

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA**

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

**OPERE MINORI**

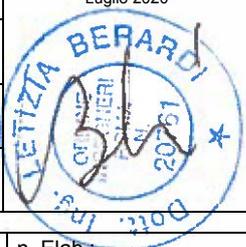
Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni

SCALA:

-

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

I R 0 B 0 2 D 1 0 C L O C 0 0 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Dinelli <i>L. Dinelli</i>	Luglio 2020	G. Scassera <i>G. Scassera</i>	Luglio 2020	T.Paoletti <i>T. Paoletti</i>	Luglio 2020	L.Berardi Luglio 2020 

File : IROB02D10CLIV0200002A.doc

n. Elab.:

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	2 di 38

## Indice

1	INTRODUZIONE.....	4
2	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA .....	5
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
3.1	NORMATIVA .....	7
3.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO .....	8
5	MATERIALI .....	9
5.1	CALCESTRUZZO .....	9
5.2	ACCIAIO PER ARMATURE .....	10
6	CRITERI DI VERIFICA PARATIA.....	11
6.1	VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI STATICHE.....	11
6.2	VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI SISMICHE (SLV) .....	12
6.3	STABILITÀ GLOBALE .....	13
6.4	VERIFICHE GEOTECNICHE SLE.....	14
6.5	VERIFICHE STRUTTURALI SLU .....	14
6.6	VERIFICHE STRUTTURALI SLE.....	15
6.6.1	<i>Verifiche alle tensioni.....</i>	<i>15</i>
6.6.2	<i>Verifiche a fessurazione .....</i>	<i>15</i>
7	ANALISI DEI CARICHI .....	16
7.1	CARICHI PERMANENTI .....	17
7.1.1	<i>Spinta del terreno statica .....</i>	<i>17</i>
7.2	SOVRACCARICO PERMANENTE A TERGO.....	18
7.3	CARICHI ACCIDENTALI .....	18
7.4	CARICHI DOVUTI ALLA PASSERELLA IN CONDIZIONI STATICHE.....	18

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e  
fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	3 di 38

7.5	AZIONE SISMICA .....	19
7.5.1	<i>Spinta del terreno in condizioni sismiche</i> .....	20
7.6	CARICHI DOVUTI ALLA PASSERELLA IN CONDIZIONI SISMICHE .....	20
7.7	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	22
8	PROGETTO E VERIFICA .....	23
8.1	DATI DI INPUT .....	23
8.2	FASI DI CALCOLO .....	24
8.3	RISULTATI DELLE ANALISI .....	25
8.4	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	30
8.4.1	<i>Verifica a capacità portante</i> .....	30
8.4.2	<i>Verifiche SLE</i> .....	31
8.4.3	<i>Verifica di stabilità globale</i> .....	33
8.5	VERIFICHE STRUTTURALI .....	35
9	INCIDENZE.....	38

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b></p> <p>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL IV0200 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>4 di 38</p>

## 1 INTRODUZIONE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Saranno previsti infine, dal punto di vista impiantistico:

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

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

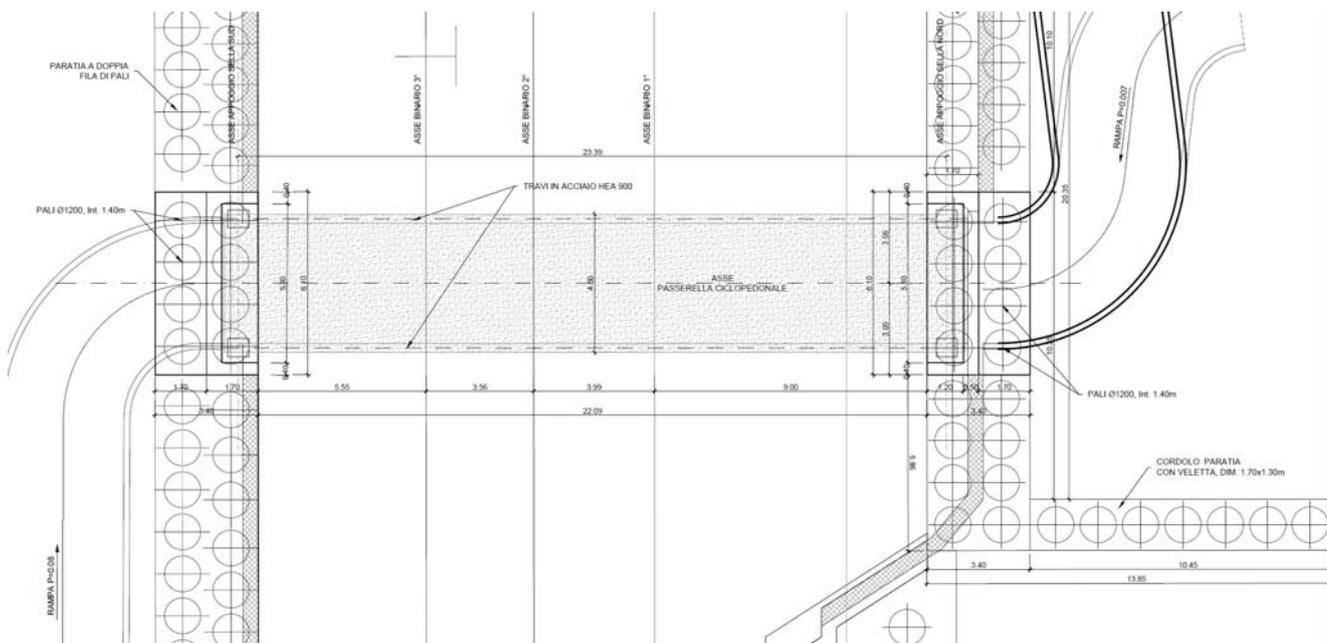
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	5 di 38

## 2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La presente relazione riguarda il dimensionamento e la verifica delle sottostrutture della passerella pedonale posta nella città di Perugia a completamento di un progetto più ampio che riguarda la stazione di Ellera.

La passerella è composta nella sua struttura portante di due travi longitudinali aventi profilo commerciale HEA900, luce 23.4 m e da elementi trasversali HEA300 disposti con interasse di 2.925 m e da controventi diagonali formati da profili a L80x8 . L'impalcato è realizzato con una lamiera grecata su cui poggia una soletta in c.a. non collaborante con il graticcio di travi.

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



**Figura 2-1 – Pianta struttura portante.**

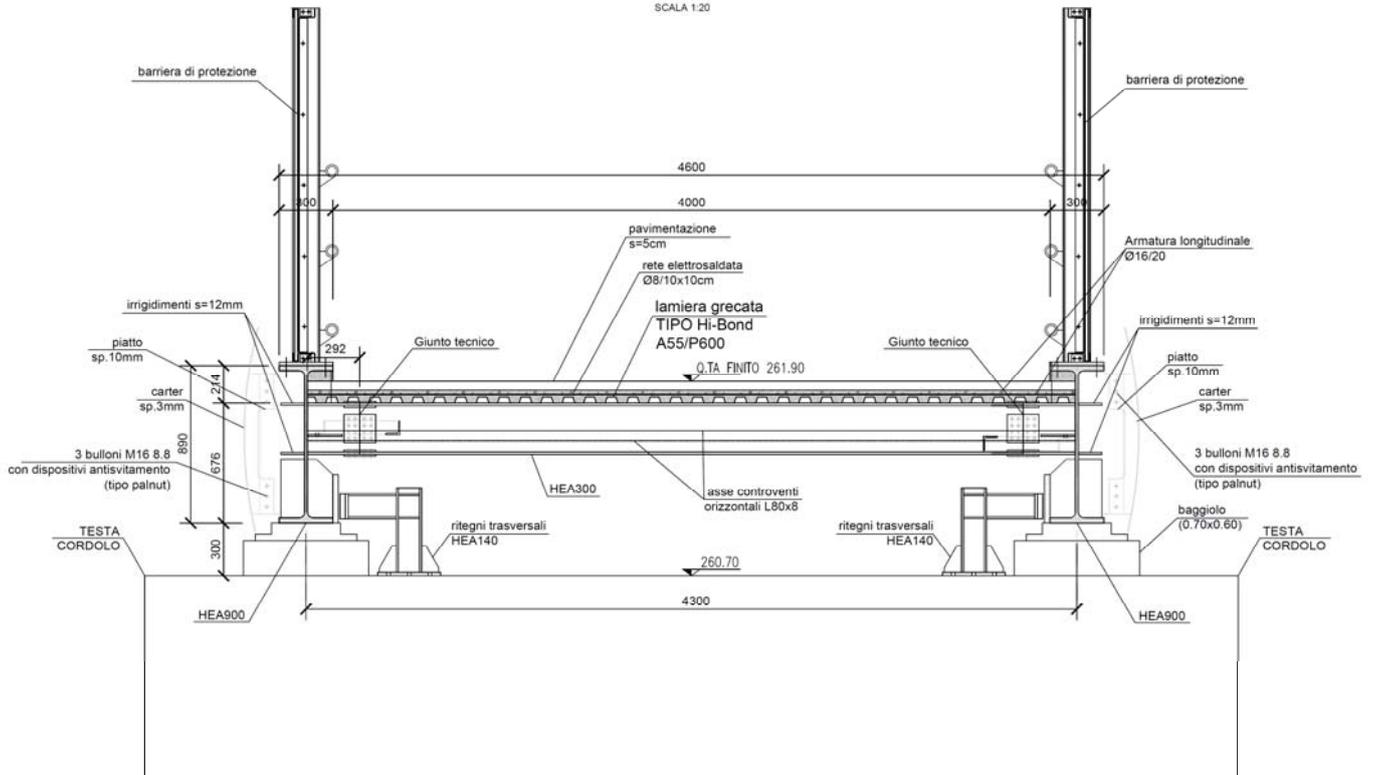
**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e**  
**fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	6 di 38

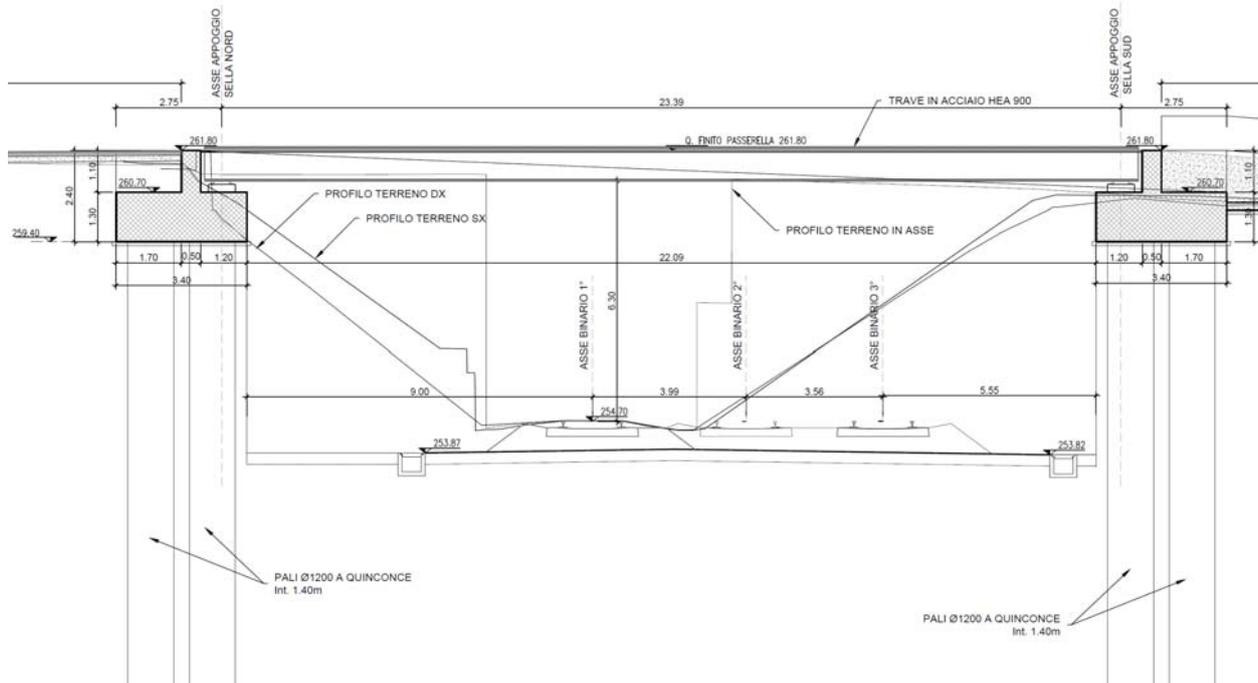
**SEZIONE TRASVERSALE PASSERELLA**

SCALA 1:20



**Figura 2-2 – Sezione trasversale.**

SCALA 1:100



**Figura 2-3 – Sezione longitudinale**

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b> Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni</p>	<p>COMMESSA IR0B</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO CL IV0200 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 7 di 38</p>

### 3 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 NORMATIVA

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- [3] RFI DTC SI MA IFS 001 D del 20.12.2019 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”.

#### 3.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

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

- [4] Relazione geotecnica generale – Ellera IR0B.02.D10.GE.GE00.0.6.001;
- [5] Profilo geotecnico - Ellera IR0B.02.D10.F7.GE00.0.6.001;
- [6] Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo impalcato IR0B.02.D10.CL.IV02.0.0.001;
- [7] Passerella ciclopedonale – planimetria e sezioni - IR0B.02.D10.PZ.IV02.0.0.001.
- [8] Passerella ciclopedonale – Relazione di calcolo spalle e fondazioni – IR0B.02.D10.CL.IV02.0.0.001.A
- [9] Passerella ciclopedonale – Demolizione opera esistente – IR0B.02.D10.A9.IV02.0.0.001.A
- [10] Passerella ciclopedonale – Apparecchi di appoggio e dispositivi di dilatazione – IR0B.02.D10.BZ.IV02.0.0.001.A

**OPERE MINORI**

Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	8 di 38

#### 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento. Si riportano a seguire la stratigrafia e i parametri meccanici utilizzati nei calcoli (valori medi dell'intervallo di variabilità riportato nella relazione geotecnica). Per quota 0.0 si intende quota p.f..

**Tabella 4-1 – Valori di calcolo dei parametri geotecnici del terreno**

Unità litologiche da p.c.	da [m]	a [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]	E [MPa]
T1	p.c. +5.6 ÷ + 2.1	-8.0 ÷ - 13.0	19.0	-	33	30
T2	-8.0 ÷ - 13.0	-23.0 ÷ 26.0	19.0	-	36	50

La stratigrafia è stata dedotta in base ai risultati del sondaggio S4

I dati della falda libera indicano un livello piezometrico che si attesta a circa 7.0 m da piano ferro.

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



**Figura 4-1 –Ubicazione indagini di fase PD - Google Earth**

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	9 di 38

## 5 MATERIALI

### 5.1 CALCESTRUZZO

#### Calcestruzzo pali C25/30

Classe di resistenza = C25/30

$$\gamma_c = \text{peso specifico} = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

$$R_{ck} = \text{resistenza cubica} = 30.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = \text{resistenza cilindrica caratteristica} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = \text{resistenza cilindrica media} = f_{ck} + 8 = 32.9 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{cfm} = \text{resistenza a traz. per flessione media} = 1.20 \cdot f_{ctm} = 3.07 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfk} = \text{resistenza a traz. per flessione caratt.} = 0.70 \cdot f_{cfm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$$

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

#### Calcestruzzo del cordolo e del paraghiaia C28/35

Classe di resistenza = C28/35

$$\gamma_c = \text{peso specifico} = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

$$R_{ck} = \text{resistenza cubica} = 35.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = \text{resistenza cilindrica caratteristica} = 0.83 \cdot R_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = \text{resistenza cilindrica media} = f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{cfm} = \text{resistenza a traz. per flessione media} = 1.20 \cdot f_{ctm} = 3.40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfk} = \text{resistenza a traz. per flessione caratt.} = 0.70 \cdot f_{cfm} = 2.38 \text{ N/mm}^2$$

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

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	10 di 38

## 5.2 ACCIAIO PER ARMATURE

Tipo = B 450 C

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b></p> <p>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL IV0200 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>11 di 38</p>

## 6 CRITERI DI VERIFICA PARATIA

### 6.1 VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI STATICHE

Le verifiche delle paratie sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

#### SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- collasso per carico limite verticale;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;

#### SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia (STR).

Le verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'approccio 1 delle NTC 2018, tenendo in conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 considerando le due combinazioni di coefficienti:

combinazione 1: (A1 + M1 + R1);

combinazione 2: (A2 + M2 + R1).

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II delle NTC 2018, con i coefficienti  $\gamma_R$  del gruppo R1 pari all'unità.

In particolare le verifiche agli stati limite ultimi GEO sono state effettuate considerando la combinazione 2 mentre per le verifiche di stati limite ultimi STR è stata utilizzata la combinazione 1.

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo Paratie Plus.

Nei modelli di calcolo, per le paratie non vincolate, in accordo al punto 6.5.2.2 delle NTC18, l'entità dello scavo è stata incrementata di  $\Delta h = \min(0.5m; 10\%H_{scavo})$ , in cui  $H_{scavo}$  è l'altezza di scavo prevista.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b>					
	<b>OPERE MINORI</b> Passerella ciclopeditone - relazione di calcolo spalle e fondazioni	COMMESSA IR0B	LOTTO 02	CODIFICA D10	DOCUMENTO CL IV0200 002	REV. A

**Tabella 6-1 - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU.**

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_G$

**Tabella 6-2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.**

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

**Tabella 6-3 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza SLU di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.**

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

## 6.2 VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI SISMICHE (SLV)

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono stati posti pari all'unità mentre sono state impiegate le resistenze di progetto ridotte con gli opportuni coefficienti parziali  $\gamma_R$ .

**Tabella 6-4 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza SLV di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.**

COEFFICIENTE	R2
--------------	----

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b></p> <p>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL IV0200 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>13 di 38</p>

$Y_R$	$\frac{1}{2}$
-------	---------------

L'analisi è stata eseguita mediante metodi pseudo – statici. In tali metodi l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente, costante nello spazio e nel tempo. Le componente orizzontale  $a_h$  dell'accelerazione equivalente è stata valutata a partire dell'accelerazione di picco  $a_{max}$  attesa nel volume significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove:

- $\alpha$  è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 NTC 2018);
- $\beta$  è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 NTC 2018).

Nei casi in esame è stato considerato un valore di  $\beta$  relativo a  $u_s=0.005 \cdot H$ , con H altezza complessiva della paratia.

La componente verticale dell'accelerazione è stata considerata nulla ( $a_v=0$ ).

L'accelerazione massima orizzontale  $a_{max}$  è stata valutata come:

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

Sono stati inoltre trascurati gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la paratia.

Per la definizione dell'azione sismica si rimanda al paragrafo 7.5.

### 6.3 STABILITÀ GLOBALE

Per la valutazione della superficie di scorrimento critica (ed in generale di tutte le superfici di scorrimento) è stato utilizzato il metodo di Bishop.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi SLV, ai fini della valutazione dell'azione sismica, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_h = k_h \cdot W \quad \text{ed} \quad F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$  pari rispettivamente ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b></p> <p><b>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni</b></p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL IV0200 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>14 di 38</p>

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max}/g \text{ e } k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

in cui:

$\beta_s$ : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

g: accelerazione di gravità.

Il valore di  $\beta_s$  è assunto pari a 0.38 coerentemente con quanto indicato al punto 7.11.4 delle NTC 2018.

#### 6.4 VERIFICHE GEOTECNICHE SLE

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione [6.2.7] delle NTC 2018:

$$E_d \leq C_d$$

essendo  $E_d$  e  $C_d$  rispettivamente il valore di progetto dell'effetto delle azioni e il prescritto valore limite dell' effetto delle azioni (spostamenti, rotazioni, distorsioni, ecc.).

In particolare, devono essere valutati gli spostamenti delle opere di sostegno e del terreno circostante per verificarne la compatibilità con la funzionalità delle opere stesse e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

#### 6.5 VERIFICHE STRUTTURALI SLU

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo = 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre = 1.15.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio.



**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	16 di 38

a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite specifiche RFI (Manuale di Progettazione delle Opere Civili - parte II - sezione 2- Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara). Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 delle NTC 2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione Caratteristica (Rara)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

## 7 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulle strutture in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b></p> <p>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL IV0200 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>17 di 38</p>

Tutti i carichi elementari si riferiscono all'unità di sviluppo dell'opera, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

## 7.1 CARICHI PERMANENTI

### 7.1.1 Spinta del terreno statica

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo Paratie Plus v. 20, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra il terreno e la struttura deformabile, a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , il coefficiente di spinta attiva  $K_A$  e il coefficiente di spinta passiva  $K_P$ .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$$

$K_0$  dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace  $\phi'$  e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} (OCR)^m$$

dove:

$$K_0^{NC} = 1 - \sin \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ( $OCR=1$ ).  $OCR$  è il grado di sovraconsolidazione e  $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7. Ladd et al. (1977), Jamiolkowski et al. (1979) forniscono valori di  $m$  per argille italiane.

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete liscia, da:

$$K_A = \tan^2(45^\circ - \phi' / 2)$$

$$K_P = \tan^2(45^\circ + \phi' / 2)$$

Attraverso valori opportuni di  $K_A$  e  $K_P$  si può tener conto dell'angolo di attrito  $\delta$  tra paratia e terreno e della pendenza del terreno a monte ed entro la luce di scavo; si possono usare a questo scopo i valori desunti da NAVFAC (1986) o quelle elaborate da Caquot e Kerisel (1948)

**OPERE MINORI**

Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	18 di 38

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da

$$\sigma'_A = K_A \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_A}$$

$$\sigma'_P = K_P \sigma'_v + 2c' \sqrt{K_P}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente.  $c'$  è la coesione drenata del terreno. Nel caso in cui si voglia tenere conto dell'adesione a tra parete e terreno, i limiti attivo e passivo si modificano come segue.

$$\sigma'_A = K_A \sigma'_v - c' K_{ac} \text{ con } K_{ac} = 2\sqrt{K_A(1 + a/c')} \leq 2.56\sqrt{K_A}$$

$$\sigma'_P = K_P \sigma'_v + c' K_{pc} \text{ con } K_{pc} = 2\sqrt{K_P(1 + a/c')} \leq 2.56\sqrt{K_P}$$

Nei casi in esame si è assunto  $\delta$ , angolo di attrito terreno/struttura, pari a  $1/2\phi'$ , dove  $\phi'$  è l'angolo di attrito del terreno naturale.

## 7.2 SOVRACCARICO PERMANENTE A TERGO

Si considera un sovraccarico permanente a tergo dell'opera dovuto al peso del rinterro e del pacchetto stradale al di sopra del cordolo pari a  $g = \gamma \cdot h = 18 \text{ kN/m}^3 \cdot 1.1 \text{ m} = 20 \text{ kN/m}^2$ .

## 7.3 CARICHI ACCIDENTALI

A tergo dell'opera si considera un sovraccarico accidentale pari a  $q = 5 \text{ kPa}$  dovuto alla folla compatta.

## 7.4 CARICHI DOVUTI ALLA PASSERELLA IN CONDIZIONI STATICHE

Tabella 7-1 – Scarichi passerella.

		F1	F2	F3	Joint	OutputCase
		KN	KN	KN	Text	Text
<b>F3</b>	<b>max</b>	0.0	0.0	<b>340.3</b>	5	A1_3
<b>F3</b>	<b>min</b>	-55.0	-16.1	<b>93.4</b>	5	SISMA_4
<b>F2</b>	<b>max</b>	73.0	<b>52.0</b>	96.7	5	SISMA_9

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	19 di 38

<b>F2</b>	<b>min</b>	-54.4	<b>-55.3</b>	156.1	5	A1_2
<b>F1</b>	<b>max</b>	<b>73.2</b>	0.0	96.7	6	SISMA_9
<b>F1</b>	<b>min</b>	<b>-73.2</b>	0.0	93.4	6	SISMA_9

Come riportato in Tabella 7-1 gli scarichi massimi agli SLU sul singolo appoggio, in termini di taglio in direzione trasversale e sforzo assiale, sono pari a:

$$N_{\max,SLU} = 340.3 \text{ kN}$$

$$T_{\max,SLU} = 54.4 \text{ kN}$$

Pertanto considerando la presenza di  $n = 2$  appoggi sulla paratia agiscono complessivamente i seguenti carichi:

$$N_{\max,SLU,TOT} = N_{\max,SLU} * n = 340.3 * 2 = 680.6 \text{ kN}$$

$$T_{\max,SLU,TOT} = T_{\max,SLU} * n = 54.4 * 2 = 108.8 \text{ kN}$$

Considerando che tali carichi si distribuiscano su una lunghezza pari alla distanza tra gli appoggi ( $d_a = 4.3 \text{ m}$ ) e tenendo presente dell'eccentricità ( $e = 1.05 \text{ m}$ ) tra l'asse degli appoggi e il baricentro dei pali, a estradosso cordolo si ha:

$$N_{\max,SLU,TOT/m} = N_{\max,SLU,TOT} / d_a = 680.6 \text{ kN} / 4.3 \text{ m} = 158.30 \text{ kN/m}$$

$$T_{\max,SLU,TOT/m} = T_{\max,SLU,TOT} / d_a = 108.8 \text{ kN} / 4.3 \text{ m} = 25.30 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max,SLU,TOT/m} = N_{\max,SLU,TOT/m} * e = 158.30 \text{ kN/m} * 1.05 \text{ m} = 166.20 \text{ kNm/m}$$

Nel modello di calcolo in condizioni statiche si considerano quindi agenti in testa alla paratia i seguenti carichi:

$$T_{p,SLU} = T_{\max,SLU,TOT/m} = 25.30 \text{ kN/m}$$

$$M_{p,SLU} = M_{\max,SLU,TOT/m} = 166.20 \text{ kNm/m}$$

$$T_{p,SLU} = T_{p,SLU} / \gamma_A = 19.46 \text{ kN/m}$$

$$M_{p,SLU} = M_{p,SLU} / \gamma_A = 127.84 \text{ kNm/m}$$

## 7.5 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo. L'analisi sismica è stata svolta considerando una vita nominale:

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b></p> <p>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IR0B</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D10</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CL IV0200 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>20 di 38</p>

Vita nominale dell'opera:  $V_N=50$  anni

Classe d'uso dell'opera: II ( $C_U=1.0$ )

Periodo di riferimento dell'opera:  $V_R= V_N \cdot C_U = 50$  anni

I parametri allo SLV per il sito in esame risultano:

Long: 12.322536; Lat: 43.093874

Categoria di sottosuolo = B

Categoria topografica =T1

L'accelerazione massima orizzontale  $a_{max}$  allo SLV risulta:

$a_{max}=S a_g= S_S S_T a_g = 0.209g$

con:

coefficiente di amplificazione topografica  $S_T =1.00$

coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_S = 1.20$

accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido, nella condizione di SLV,  $a_g = 0.174g$ .

### 7.5.1 Spinta del terreno in condizioni sismiche

L'effetto del sisma sulle paratie a sbalzo è ottenuto applicando la spinta del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione triangolare:

$$\Delta S_E = \left[ \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right]$$

dove  $\gamma$  rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce,  $H$  rappresenta il dislivello tra quota piano campagna e quota fondo scavo,  $K_{aE}$  e  $K_a$  , rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

### 7.6 CARICHI DOVUTI ALLA PASSERELLA IN CONDIZIONI SISMICHE

In analogia a quanto fatto al paragrafo 7.4 in condizioni sismiche sono stati considerati i seguenti carichi.

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	21 di 38

Come riportato in Tabella 7-1 gli scarichi massimi allo SLV sul singolo appoggio, in termini di taglio in direzione trasversale e sforzo assiale, sono pari a:

$$N_{\max,SLV} = 143.6 \text{ kN}$$

$$T_{\max,SLV} = 73.2 \text{ kN}$$

Pertanto considerando la presenza di  $n = 2$  appoggi sulla paratia agiscono complessivamente i seguenti carichi:

$$N_{\max,SLU,TOT} = N_{\max,SLU} * n = 143.6 * 2 = 287.2 \text{ kN}$$

$$T_{\max,SLU,TOT} = T_{\max,SLU} * n = 73.2 * 2 = 146.4 \text{ kN}$$

Considerando che tali carichi si distribuiscano su una lunghezza pari alla distanza tra gli appoggi ( $d_a = 4.3 \text{ m}$ ) e tenendo presente dell'eccentricità ( $e = 1.05 \text{ m}$ ) tra l'asse degli appoggi e il baricentro dei pali, a estradosso cordolo si ha:

$$N_{\max,SLU,TOT/m} = N_{\max,SLU,TOT} / d_a = 287.2 \text{ kN} / 4.3 \text{ m} = 66.79 \text{ kN/m}$$

$$T_{\max,SLU,TOT/m} = T_{\max,SLU,TOT} / d_a = 146.4 \text{ kN} / 4.3 \text{ m} = 34.05 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max,SLU,TOT/m} = N_{\max,SLU,TOT/m} * e = 66.79 \text{ kN/m} * 1.05 \text{ m} = 70.13 \text{ kNm/m}$$

Nel modello di calcolo in condizioni sismiche si considerano quindi agenti in testa alla paratia i seguenti carichi:

$$T_{p,SLV} = T_{\max,SLV,TOT/m} = 34.05 \text{ kN/m}$$

$$M_{p,SLV} = M_{\max,SLV,TOT/m} = 70.13 \text{ kNm/m}$$

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b> <b>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e</b> <b>fondazioni</b></p>	<p>COMMESSA IR0B</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO CL IV0200 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 22 di 38</p>

## 7.7 COMBINAZIONI DI CALCOLO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.3 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b> <b>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e</b> <b>fondazioni</b></p>	<p>COMMESSA IR0B</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO CL IV0200 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 23 di 38</p>

## 8 PROGETTO E VERIFICA

### 8.1 DATI DI INPUT

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche dell'opera adottate nelle analisi.

**Tabella 8-1 - Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo.**

Tipologia struttura di sostegno	due file di pali $\phi 1200$ ad interasse 1.40 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 25.3$ m (1.30 m cordolo + 24.0 m palo)
Altezza di scavo H (da estradosso cordolo)	variabile nelle varie fasi di analisi
Altezza di scavo di calcolo (NTC18 § 6.5.2.2) $H_{cal} = H + \min [0.5 \text{ m} ; 10\%H_{scavo}]$	variabile nelle varie fasi di analisi
Inclinazione del piano campagna a monte	0.0°
Inclinazione del piano campagna a valle	0.0°
Sovraccarichi permanenti a monte	$g = 20$ kPa
Sovraccarichi accidentali a monte	$q = 5$ kPa
Sovraccarichi in testa statici	$T = 19.46$ kN/m $M = 127.84$ kNm/m
Sovraccarichi in testa sismici	$T = 34.05$ kN/m $M = 70.13$ kNm/m

Lo stato tenso-deformativo dei pali è stato investigato mediante il software di calcolo PARATIE PLUS, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili.

Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di parete di larghezza unitaria. La realizzazione dello scavo sostenuto da paratie è seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una quota di scavo, da un insieme di puntoni e tiranti applicati e da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

La paratia è stata modellata con un diaframma di profondità 25.3 m (pali + cordolo) e larghezza 1.20 m così da avere una rigidezza pari a quella della doppia fila di pali.

D=	1.2	m	diametro palo
A=	1.13	m <sup>2</sup>	area sezione
J=	0.10	m <sup>4</sup>	inerzia sezione
i=	1.4	m	interasse pali
n=	2	-	numero file
$s = (12 \cdot n \cdot J / i)^{(1/3)}$	1.20	m	spessore equivalente

**OPERE MINORI**

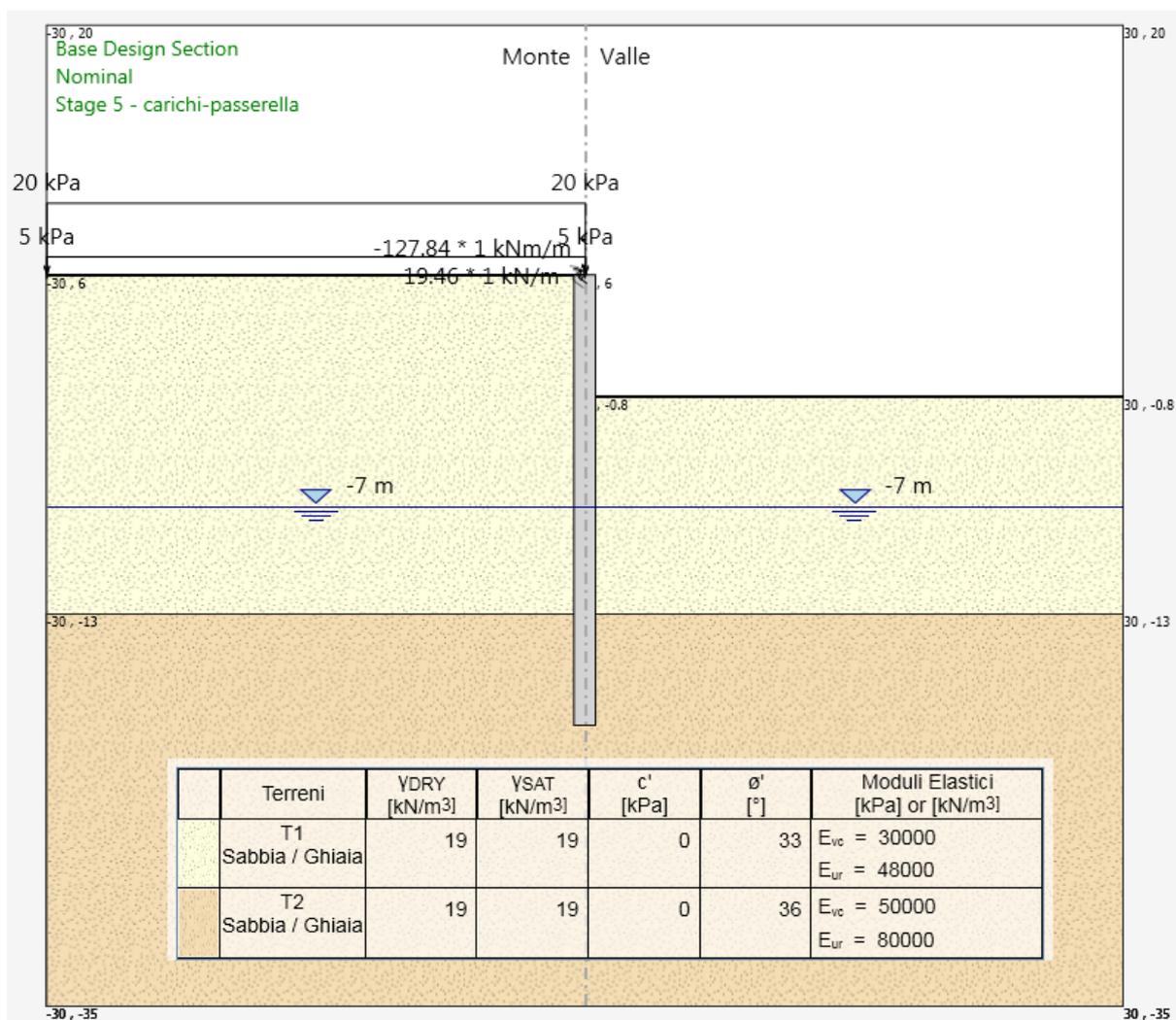
Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	24 di 38

## 8.2 FASI DI CALCOLO

Nel programma di calcolo Paratie Plus sono state implementate le seguenti fasi di calcolo:

- 1) Stato attuale
- 2) Realizzazione della paratia (quota estradosso cordolo +6.0 m)
- 3) Scavo fino a quota -1.1 m (altezza di scavo di calcolo 7.6 m)
- 4) Posa super compattato (altezza di scavo di calcolo 7.3 m) e applicazione sovraccarico permanente a monte (g= 20 kPa)
- 5) Applicazione carichi derivanti dalla passerella e sovraccarico accidentale a monte (g= 20 kPa; q = 5 kPa; M = 127.84= kNm/m; T= 19.46 kN/m). In questa fase si considera l'altezza di scavo reale pari cioè a 6.8 m.
- 6) Applicazione azione sismica e carichi derivanti dalla passerella in condizioni sismiche. g= 20 kPa; M = 70.13 kNm/m; T= 34.05 kN/m)



**Figura 8-1 – Schema di calcolo paratia fase 5.**

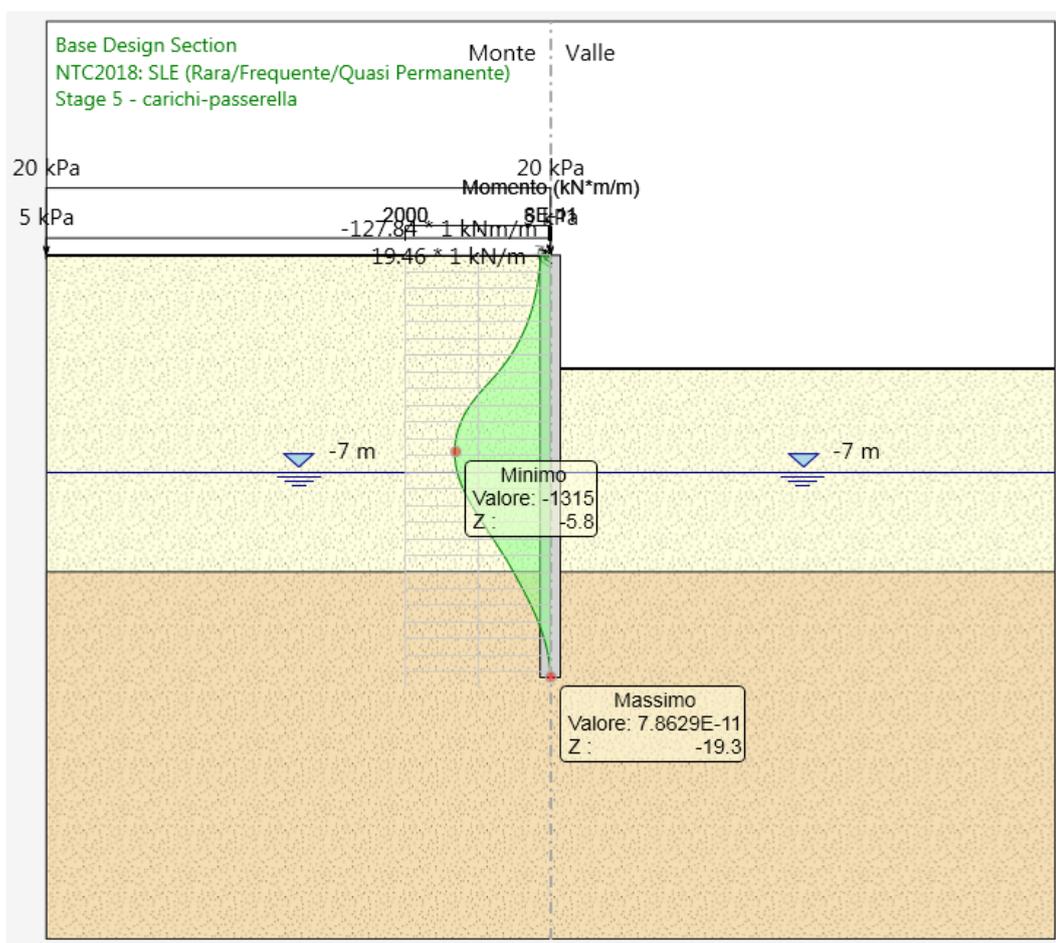
**OPERE MINORI**

Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	25 di 38

### 8.3 RISULTATI DELLE ANALISI

A seguire si riportano i diagrammi del momento flettente e del taglio ottenuti dalle analisi, con particolare riferimento agli andamenti riferiti alle fasi di maggior interesse, da cui sono stati estratti i valori massimi per le verifiche strutturali di cui al paragrafo 8.5.

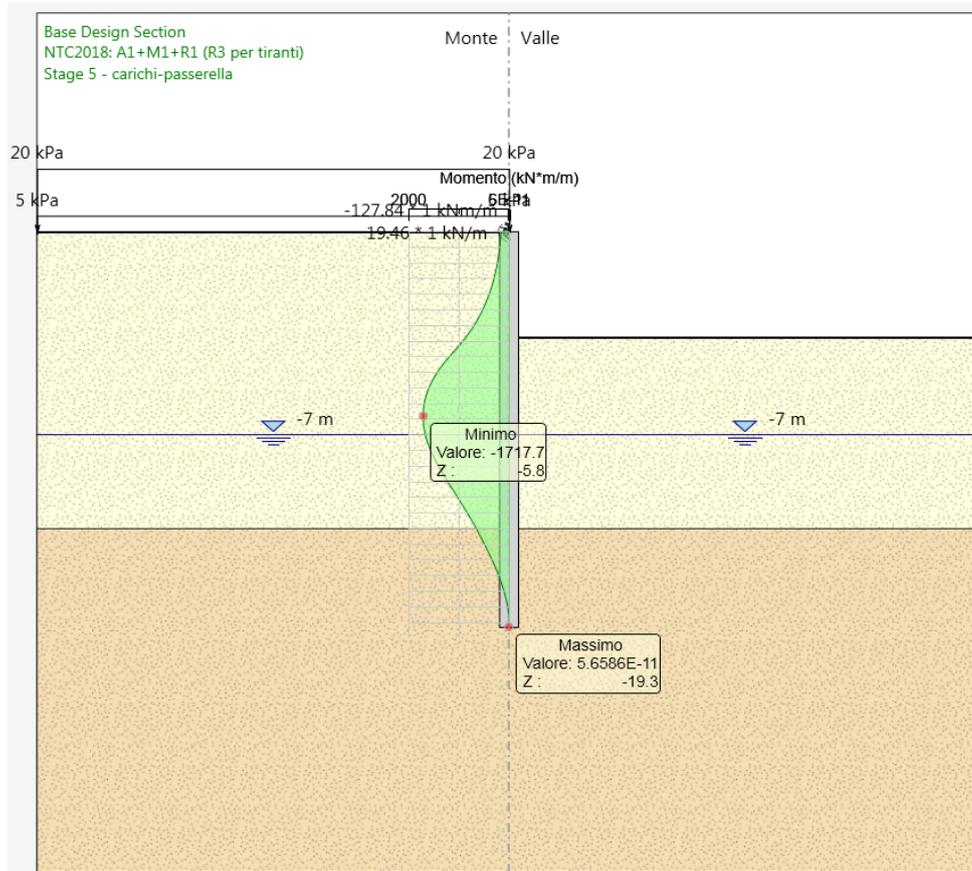


**Figura 8-2 – Momento SLE.**

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e**  
**fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	26 di 38



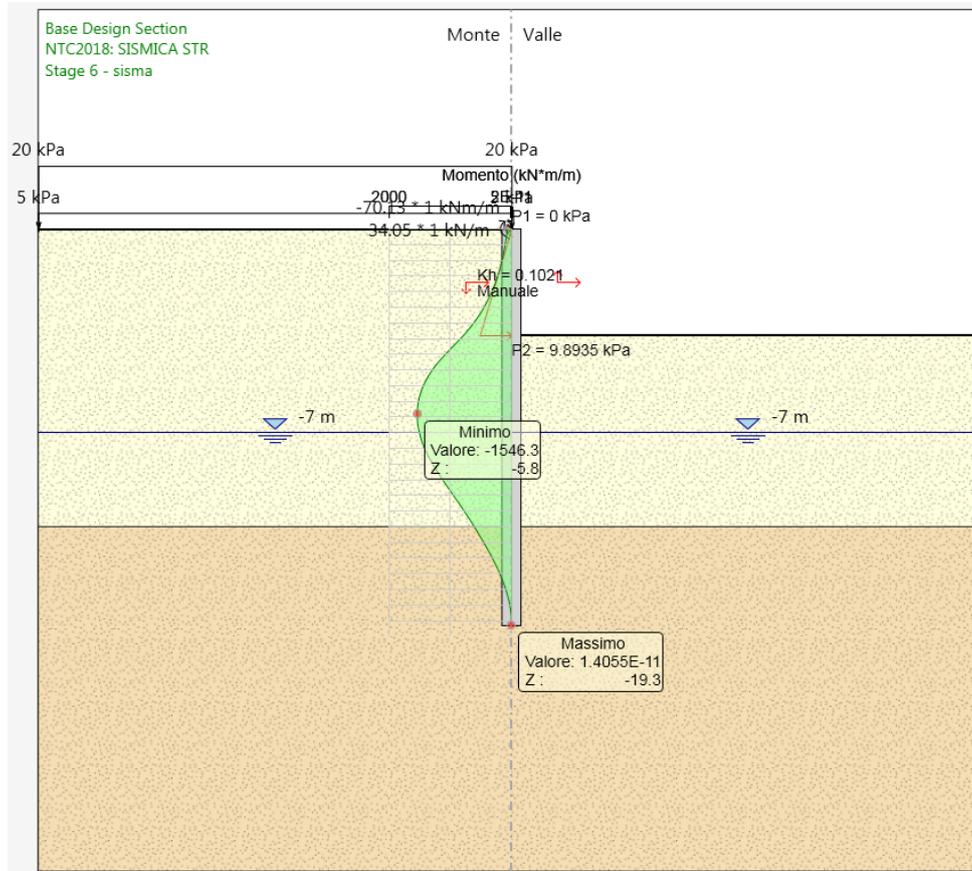
**Figura 8-3 – Momento SLU.**



**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e**  
**fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	28 di 38

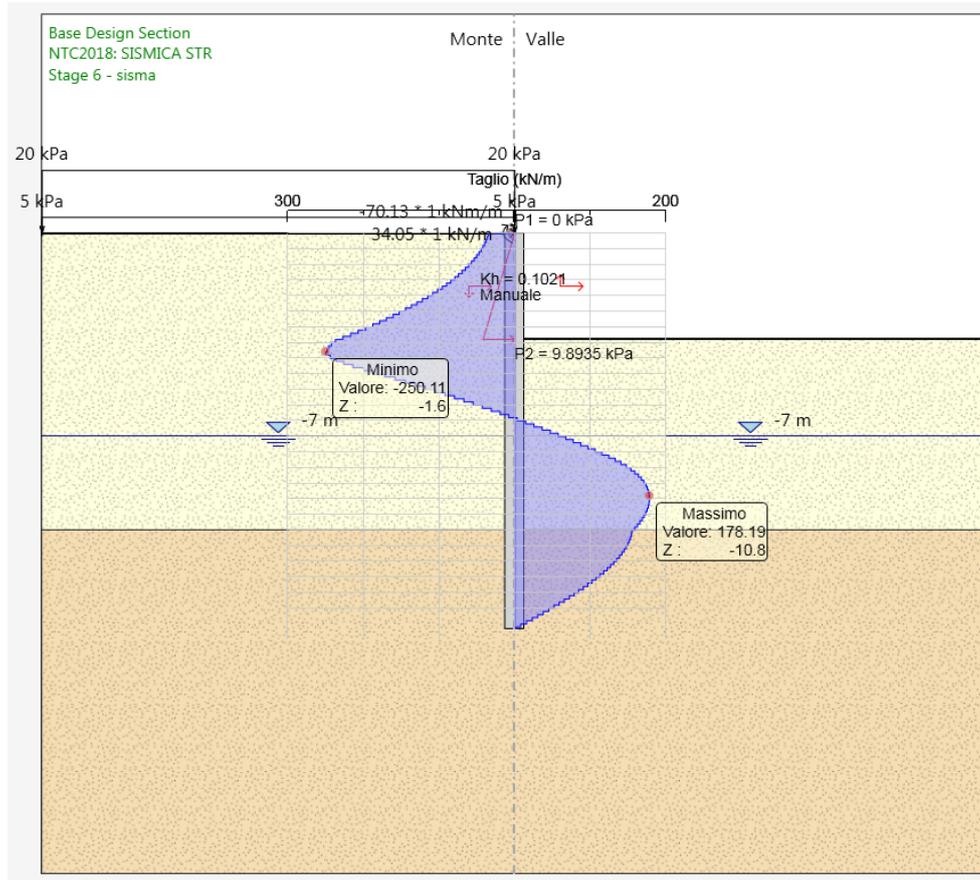


**Figura 8-5 – Momento SLV.**

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e**  
**fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	29 di 38



**Figura 8-6 – Taglio SLV.**

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA FOLIGNO-TERONTOLA</b> <b>INTERVENTI DI SEMPLIFICAZIONE E VELOCIZZAZIONE SUL</b> <b>PRG DELLA STAZIONE DI ELLERA</b></p>					
<p><b>OPERE MINORI</b> <b>Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e</b> <b>fondazioni</b></p>	<p>COMMESSA IR0B</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D10</p>	<p>DOCUMENTO CL IV0200 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 30 di 38</p>

## 8.4 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 8.4.1 Verifica a capacità portante

Come ripostato al paragrafo 7.4 lo sforzo assiale massimo proveniente dalla passerella è pari a  $N_{\max,SLU,TOT} = 680.6$  kN. Tenendo conto dell'eccentricità tra l'asse degli appoggi e il baricentro dei pali si ha  $M_{\max,SLU,TOT} = N_{\max,SLU,TOT} * e = 680.6 * 2 = 714.63$  kNm.

E quindi lo sforzo assiale in testa al palo più sollecitato è pari a

$$N = N_{\max,SLU,TOT} / n + M_{\max,SLU,TOT} * x / \sum x_i^2 = 680.6 \text{ kN} / 8 + 714.63 \text{ kNm} * 0.8 \text{ m} / 5.12 \text{ m}^2 = 196.74 \text{ kN}$$

A questo si aggiunge il peso proprio del palo stesso e del cordolo su di esso gravante per cui risulta:

$$N_{Ed} = N + \gamma_{A1} * W_{pp} = 196.74 \text{ kN} + 1.3 * 755.35 \text{ kN} = 1179.45 \text{ kN}$$

con:

$$W_{pp} = \gamma_{cls} * (A_p * L_p + s_c * L_c / 2 * i) = 25 \text{ kN/m}^3 * (1.13 \text{ m}^2 * 24 \text{ m} + 1.3 \text{ m} * 3.4 / 2 \text{ m} * 1.4 \text{ m}) = 755.93 \text{ kN}$$

dove:

$A_p$  = area palo;

$L_p$  = lunghezza palo;

$s_c$  = spessore cordolo;

$L_c$  = lunghezza cordolo;

$i$  = interasse pali in direzione longitudinale.

Trascurando cautelativamente il contributo della resistenza laterale, e quindi considerando che il palo lavori solo per punta si ha:

$$R_{cal} = Q_b = q_b * A_p = \sigma'_v * N_q * A_p$$

dove:

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace alla base del palo;

$N_q$  = fattore di capacità portante valutato come da Raccomandazioni AGI.

Nel caso in esame considerando che la testa del palo si trovi a -17.0 m da p.c. e che la falda sia a -5.0 m da p.c., dove per piano campagna si intende la quota di fondo scavo, si ha:

$$\sigma'_v = \gamma_t * z_p - \gamma_w * (z_p - z_w) = 203 \text{ kPa}$$

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	31 di 38

$$N_q = 13.59$$

$$R_{cal} = 3120.1 \text{ kN}$$

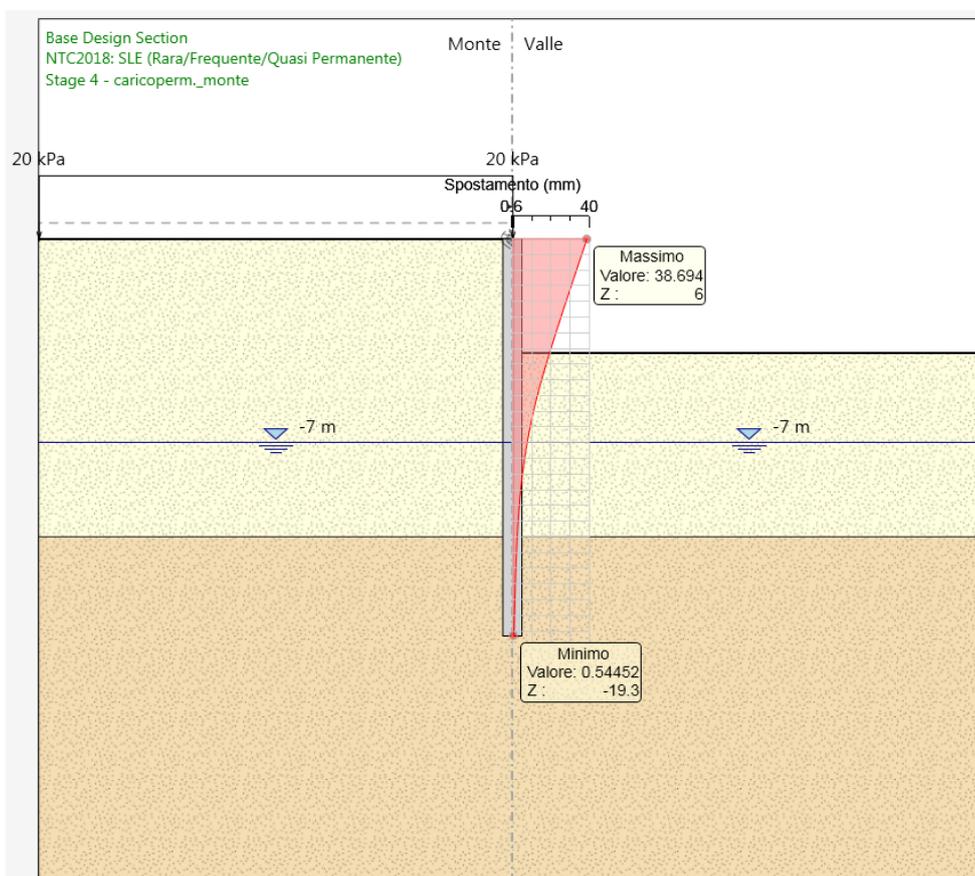
Considerando  $\xi = 1.7$  e  $\gamma_R = 1.35$  la resistenza di progetto è pari a:

$$R_{cal} = R_{cal} / \xi / \gamma_R = 1359.5 \text{ kN}$$

Essendo  $E_d < R_d$  la verifica risulta soddisfatta.

### 8.4.2 Verifiche SLE

A seguire gli spostamenti della paratia nella fase in cui è stata simulata la messa in opera della passerella e nella fase immediatamente precedente. La presenza della passerella e dei relativi carichi comporta un incremento di spostamento in testa alla paratia di  $\delta = 4.7 - 3.9 = 0.8$  cm. La deformata dell'opera risulta quindi compatibile con la funzionalità dell'opera stessa e della passerella.

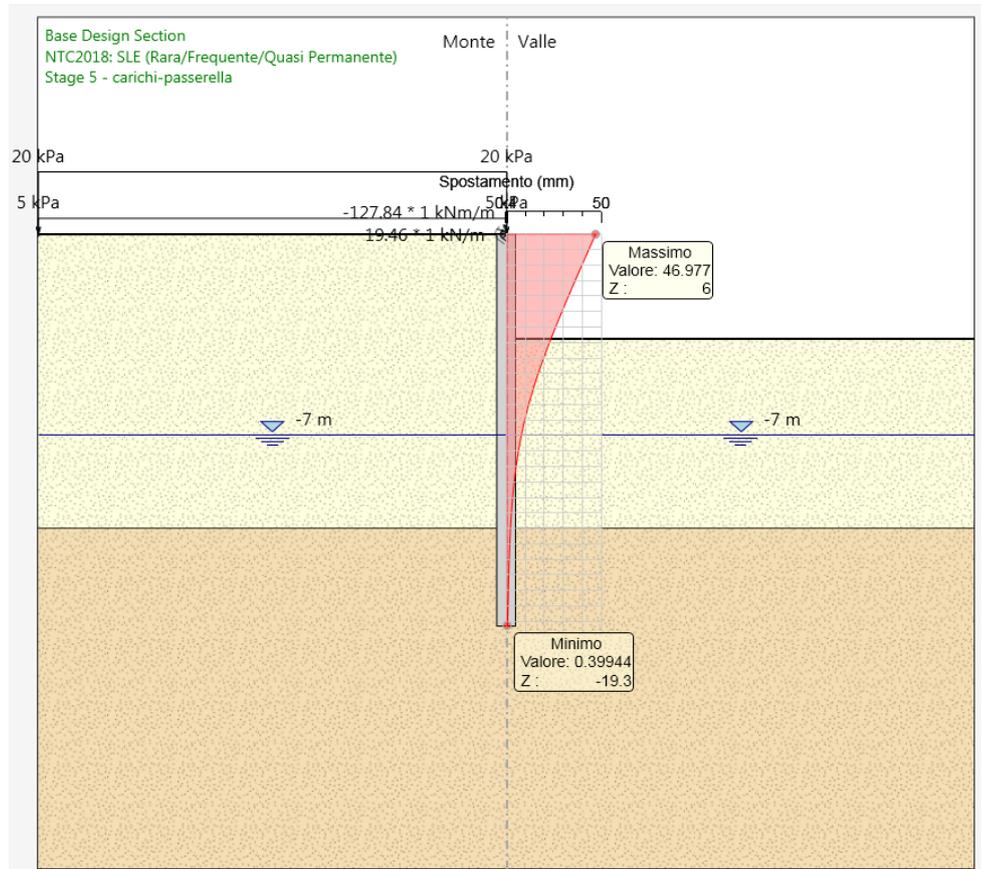


**Figura 8-7 – Deformata dell'opera di sostegno in fase 4.**

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e**  
**fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	32 di 38



**Figura 8-8 – Deformata dell'opera di sostegno in fase 5.**

Sulla base di tali risultati sono dimensionati i giunti e l'escursione degli appoggi mobili della passerella:

Ampiezza massima giunto =  $3.9 + 3.9 = 7.8$  cm approssimato a 8 cm

Escursione massima giunto =  $4.7 + 4.7 = 9.4$  cm approssimato a 10 cm

Escursione massima appoggi =  $4.7 + 4.7 = 9.4$  cm approssimato a 10 cm

**OPERE MINORI**

Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	33 di 38

### 8.4.3 Verifica di stabilità globale

Nelle figure seguenti sono riportate le possibili superfici di rottura analizzate in condizioni statiche e sismiche e i minimi fattori di sicurezza ottenuti. Tali valori sono superiori ai valori minimi richiesti dalle NTC18 e pertanto la verifica risulta soddisfatta.

FSMIN = 4.35 ≥ 1.1 in condizioni statiche

FSMIN = 3.75 ≥ 1.2 in condizioni sismiche

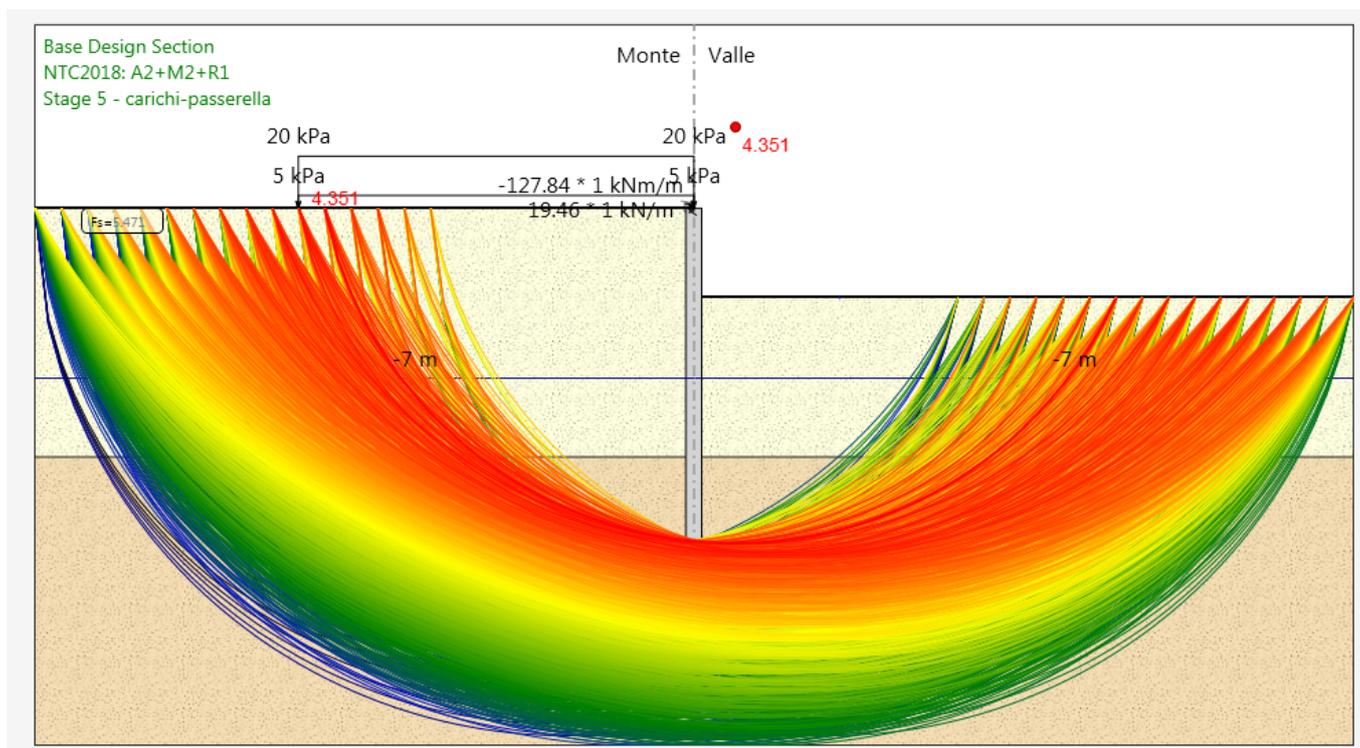
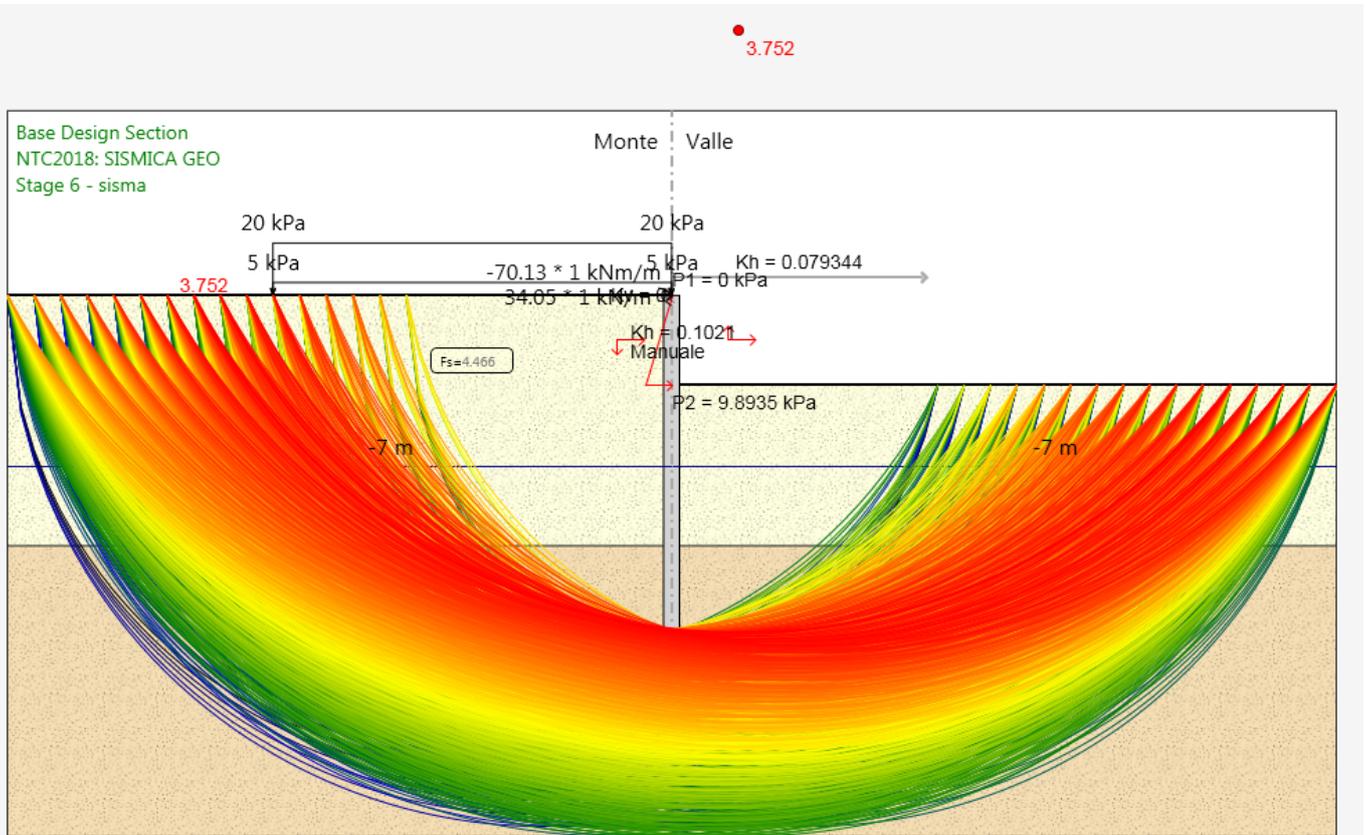


Figura 8-9 – Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno in condizioni statiche.

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e**  
**fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	34 di 38



**Figura 8-10 – Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno in condizioni sismiche.**

**OPERE MINORI**
**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	35 di 38

## 8.5 VERIFICHE STRUTTURALI

Le sollecitazioni sul singolo palo sono state ottenute moltiplicando per l'interasse e dividendo per il numero di file le sollecitazioni derivanti dal modello. Nella verifica a presso-flessione si è considerato il peso proprio del palo valutato alla corrispondente quota di verifica.

**Tabella 8-2 – Riepilogo sollecitazioni.**

	FASE	Sollecitazioni a metro lineare			Sollecitazioni sul singolo palo		
		M (kNm/m)	z (m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
SLE	5	<b>1315.00</b>	-5.8	-	333.64	<b>920.50</b>	-
SLU	5	<b>1717.70</b>	-5.8		333.64	<b>1202.39</b>	
SLU	5	1092.50	-1.6	<b>275.32</b>	214.88	764.75	<b>192.72</b>
SLV	6	<b>1546.30</b>	-5.8		333.64	<b>1082.41</b>	
SLV	6	989.81	-1.6	<b>250.11</b>	214.88	692.87	<b>175.08</b>

Il palo Ø1200 è armato con 36 barre Φ26. L'armatura trasversale è costituita da una spirale Φ12 passo 20 cm.

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

#### NOME FILE SEZIONE:

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

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80 daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750 daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. media a trazione fctm:	26.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	137.50 daN/cm <sup>2</sup>
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	36 di 38

Resist. caratt. rottura flk:	5400.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3375.0	daN/cm <sup>2</sup>

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm  
X centro circ.: 0.0 cm  
Y centro circ.: 0.0 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
 $\emptyset$  Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	$\emptyset$
1	0.0	0.0	50.5	36	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 20.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	33364	120239	0	0	0
2	21488	76475	0	19272	0
3	33364	108241	0	0	0
4	21488	69287	0	17508	0

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

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	33364	92050	0

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	37 di 38

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.2 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	33364	120239	0	33362	324780	0	2.70	191.1(33.9)
2	S	21488	76475	0	21492	321651	0	4.21	191.1(33.9)
3	S	33364	108241	0	33362	324780	0	3.00	191.1(33.9)
4	S	21488	69287	0	21492	321651	0	4.64	191.1(33.9)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00255	0.0	50.5	-0.00752	0.0	-50.5
2	0.00350	0.0	60.0	0.00254	0.0	50.5	-0.00768	0.0	-50.5
3	0.00350	0.0	60.0	0.00255	0.0	50.5	-0.00752	0.0	-50.5
4	0.00350	0.0	60.0	0.00254	0.0	50.5	-0.00768	0.0	-50.5

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

a, b, c	Coeff. a, b, c, nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere $< 0.45$
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000099749	-0.002484963	----	----
2	0.000000000	0.000101186	-0.002571162	----	----
3	0.000000000	0.000099749	-0.002484963	----	----
4	0.000000000	0.000101186	-0.002571162	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [daN] = proiez. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato

**OPERE MINORI**

**Passerella ciclopedonale - relazione di calcolo spalle e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0B	02	D10	CL IV0200 002	A	38 di 38

Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0	319500	36942	94.3  83.5	105.9	1.000	1.021	0.0	11.3(0.0)
2	S	19272	315037	37203	94.8  84.1	104.5	1.000	1.013	5.9	11.3(0.0)
3	S	0	319500	36942	94.3  83.5	105.9	1.000	1.021	0.0	11.3(0.0)
4	S	17508	315037	37203	94.8  84.1	104.5	1.000	1.013	5.3	11.3(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm<sup>2</sup>]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	62.1	0.0	0.0	-1402	0.0	-50.5	1756	47.8

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00080	0	0.500	26.0	82	0.00042 (0.00042)	441	0.186 (0.20)	63705	0

## 9 INCIDENZE

### SPALLE PASSERELLA

Pali Ø1200: 160 kg/m<sup>3</sup>

Cordolo: 100 kg/m<sup>3</sup>