670.93	-7.60	-88.69	0.28	32.00	0.000	0.037
18	640.89	-11.53	-128.15	0.29	32.00	0.000	0.032
19	597.97	-15.53	-160.11	0.29	32.00	0.000	0.026
20	541.52	-19.61	-181.70	0.30	32.00	0.000	0.017
21	470.59	-23.79	-189.80	0.31	31.86	0.000	0.005
22	390.98	-28.11	-184.21	0.32	30.00	0.000	0.000
23	300.70	-32.61	-162.07	0.33	30.00	0.000	0.000
24	192.80	-37.36	-116.99	0.35	30.00	0.000	0.000
25	63.80	-42.43	-43.05	0.38	30.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 245.7929$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 68.8229$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 148.9885$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.48$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	2.0000	0.1000	0.0000
2	0.13	3.2500	0.1017	0.0415
3	0.25	4.5000	0.1138	0.1659
4	0.38	5.7500	0.1467	0.3733
5	0.50	7.0000	0.2106	0.6635
6	0.63	8.2500	0.3160	1.0368

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
91 di  
128

7	0.75	9.5000	0.4732	1.4930
8	0.88	10.7500	0.6927	2.0321
9	1.00	12.0000	0.9847	2.6542
10	1.13	13.2500	1.3597	3.3592
11	1.25	14.5000	1.8280	4.1471
12	1.38	15.7500	2.3999	5.0180
13	1.50	17.0000	3.0859	5.9718
14	1.63	18.2500	3.8963	7.0086
15	1.75	19.5000	4.8415	8.1283
16	1.88	20.7500	5.9319	9.3310
17	2.00	22.0000	7.1777	10.6166
18	2.13	23.2500	8.5895	11.9851
19	2.25	24.5000	10.1775	13.4366
20	2.38	25.7500	11.9521	14.9710
21	2.50	27.0000	13.9237	16.5884

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.04	0.0422	2.1087
3	0.08	0.1684	4.1976
4	0.12	0.3778	6.2668
5	0.16	0.6695	8.3163
6	0.20	1.0428	10.3460
7	0.24	1.4969	12.3560
8	0.28	2.0310	14.3462
9	0.32	2.6444	16.3167
10	0.36	3.3361	18.2675
11	0.40	4.1055	20.1985

## Sollecitazioni fondazione di monte

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 92 di 128

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	-0.0603	-1.1250
3	0.21	-0.2315	-2.1140
4	0.31	-0.4994	-2.9669
5	0.42	-0.8498	-3.6838
6	0.53	-1.2683	-4.2647
7	0.63	-1.7406	-4.7095
8	0.73	-2.2525	-5.0183
9	0.84	-2.7897	-5.1911
10	0.95	-3.3379	-5.2279
11	1.05	-3.8828	-5.1286

### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	43.2795	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	40.6694	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	14.8025	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.05	[m]	Y = -1.79 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.05	[m]	Y = -3.00 [m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	70.8750	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.53	[m]	Y = -1.25 [m]

### Risultanti carichi esterni

Componente dir. Y	1.96	[kN]
-------------------	------	------

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	40.6694	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	138.1625	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	49.0884	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	159.2426	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	138.1625	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	40.6694	[kN]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
93 di  
128

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13	[m]
Risultante in fondazione	144.0238	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.40	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	17.6461	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	527.7073	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.85	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	105.62	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	43.75	[kPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 27.44$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 16.71$
$N_\gamma = 22.02$	$N'_\gamma = 5.64$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.24
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.66
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.82
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.78

## Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

#### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

#### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.00 Y[m]= 1.25

Raggio del cerchio R[m]= 4.72

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.23

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.56

Larghezza della striscia dx[m]= 0.31

Coefficiente di sicurezza C= 1.78

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 94 di 128

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	879.08	68.88	820.01	0.86	30.00	0.000	0.000
2	1287.79	60.34	1119.01	0.63	30.00	0.000	0.000
3	1579.37	53.34	1266.94	0.52	30.00	0.000	0.000
4	1807.98	47.37	1330.27	0.46	30.00	0.000	0.000
5	1994.99	42.03	1335.66	0.42	30.00	0.000	0.000
6	2150.96	37.11	1297.70	0.39	30.00	0.000	0.000
7	2282.04	32.49	1225.80	0.37	30.00	0.000	0.000
8	2392.19	28.10	1126.76	0.35	30.00	0.000	0.000
9	2576.41	23.88	1043.18	0.34	31.89	0.000	0.006
10	2659.95	19.80	901.16	0.33	32.00	0.000	0.019
11	2723.23	15.82	742.59	0.32	32.00	0.000	0.029
12	2684.13	11.92	554.52	0.32	32.00	0.000	0.036
13	2305.31	8.08	323.89	0.31	32.00	0.000	0.042
14	876.54	4.27	65.22	0.31	32.00	0.000	0.045
15	808.61	0.48	6.73	0.31	32.00	0.000	0.047
16	803.22	-3.31	-46.40	0.31	32.00	0.000	0.046
17	783.31	-7.12	-97.02	0.31	32.00	0.000	0.043
18	748.64	-10.95	-142.21	0.32	32.00	0.000	0.038
19	698.71	-14.84	-178.90	0.32	32.00	0.000	0.031
20	632.79	-18.79	-203.85	0.33	32.00	0.000	0.021
21	549.82	-22.85	-213.47	0.34	32.00	0.000	0.010
22	453.36	-27.02	-205.99	0.35	30.38	0.000	0.000
23	347.75	-31.37	-181.01	0.36	30.00	0.000	0.000
24	222.25	-35.92	-130.38	0.38	30.00	0.000	0.000
25	73.02	-40.76	-47.67	0.41	30.00	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 336.5836 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 114.8627 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 203.0847 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.05$$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 95 di 128

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	1.9600	0.0980	0.0000
2	0.13	3.2100	0.1434	0.7397
3	0.25	4.4600	0.2864	1.5625
4	0.38	5.7100	0.5375	2.4684
5	0.50	6.9600	0.9069	3.4571
6	0.63	8.2100	1.4052	4.5288
7	0.75	9.4600	2.0426	5.6835
8	0.88	10.7100	2.8295	6.9210
9	1.00	11.9600	3.7763	8.2416
10	1.13	13.2100	4.8934	9.6450
11	1.25	14.4600	6.1910	11.1314
12	1.38	15.7100	7.6797	12.7008
13	1.50	16.9600	9.3697	14.3531
14	1.63	18.2100	11.2714	16.0883
15	1.75	19.4600	13.3952	17.9065
16	1.88	20.7100	15.7515	19.8076
17	2.00	21.9600	18.3506	21.7917
18	2.13	23.2100	21.2029	23.8587
19	2.25	24.4600	24.3187	26.0086
20	2.38	25.7100	27.7085	28.2415
21	2.50	26.9600	31.3825	30.5573

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 2

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.04	0.0693	3.4580
3	0.08	0.2759	6.8624
4	0.12	0.6176	10.2134
5	0.16	1.0923	13.5108
6	0.20	1.6978	16.7547
7	0.24	2.4319	19.9451
8	0.28	3.2927	23.0820

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
96 di  
128

9	0.32	4.2778	26.1654
10	0.36	5.3852	29.1953
11	0.40	6.6127	32.1717

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	-0.1934	-3.6222
3	0.21	-0.7478	-6.8757
4	0.31	-1.6244	-9.7605
5	0.42	-2.7846	-12.2766
6	0.53	-4.1896	-14.4239
7	0.63	-5.8007	-16.2025
8	0.73	-7.5792	-17.6124
9	0.84	-9.4864	-18.6536
10	0.95	-11.4835	-19.3261
11	1.05	-13.5319	-19.6299

### COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	43.2795	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	40.6694	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	14.8025	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.05	[m]	Y = -1.79 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.05	[m]	Y = -3.00 [m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	70.8750	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.53	[m]	Y = -1.25 [m]

### Risultanti carichi esterni

Componente dir. Y	5.99	[kN]
-------------------	------	------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 97 di 128

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	40.6694	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	142.1925	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	49.0884	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	161.4591	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	142.1925	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	40.6694	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13	[m]
Risultante in fondazione	147.8942	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15.96	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	19.1574	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	533.9102	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.85	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	110.45	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	43.28	[kPa]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 27.77$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 16.91$
$N_\gamma = 22.02$	$N'_\gamma = 5.96$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.29
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.71
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.75
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.80

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 98 di 128

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.00 Y[m]= 1.25

Raggio del cerchio R[m]= 4.72

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.23

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.56

Larghezza della striscia dx[m]= 0.31

Coefficiente di sicurezza C= 1.80

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	879.08	68.88	820.01	0.86	30.00	0.000	0.000
2	1287.79	60.34	1119.01	0.63	30.00	0.000	0.000
3	1579.37	53.34	1266.94	0.52	30.00	0.000	0.000
4	1807.98	47.37	1330.27	0.46	30.00	0.000	0.000
5	1994.99	42.03	1335.66	0.42	30.00	0.000	0.000
6	2150.96	37.11	1297.70	0.39	30.00	0.000	0.000
7	2282.04	32.49	1225.80	0.37	30.00	0.000	0.000
8	2392.19	28.10	1126.76	0.35	30.00	0.000	0.000
9	2576.41	23.88	1043.18	0.34	31.89	0.000	0.006
10	2659.95	19.80	901.16	0.33	32.00	0.000	0.019
11	2723.23	15.82	742.59	0.32	32.00	0.000	0.029
12	2684.13	11.92	554.52	0.32	32.00	0.000	0.036
13	2716.25	8.08	381.63	0.31	32.00	0.000	0.042
14	876.54	4.27	65.22	0.31	32.00	0.000	0.045
15	808.61	0.48	6.73	0.31	32.00	0.000	0.047
16	803.22	-3.31	-46.40	0.31	32.00	0.000	0.046
17	783.31	-7.12	-97.02	0.31	32.00	0.000	0.043
18	748.64	-10.95	-142.21	0.32	32.00	0.000	0.038
19	698.71	-14.84	-178.90	0.32	32.00	0.000	0.031
20	632.79	-18.79	-203.85	0.33	32.00	0.000	0.021
21	549.82	-22.85	-213.47	0.34	32.00	0.000	0.010
22	453.36	-27.02	-205.99	0.35	30.38	0.000	0.000
23	347.75	-31.37	-181.01	0.36	30.00	0.000	0.000
24	222.25	-35.92	-130.38	0.38	30.00	0.000	0.000
25	73.02	-40.76	-47.67	0.41	30.00	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 340.6136 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 115.4289 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 205.6029 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.05$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 99 di 128

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	5.9900	0.2995	0.0000
2	0.13	7.2400	0.3449	0.7397
3	0.25	8.4900	0.4879	1.5625
4	0.38	9.7400	0.7390	2.4684
5	0.50	10.9900	1.1084	3.4571
6	0.63	12.2400	1.6067	4.5288
7	0.75	13.4900	2.2441	5.6835
8	0.88	14.7400	3.0310	6.9210
9	1.00	15.9900	3.9778	8.2416
10	1.13	17.2400	5.0949	9.6450
11	1.25	18.4900	6.3925	11.1314
12	1.38	19.7400	7.8812	12.7008
13	1.50	20.9900	9.5712	14.3531
14	1.63	22.2400	11.4729	16.0883
15	1.75	23.4900	13.5967	17.9065
16	1.88	24.7400	15.9530	19.8076
17	2.00	25.9900	18.5521	21.7917
18	2.13	27.2400	21.4044	23.8587
19	2.25	28.4900	24.5202	26.0086
20	2.38	29.7400	27.9100	28.2415
21	2.50	30.9900	31.5840	30.5573

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 100 di 128

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.04	0.0732	3.6488
3	0.08	0.2911	7.2395
4	0.12	0.6516	10.7721
5	0.16	1.1521	14.2466
6	0.20	1.7905	17.6630
7	0.24	2.5644	21.0213
8	0.28	3.4714	24.3215
9	0.32	4.5093	27.5636
10	0.36	5.6757	30.7477
11	0.40	6.9684	33.8736

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 3

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	-0.1954	-3.6559
3	0.21	-0.7537	-6.9115
4	0.31	-1.6328	-9.7668
5	0.42	-2.7907	-12.2217
6	0.53	-4.1854	-14.2764
7	0.63	-5.7748	-15.9309
8	0.73	-7.5169	-17.1850
9	0.84	-9.3696	-18.0388
10	0.95	-11.2910	-18.4923
11	1.05	-13.2390	-18.5455

### COMBINAZIONE n° 4

Valore della spinta statica	25.4204	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	23.8873	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	8.6943	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.05	[m]	Y = -2.00 [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
101 di  
128

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]	
Incremento sismico della spinta	5.0219	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1.05	[m]	Y = -1.00 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.29	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.05	[m]	Y = -3.00 [m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	49.8750	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.53	[m]	Y = -1.25 [m]
Inerzia del muro	4.1869	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	4.3391	[kN]	

#### Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	0.17	[kN]
Componente dir. Y	1.90	[kN]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	37.5065	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	112.7119	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	45.8598	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	123.2620	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	112.7119	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	37.5065	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.24	[m]
Risultante in fondazione	118.7885	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	26.8563	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	413.8147	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.85	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	108.01	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	13.84	[kPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 25.96$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 15.81$
$N_\gamma = 22.02$	$N'_\gamma = 4.28$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.69
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.47
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.67
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.82

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 102 di 128

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 4

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.00 Y[m]= 1.75

Raggio del cerchio R[m]= 5.17

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.35

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.88

Larghezza della striscia dx[m]= 0.33

Coefficiente di sicurezza C= 1.82

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	227.72	65.25	206.80	0.79	30.00	0.000	0.000
2	624.17	58.11	529.95	0.62	30.00	0.000	0.000
3	925.90	51.71	726.73	0.53	30.00	0.000	0.000
4	1168.13	46.13	842.19	0.48	30.00	0.000	0.000
5	1368.90	41.08	899.58	0.44	30.00	0.000	0.000
6	1537.84	36.40	912.53	0.41	30.00	0.000	0.000
7	1680.80	31.98	890.24	0.39	30.00	0.000	0.000
8	1801.65	27.77	839.45	0.37	30.00	0.000	0.000
9	1944.66	23.72	782.20	0.36	30.77	0.000	0.000
10	2090.93	19.79	707.85	0.35	32.00	0.000	0.012
11	2161.75	15.95	594.15	0.34	32.00	0.000	0.022
12	2326.02	12.19	491.17	0.34	32.00	0.000	0.030
13	2937.83	8.48	433.28	0.33	32.00	0.000	0.036
14	891.44	4.81	74.71	0.33	32.00	0.000	0.040
15	837.75	1.15	16.86	0.33	32.00	0.000	0.042
16	817.40	-2.50	-35.60	0.33	32.00	0.000	0.042
17	798.99	-6.16	-85.67	0.33	32.00	0.000	0.039
18	764.79	-9.84	-130.71	0.33	32.00	0.000	0.034

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
103 di  
128

19	714.37	-13.57	-167.58	0.34	32.00	0.000	0.028
20	647.04	-17.35	-192.99	0.34	32.00	0.000	0.019
21	561.84	-21.22	-203.37	0.35	32.00	0.000	0.007
22	464.66	-25.19	-197.79	0.36	30.08	0.000	0.000
23	356.35	-29.30	-174.38	0.38	30.00	0.000	0.000
24	227.73	-33.58	-125.95	0.40	30.00	0.000	0.000
25	75.74	-38.09	-46.72	0.42	30.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 274.1433$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 74.4036$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 165.8774$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.84$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	1.9000	0.0950	0.1653
2	0.13	3.1500	0.1443	0.6351
3	0.25	4.4000	0.2565	1.1714
4	0.38	5.6500	0.4399	1.7742
5	0.50	6.9000	0.7029	2.4436
6	0.63	8.1500	1.0536	3.1796
7	0.75	9.4000	1.5005	3.9821
8	0.88	10.6500	2.0519	4.8512
9	1.00	11.9000	2.7161	5.7868
10	1.13	13.1500	3.5014	6.7890
11	1.25	14.4000	4.4161	7.8578
12	1.38	15.6500	5.4686	8.9931
13	1.50	16.9000	6.6672	10.1949
14	1.63	18.1500	8.0201	11.4633
15	1.75	19.4000	9.5358	12.7983
16	1.88	20.6500	11.2225	14.1998
17	2.00	21.9000	13.0885	15.6679
18	2.13	23.1500	15.1422	17.2026
19	2.25	24.4000	17.3919	18.8038
20	2.38	25.6500	19.8459	20.4715

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
104 di  
128

21            2.50                    26.9000                    22.5126                    22.2058

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 4

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.04	0.0711	3.5396
3	0.08	0.2821	6.9977
4	0.12	0.6298	10.3744
5	0.16	1.1109	13.6696
6	0.20	1.7223	16.8835
7	0.24	2.4605	20.0158
8	0.28	3.3225	23.0668
9	0.32	4.3048	26.0363
10	0.36	5.4043	28.9243
11	0.40	6.6177	31.7310

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 4

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	-0.2446	-4.5659
3	0.21	-0.9392	-8.5706
4	0.31	-2.0248	-12.0141
5	0.42	-3.4425	-14.8964
6	0.53	-5.1334	-17.2176

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001\_A00

Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
105 di  
128

7	0.63	-7.0386	-18.9777
8	0.73	-9.0991	-20.1765
9	0.84	-11.2560	-20.8142
10	0.95	-13.4504	-20.8908
11	1.05	-15.6234	-20.4061

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle</p> <p>Foglio 106 di 128</p>

## 12.2. Muro con parapetto

Progetto: Muro di sostegno - Parapetto  
Ditta:  
Comune:  
Progettista:  
Direttore dei Lavori:  
Impresa:

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 107 di 128

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

## Normativa

Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

## Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	2.40 [m]
Spessore in sommità	0.40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.40 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	1.00 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0.70 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.90 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.50 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	25.000 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	30000 [kPa]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	9707 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	596 [kPa]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
108 di  
128

Tensione tangenziale ammissibile  $\tau_{c1}$  1810 [kPa]  
 Acciaio  
 Tipo FeB44K  
 Tensione ammissibile  $\sigma_{fa}$  254977 [kPa]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]  
 Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.30 [m]

## Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione 0.00 [m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
109 di  
128

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Riporto	19.00	21.00	30.00	20.00	0.0	0.0
Depositi alluvional	20.00	22.00	32.00	26.00	0.0	0.0

## Stratigrafia

Terreno spingente: Riporto  
 Terreno di fondazione: Depositi alluvional

## Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

$F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

$F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

$M$  Momento espresso in [kNm]

$X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

$X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

$Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kN/m]

$Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kN/m]

$D / C$  Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (URTO)

C Paramento  $X=-0.25$   $Y=0.00$   $F_x=7.8000$   $F_y=0.0000$   $M=4.7000$

### Condizione n° 2 (Traffico)

D Profilo  $X_i=0.00$   $X_f=5.00$   $Q_i=20.0000$   $Q_f=20.0000$

## Descrizione combinazioni di carico

### *Simbologia adottata*

$C$  Coefficiente totale di partecipazione della condizione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 110 di 128

### Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

### Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Traffico	1.00

### Combinazione n° 3 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
URTO	1.00
Traffico	1.00

### Combinazione n° 4 Tensioni ammissibili - Sismica

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

### *Impostazioni avanzate*

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni  
 Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### *Simbologia adottata*

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>RIB</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 111 di 128

$CS_{QLIM}$  Coeff. di sicurezza a carico limite  
 $CS_{STAB}$  Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	$CS_{sco}$	$CS_{rib}$	$CS_{qlim}$	$CS_{stab}$
1	TAMM - [1]	--	2.24	5.93	7.61	2.23
2	TAMM - [2]	--	1.60	3.72	5.00	1.77
3	TAMM - [3]	--	1.33	2.31	3.33	1.77
4	TAMM - [4]	Orizzontale	1.45	3.24	5.05	1.82

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

### Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)	8.70
Forma diagramma incremento sismico	Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	1.00 [m]

Peso muro	49.0000 [kN]
Baricentro del muro	X=-0.15 Y=-1.94

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0.90	Y = -2.90
Punto superiore superficie di spinta	X = 0.90	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	2.90 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
112 di  
128

### COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	23.7539	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	22.3214	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	8.1243	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -1.93 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -2.90 [m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	41.0400	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -1.20 [m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	22.3214	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	102.3643	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	21.5774	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	127.9306	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	102.3643	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	22.3214	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.04	[m]
Risultante in fondazione	104.7697	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12.30	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3.9890	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	779.2617	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	45.20	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	57.17	[kPa]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 30.27$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 18.52$
$N_\gamma = 22.02$	$N'_\gamma = 8.95$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.93
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.24
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.61
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.23

Stabilità globale muro + terreno

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 113 di 128

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.95 Y[m]= 0.95

Raggio del cerchio R[m]= 4.28

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.96

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.22

Larghezza della striscia dx[m]= 0.29

Coefficiente di sicurezza C= 2.23

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	229.53	70.80	216.76	0.87	30.00	0.000	0.000
2	605.71	61.40	531.81	0.60	30.00	0.000	0.000
3	862.77	54.09	698.83	0.49	30.00	0.000	0.000
4	1061.78	47.94	788.27	0.43	30.00	0.000	0.000
5	1223.51	42.45	825.85	0.39	30.00	0.000	0.000
6	1357.82	37.42	825.07	0.36	30.00	0.000	0.000
7	1470.32	32.71	794.48	0.34	30.00	0.000	0.000
8	1564.59	28.23	740.17	0.33	30.00	0.000	0.000
9	1724.75	23.94	699.94	0.31	31.81	0.000	0.005
10	1799.27	19.79	609.20	0.31	32.00	0.000	0.017
11	1852.87	15.74	502.77	0.30	32.00	0.000	0.026
12	2223.38	11.78	453.83	0.29	32.00	0.000	0.033
13	1721.53	7.87	235.66	0.29	32.00	0.000	0.038
14	782.33	3.99	54.50	0.29	32.00	0.000	0.041
15	788.78	0.14	1.93	0.29	32.00	0.000	0.042
16	713.64	-3.71	-46.23	0.29	32.00	0.000	0.041
17	691.91	-7.59	-91.33	0.29	32.00	0.000	0.038
18	660.76	-11.49	-131.64	0.29	32.00	0.000	0.033
19	616.35	-15.45	-164.23	0.30	32.00	0.000	0.027

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 114 di 128

20	557.99	-19.49	-186.20	0.30	32.00	0.000	0.017
21	484.71	-23.64	-194.34	0.31	31.97	0.000	0.006
22	401.98	-27.92	-188.20	0.33	30.00	0.000	0.000
23	308.94	-32.37	-165.42	0.34	30.00	0.000	0.000
24	197.86	-37.07	-119.26	0.36	30.00	0.000	0.000
25	65.30	-42.07	-43.75	0.39	30.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 235.0530$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 65.2002$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 142.4414$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.20$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.12	1.2000	0.0015	0.0382
3	0.24	2.4000	0.0122	0.1529
4	0.36	3.6000	0.0413	0.3440
5	0.48	4.8000	0.0978	0.6115
6	0.60	6.0000	0.1911	0.9555
7	0.72	7.2000	0.3302	1.3759
8	0.84	8.4000	0.5244	1.8728
9	0.96	9.6000	0.7827	2.4461
10	1.08	10.8000	1.1145	3.0958
11	1.20	12.0000	1.5288	3.8220
12	1.32	13.2000	2.0348	4.6246
13	1.44	14.4000	2.6418	5.5036
14	1.56	15.6000	3.3588	6.4591
15	1.68	16.8000	4.1950	7.4911
16	1.80	18.0000	5.1597	8.5994
17	1.92	19.2000	6.2619	9.7843
18	2.04	20.4000	7.5110	11.0455
19	2.16	21.6000	8.9159	12.3832
20	2.28	22.8000	10.4860	13.7973
21	2.40	24.0000	12.2303	15.2879

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 115 di 128

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

<b>Nr.</b>	<b>X</b>	<b>M</b>	<b>T</b>
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	0.0658	1.8836
3	0.14	0.2644	3.7965
4	0.21	0.5979	5.7387
5	0.28	1.0685	7.7102
6	0.35	1.6781	9.7110
7	0.42	2.4287	11.7412
8	0.49	3.3225	13.8007
9	0.56	4.3615	15.8895
10	0.63	5.5477	18.0076
11	0.70	6.8832	20.1550

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

<b>Nr.</b>	<b>X</b>	<b>M</b>	<b>T</b>
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.0045	-0.1083
3	0.18	-0.0210	-0.2651
4	0.27	-0.0537	-0.4704
5	0.36	-0.1071	-0.7241
6	0.45	-0.1855	-1.0263

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
116 di  
128

7	0.54	-0.2933	-1.3770
8	0.63	-0.4348	-1.7761
9	0.72	-0.6144	-2.2237
10	0.81	-0.8365	-2.7197
11	0.90	-1.1054	-3.2643

### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	41.0171	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	38.5435	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	14.0287	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -1.73 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -2.90 [m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	59.0400	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -1.20 [m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	38.5435	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	126.2687	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	45.1246	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	167.6393	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	126.2687	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	38.5435	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.03	[m]
Risultante in fondazione	132.0204	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.97	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3.7539	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	631.1162	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	68.77	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	57.50	[kPa]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 26.74$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 16.36$
$N_\gamma = 22.02$	$N'_\gamma = 5.21$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.72
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.60

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 117 di 128

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 5.00  
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 1.77

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.95 Y[m]= 1.19

Raggio del cerchio R[m]= 4.49

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.02

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.38

Larghezza della striscia dx[m]= 0.30

Coefficiente di sicurezza C= 1.77

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	824.97	68.97	770.01	0.83	30.00	0.000	0.000
2	1194.84	60.29	1037.74	0.60	30.00	0.000	0.000
3	1457.75	53.31	1168.96	0.50	30.00	0.000	0.000
4	1664.05	47.36	1224.09	0.44	30.00	0.000	0.000
5	1832.89	42.03	1227.06	0.40	30.00	0.000	0.000
6	1973.75	37.11	1190.95	0.37	30.00	0.000	0.000
7	2092.18	32.50	1124.25	0.35	30.00	0.000	0.000
8	2191.72	28.12	1033.06	0.34	30.00	0.000	0.000
9	2331.06	23.91	944.89	0.32	31.18	0.000	0.001
10	2437.03	19.84	827.04	0.31	32.00	0.000	0.013
11	2494.28	15.87	681.90	0.31	32.00	0.000	0.023
12	2444.64	11.97	507.05	0.30	32.00	0.000	0.030
13	2028.38	8.13	286.90	0.30	32.00	0.000	0.035
14	790.65	4.33	59.67	0.30	32.00	0.000	0.038

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
118 di  
128

15	798.71	0.54	7.59	0.30	32.00	0.000	0.040
16	729.06	-3.24	-41.16	0.30	32.00	0.000	0.039
17	700.82	-7.03	-85.80	0.30	32.00	0.000	0.036
18	669.82	-10.86	-126.19	0.30	32.00	0.000	0.032
19	625.07	-14.74	-159.00	0.31	32.00	0.000	0.025
20	565.92	-18.68	-181.29	0.31	32.00	0.000	0.016
21	491.51	-22.73	-189.88	0.32	31.79	0.000	0.005
22	408.35	-26.89	-184.70	0.33	30.00	0.000	0.000
23	313.76	-31.22	-162.63	0.35	30.00	0.000	0.000
24	201.08	-35.76	-117.50	0.36	30.00	0.000	0.000
25	67.14	-40.57	-43.67	0.39	30.00	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 307.2417 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 105.9069 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 184.8833 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.07$$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.12	1.2000	0.0418	0.7086
3	0.24	2.4000	0.1731	1.4937
4	0.36	3.6000	0.4033	2.3553
5	0.48	4.8000	0.7414	3.2934
6	0.60	6.0000	1.1968	4.3078
7	0.72	7.2000	1.7784	5.3988
8	0.84	8.4000	2.4955	6.5662
9	0.96	9.6000	3.3573	7.8100
10	1.08	10.8000	4.3730	9.1302
11	1.20	12.0000	5.5516	10.5269
12	1.32	13.2000	6.9025	12.0001
13	1.44	14.4000	8.4347	13.5496
14	1.56	15.6000	10.1575	15.1756
15	1.68	16.8000	12.0799	16.8781
16	1.80	18.0000	14.2113	18.6570

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
119 di  
128

17	1.92	19.2000	16.5607	20.5123
18	2.04	20.4000	19.1373	22.4441
19	2.16	21.6000	21.9503	24.4523
20	2.28	22.8000	25.0089	26.5370
21	2.40	24.0000	28.3222	28.6980

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 2

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	0.1228	3.5048
3	0.14	0.4900	6.9819
4	0.21	1.0997	10.4315
5	0.28	1.9498	13.8535
6	0.35	3.0385	17.2479
7	0.42	4.3639	20.6147
8	0.49	5.9239	23.9540
9	0.56	7.7168	27.2656
10	0.63	9.7405	30.5496
11	0.70	11.9931	33.8061

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 2

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
120 di  
128

2	0.09	-0.0827	-1.8309
3	0.18	-0.3282	-3.6162
4	0.27	-0.7323	-5.3558
5	0.36	-1.2909	-7.0499
6	0.45	-1.9999	-8.6983
7	0.54	-2.8552	-10.3011
8	0.63	-3.8527	-11.8584
9	0.72	-4.9883	-13.3700
10	0.81	-6.2579	-14.8360
11	0.90	-7.6574	-16.2564

### COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	41.0171	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	38.5435	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	14.0287	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -1.73 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -2.90 [m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	59.0400	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -1.20 [m]

### Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	7.80	[kN]
-------------------	------	------

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	46.3435	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	126.2687	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	72.4446	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	167.6393	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	126.2687	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	46.3435	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.25	[m]
Risultante in fondazione	134.5046	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20.15	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	31.0739	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	420.5427	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	109.75	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	16.52	[kPa]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 121 di 128

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 24.46$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 14.97$
$N_\gamma = 22.02$	$N'_\gamma = 3.24$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.31
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.33
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.33
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.77

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.95 Y[m]= 1.19

Raggio del cerchio R[m]= 4.49

Ascissa a valle del cerchio  $X_i$ [m]= -4.02

Ascissa a monte del cerchio  $X_s$ [m]= 3.38

Larghezza della striscia dx[m]= 0.30

Coefficiente di sicurezza C= 1.77

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	824.97	68.97	770.01	0.83	30.00	0.000	0.000
2	1194.84	60.29	1037.74	0.60	30.00	0.000	0.000
3	1457.75	53.31	1168.96	0.50	30.00	0.000	0.000
4	1664.05	47.36	1224.09	0.44	30.00	0.000	0.000
5	1832.89	42.03	1227.06	0.40	30.00	0.000	0.000
6	1973.75	37.11	1190.95	0.37	30.00	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
122 di  
128

7	2092.18	32.50	1124.25	0.35	30.00	0.000	0.000
8	2191.72	28.12	1033.06	0.34	30.00	0.000	0.000
9	2331.06	23.91	944.89	0.32	31.18	0.000	0.001
10	2437.03	19.84	827.04	0.31	32.00	0.000	0.013
11	2494.28	15.87	681.90	0.31	32.00	0.000	0.023
12	2444.64	11.97	507.05	0.30	32.00	0.000	0.030
13	2028.38	8.13	286.90	0.30	32.00	0.000	0.035
14	790.65	4.33	59.67	0.30	32.00	0.000	0.038
15	798.71	0.54	7.59	0.30	32.00	0.000	0.040
16	729.06	-3.24	-41.16	0.30	32.00	0.000	0.039
17	700.82	-7.03	-85.80	0.30	32.00	0.000	0.036
18	669.82	-10.86	-126.19	0.30	32.00	0.000	0.032
19	625.07	-14.74	-159.00	0.31	32.00	0.000	0.025
20	565.92	-18.68	-181.29	0.31	32.00	0.000	0.016
21	491.51	-22.73	-189.88	0.32	31.79	0.000	0.005
22	408.35	-26.89	-184.70	0.33	30.00	0.000	0.000
23	313.76	-31.22	-162.63	0.35	30.00	0.000	0.000
24	201.08	-35.76	-117.50	0.36	30.00	0.000	0.000
25	67.14	-40.57	-43.67	0.39	30.00	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 307.2417 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 105.9069 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 184.8833 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.07$$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	4.7000	7.8000
2	0.12	1.2000	5.6778	8.5086
3	0.24	2.4000	6.7451	9.2937
4	0.36	3.6000	7.9113	10.1553
5	0.48	4.8000	9.1854	11.0934
6	0.60	6.0000	10.5768	12.1078
7	0.72	7.2000	12.0944	13.1988
8	0.84	8.4000	13.7475	14.3662

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
123 di  
128

9	0.96	9.6000	15.5453	15.6100
10	1.08	10.8000	17.4970	16.9302
11	1.20	12.0000	19.6116	18.3269
12	1.32	13.2000	21.8985	19.8001
13	1.44	14.4000	24.3667	21.3496
14	1.56	15.6000	27.0255	22.9756
15	1.68	16.8000	29.8839	24.6781
16	1.80	18.0000	32.9513	26.4570
17	1.92	19.2000	36.2367	28.3123
18	2.04	20.4000	39.7493	30.2441
19	2.16	21.6000	43.4983	32.2523
20	2.28	22.8000	47.4929	34.3370
21	2.40	24.0000	51.7422	36.4980

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 3

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	0.2209	6.2730
3	0.14	0.8729	12.3175
4	0.21	1.9400	18.1337
5	0.28	3.4063	23.7215
6	0.35	5.2557	29.0809
7	0.42	7.4723	34.2119
8	0.49	10.0400	39.1145
9	0.56	12.9430	43.7887
10	0.63	16.1651	48.2345
11	0.70	19.6905	52.4520

## Sollecitazioni fondazione di monte

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 124 di 128

### Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2437	-5.3531
3	0.18	-0.9522	-10.3287
4	0.27	-2.0916	-14.9267
5	0.36	-3.6277	-19.1472
6	0.45	-5.5267	-22.9901
7	0.54	-7.7546	-26.4555
8	0.63	-10.2774	-29.5433
9	0.72	-13.0611	-32.2536
10	0.81	-16.0717	-34.5863
11	0.90	-19.2753	-36.5415

### COMBINAZIONE n° 4

Valore della spinta statica	23.7539	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	22.3214	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	8.1243	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -1.93 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]	

Incremento sismico della spinta	4.6927	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.97 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.29	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -2.90 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	41.0400	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -1.20 [m]
Inerzia del muro	4.2630	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	3.5705	[kN]	

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	34.9300	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	103.9693	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	40.5035	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	131.1406	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	103.9693	[kN]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
125 di  
128

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	34.9300	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13	[m]
Risultante in fondazione	109.6801	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.57	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	13.3322	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	525.0600	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	71.98	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	31.99	[kPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.49$	$N'_c = 25.58$
$N_q = 23.18$	$N'_q = 15.65$
$N_\gamma = 22.02$	$N'_\gamma = 4.16$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.24
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.45
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.05
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.82

## Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 4

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

#### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

#### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.95 Y[m]= 1.67

Raggio del cerchio R[m]= 4.93

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.14

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.69

Larghezza della striscia dx[m]= 0.31

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 126 di 128

Coefficiente di sicurezza  $C= 1.82$   
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	208.20	65.44	189.36	0.75	30.00	0.000	0.000
2	568.87	58.03	482.61	0.59	30.00	0.000	0.000
3	841.65	51.66	660.10	0.51	30.00	0.000	0.000
4	1060.79	46.09	764.25	0.45	30.00	0.000	0.000
5	1242.50	41.05	815.96	0.42	30.00	0.000	0.000
6	1395.44	36.37	827.52	0.39	30.00	0.000	0.000
7	1524.89	31.96	807.21	0.37	30.00	0.000	0.000
8	1634.33	27.76	761.13	0.35	30.00	0.000	0.000
9	1735.08	23.71	697.65	0.34	30.17	0.000	0.000
10	1899.89	19.78	643.05	0.33	32.00	0.000	0.007
11	1964.04	15.95	539.82	0.33	32.00	0.000	0.017
12	2114.23	12.20	446.62	0.32	32.00	0.000	0.025
13	2505.03	8.49	369.84	0.32	32.00	0.000	0.031
14	901.64	4.82	75.77	0.31	32.00	0.000	0.034
15	818.61	1.17	16.73	0.31	32.00	0.000	0.036
16	758.50	-2.47	-32.75	0.31	32.00	0.000	0.035
17	718.46	-6.13	-76.71	0.32	32.00	0.000	0.033
18	687.58	-9.81	-117.15	0.32	32.00	0.000	0.029
19	642.01	-13.53	-150.22	0.32	32.00	0.000	0.022
20	581.15	-17.31	-172.95	0.33	32.00	0.000	0.014
21	504.60	-21.17	-182.27	0.34	31.43	0.000	0.003
22	420.11	-25.14	-178.48	0.35	30.00	0.000	0.000
23	322.19	-29.24	-157.38	0.36	30.00	0.000	0.000
24	205.92	-33.51	-113.69	0.38	30.00	0.000	0.000
25	68.54	-38.01	-42.21	0.40	30.00	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 248.3500 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 67.4102 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 149.9529 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.85$$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle
	Foglio 127 di 128

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.12	1.2000	0.0256	0.4371
3	0.24	2.4000	0.1074	0.9355
4	0.36	3.6000	0.2526	1.4953
5	0.48	4.8000	0.4687	2.1164
6	0.60	6.0000	0.7630	2.7988
7	0.72	7.2000	1.1429	3.5426
8	0.84	8.4000	1.6157	4.3477
9	0.96	9.6000	2.1888	5.2142
10	1.08	10.8000	2.8695	6.1420
11	1.20	12.0000	3.6653	7.1311
12	1.32	13.2000	4.5835	8.1816
13	1.44	14.4000	5.6313	9.2934
14	1.56	15.6000	6.8163	10.4666
15	1.68	16.8000	8.1458	11.7011
16	1.80	18.0000	9.6270	12.9969
17	1.92	19.2000	11.2675	14.3540
18	2.04	20.4000	13.0745	15.7725
19	2.16	21.6000	15.0553	17.2524
20	2.28	22.8000	17.2175	18.7936
21	2.40	24.0000	19.5683	20.3961

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 4

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	0.1299	3.6948
3	0.14	0.5150	7.2916
4	0.21	1.1484	10.7904
5	0.28	2.0234	14.1913
6	0.35	3.1329	17.4941

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-001_A00 Tratta 3 – Passerella pedonale - Relazione di calcolo spalle

Foglio  
128 di  
128

7	0.42	4.4703	20.6990
8	0.49	6.0285	23.8058
9	0.56	7.8008	26.8147
10	0.63	9.7803	29.7256
11	0.70	11.9601	32.5385

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 4

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.1033	-2.2692
3	0.18	-0.4036	-4.3765
4	0.27	-0.8862	-6.3217
5	0.36	-1.5367	-8.1050
6	0.45	-2.3403	-9.7263
7	0.54	-3.2825	-11.1856
8	0.63	-4.3488	-12.4829
9	0.72	-5.5246	-13.6182
10	0.81	-6.7952	-14.5916
11	0.90	-8.1462	-15.4029