



# ANAS S.p.A.

Direzione Centrale Programmazione Progettazione

## CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO–NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO –CALTANISSETTA–A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

### PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

ATI:  
TECHNITAL s.p.a. (mandataria)  
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.  
DELTA Ingegneria s.r.l.  
INFRATEC s.r.l Consulting Engineering  
PROGIN s.p.a.

I RESPONSABILI DI PROGETTO

*Dott. Ing. M. Raccosta*  
Ordine Ing. Verona n° A1665  
*Prof. Ing. A. Bevilacqua*  
Ordine Ing. Palermo n° 4058  
*Dott. Ing. M. Carlino*  
Ordine Ing. Agrigento n° A628  
*Dott. Ing. N. Troccoli*  
Ordine Ing. Potenza n° 836  
*Dott. Ing. S. Esposito*  
Ordine Ing. Roma n° 20837

IL GEOLOGO

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE

*Dott. Ing. M. Raccosta*

VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi*

VISTO: IL RESPONSABILE DEL  
SERVIZIO PROGETTAZIONE

*Dott. Ing. Antonio Valente*

DATA

PROTOCOLLO

## OPERE D'ARTE MAGGIORI – PONTI OPERE D'ARTE SU VIABILITA' INTERFERITA CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST Relazione di calcolo Spalle

CODICE PROGETTO

L0407B D 0501

NOME FILE

L0407B-D-0501-S01-VI19-STR-RE02-A.DWG

REVISIONE

A

FOGLIO

01 di 01

SCALA:

VARIE

D

C

B

A

EMISSIONE

Ottobre 2006

P. Polani

F. Arciuli

C. Marro

REV.

DESCRIZIONE

DATA

VERIFICATO  
RESP. TECNICO

CONTROLLATO  
RESP. D'ITINERARIO

APPROVATO  
RESP. DI SETTORE

## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST**

### **RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

#### **INDICE**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VI19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 21	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
3. PARAMETRI GEOTECNICI .....	6
4. ANALISI DEI CARICHI .....	7
4.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA.....	8
4.2. PESO DEL TERRENO A VALLE E A MONTE DELL'OPERA .....	8
4.3. SPINTE DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA.....	8
4.4. SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO STRADALE .....	9
4.5. INCREMENTO DI SPINTA SISMICA DEL TERRENO A TERGO DELLA SPALLA.....	9
4.6. FORZE DI INERZIA DELLA STRUTTURA E DEL TERRENO.....	11
4.7. AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO.....	11
5. COMBINAZIONI DI CARICO.....	12
6. CALCOLO DELLE AZIONI AD INTRADOSSO PLATEA .....	12
7. CALCOLO DELLA PALIFICATA.....	13
8. CALCOLI STRUTTURALI.....	15
8.1. CALCOLO DEL MURO FRONTALE .....	16
8.2. CALCOLO DEL MURO DI RISVOLTO E DEL MURO A BANDIERA.....	17
8.3. CALCOLO DEL PARAGHIAIA .....	18
8.4. CALCOLO DELLA PLATEA DI FONDAZIONE .....	18
8.5. VERIFICHE STRUTTURALI DEL SINGOLO PALO.....	21

## ALLEGATI

- Allegato 1: Azioni agenti sulla platea di fondazione
- Allegato 2: Calcolo della palificata e verifica strutturale del palo
- Allegato 3: Calcolo del muro frontale della spalla
- Allegato 4: Calcolo del muro di risvolto della spalla e del muro a bandiera
- Allegato 5: Calcolo del paraghiaia della spalla
- Allegato 6: Calcolo della platea di fondazione

## 1. PREMESSA

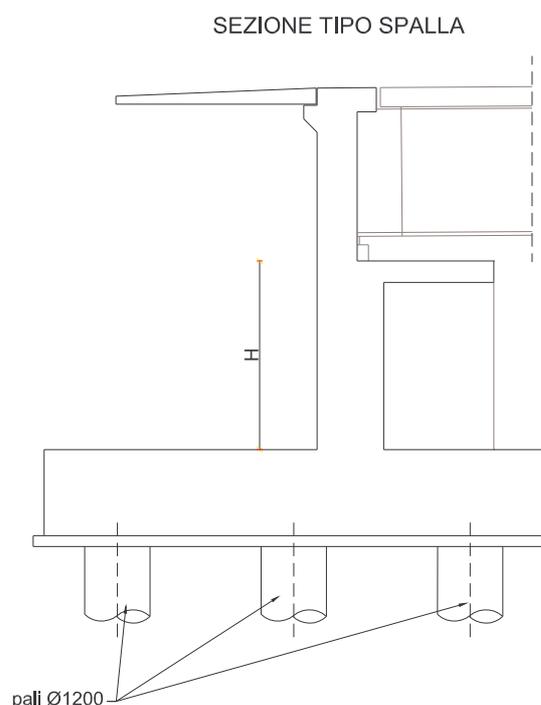
Oggetto della presente relazione sono i calcoli delle spalle del cavalcaferrovia Grotticelle Est sulla viabilità secondaria in affiancamento alla S.S. N° 640 di "Porto Empedocle".

L'impalcato del ponte in esame ha le seguenti caratteristiche:

- Impalcato in acciaio-clt della larghezza di 10.00m realizzato con 2 travi ad I composta da elementi saldati di altezza 2.40m poggianti su due appoggi del tipo PTFE.
- 1 carreggiata a 2 corsie di 2.75m ciascuna e banchine di 0.75m;
- 2 cordoli laterali da 1.50m su cui vengono fissate le barriere di sicurezza ed le reti metalliche paramassi.

Le spalle sono fondate su una platea a pianta rettangolare poggianti su pali Ø1200 di lunghezza diversa per ciascuna spalla, in relazione alla tipologia (fissa o mobile) e all'altezza della stessa (vedi capitolo 3).

L'elevazione della spalla è costituita da un muro frontale avente altezza di 4.50m per la spalla S1 e 5.50m per la spalla S2 e dimensioni in pianta di 12.00x1.00m. Inoltre vengono realizzati in corrispondenza degli appoggi degli speroni lato valle di altezza pari al paramento e di dimensioni in pianta 2.02x1.60m:

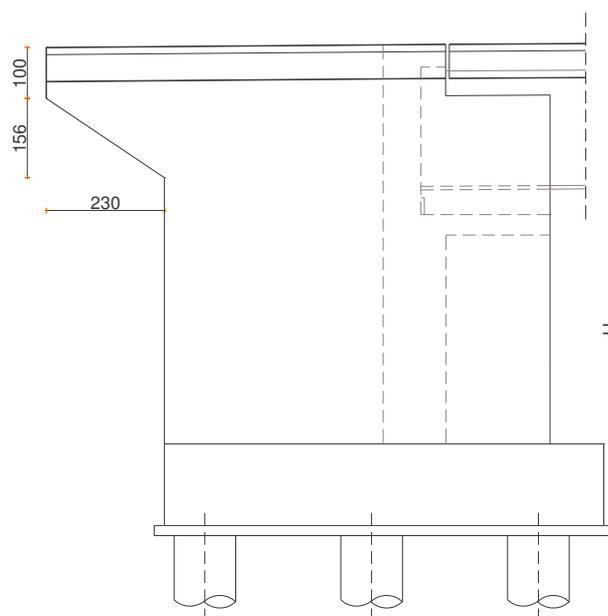


Il paraghiaia, dello spessore di 0.60m ed altezza media di 2.80m, presenta a monte una mensola di larghezza 0.20m per sostenere la soletta di transizione e in testa una mensola portagiunto di dimensioni 0.45x0.89m necessaria al raccordo della soletta dell'impalcato.

Ciascuna spalla presenta due muri di risvolto con spessore del paramento variabile lungo l'altezza a partire da una dimensione minima in sommità di 0.33m ed inclinazione della parete interna di 1/10. In tutti i muri suddetti è presente un cordolo in c.a. di dimensioni trasversali 0.45x1.50m sul quale è posto un parapetto metallico di protezione.

Nella spalla fissa S1 è prevista la realizzazione di un muro a bandiera (orecchia) in proseguo del muro di risvolto lato valle:

VISTA MURO DI RISVOLTO E A BANDIERA



L'orecchia, come il relativo muro di risvolto, ha spessore variabile lungo l'altezza a partire da una dimensione minima in sommità di 0.33m ed inclinazione della parete interna di 1/10, per una altezza di 1.00m e larghezza massima di 2.30m.

In sommità al muro è previsto, in continuità con quello del muro di risvolto, un cordolo in c.a. di dimensioni trasversali 0.45x1.50m sul quale è posto un parapetto metallico di protezione.

Nello specifico sono previste le seguenti spalle:

N°	Descrizione	Progr. (km)	Tipologia	Tipo di fondazione	H muro (m)
1	Spalla S1	0+581.316	Fissa	Indiretta	4.50
2	Spalla S2	0+626.536	Mobile	Indiretta	5.50

Per la realizzazione di tali opere si prevede l'utilizzo di calcestruzzo Rck 30 MPa ed armatura di rinforzo in barre ad aderenza migliorata Fe B 44K.

La presente relazione si sviluppa dapprima con una descrizione dei parametri geotecnici e dei carichi, in condizioni statiche e sismiche, utilizzati per il calcolo delle opere.

Successivamente vengono calcolate le azioni risultanti all'intradosso della platea di fondazione e quindi gravanti sulla palificata, da cui viene dimensionata la stessa in termini di diametro, lunghezza e disposizione dei pali.

Infine per ciascun elemento strutturale costituente la spalla, vengono eseguite le varie verifiche strutturali agli S.L.U. e, in certi casi, allo S.L. di fessurazione.

In allegato alla relazione sono riportati tutti i tabulati di calcolo delle spalle oggetto di analisi.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (Legge 2/2/74 n. 64, D.M. 3/3/75, D.M. 21/1/1981 e D.M. 16/01/96).
- Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi (D.M. 12/2/82 e D.M. 16/01/96).
- Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e strutture metalliche (Legge 5/11/71, n.1086, D.M. 27/7/85 e D.M. 16/01/96).
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni 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 (D.M. 11/3/88).

- Eurocodice 2
- D.M. 04/05/90 per carichi stradali

### 3. PARAMETRI GEOTECNICI

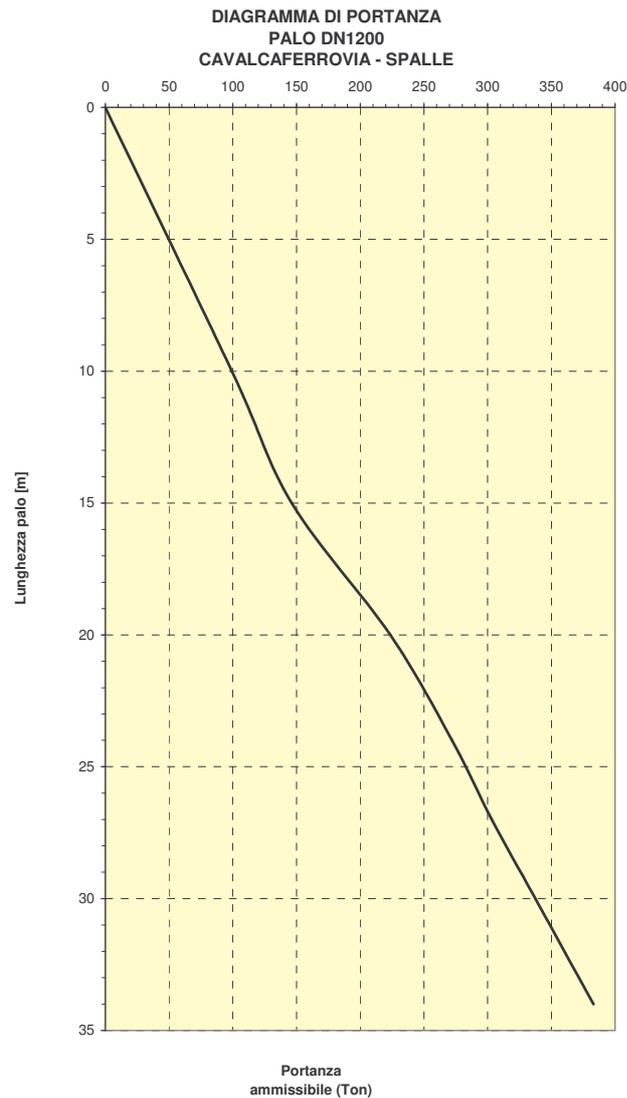
I parametri geotecnici si riferiscono al rilevato stradale disposto a tergo della spalla, il quale esercita un'azione spingente sulla stessa.

In sede di calcolo sono stati assunti i seguenti parametri geotecnici del rilevato stradale:

- angolo di attrito interno  $\varphi' = 32^\circ$
- peso dell'unità di volume  $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$
- coesione drenata  $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$

I terreni di fondazione, come descritto nella relazione geotecnica allegata al progetto, sono di tipo coesivo per cui si prevede la realizzazione di platee di fondazioni su pali in c.a.

Per effettuare il dimensionamento della palificata di fondazione si utilizza il diagramma di portanza individuato nella suddetta relazione geotecnica, qui di seguito riportato:



Mediante tale diagramma, individuate le azioni agenti su ciascun palo della palificata in esame, è possibile stimare la lunghezza del palo necessario al soddisfacimento della verifica di capacità portante dello stesso.

#### 4. ANALISI DEI CARICHI

Il calcolo è stato condotto sia per combinazioni statiche che sismiche, tenendo conto delle seguenti azioni agenti sull'opera:

- peso proprio della struttura;
- peso del terreno a monte e a valle dell'opera;
- spinte del terreno a monte della spalla;
- spinta dovute al sovraccarico stradale a tergo della spalla;

- incremento di spinta sismica del terreno a tergo della spalla;
- forze di inerzia della struttura e del terreno solidale con l'opera;
- azioni trasmesse dall'impalcato.

Le azioni suddette vengono di seguito esplicitate.

#### 4.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

Il peso dei vari elementi strutturali della spalla sono stati calcolati considerando un peso specifico del calcestruzzo armato di  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

#### 4.2. PESO DEL TERRENO A VALLE E A MONTE DELL'OPERA

Il terreno preso in considerazione è il terreno gravante sulla platea di fondazione a monte e a valle del muro frontale della spalla.

Tale terreno è costituito dal rilevato stradale, il cui peso è stato calcolato mediante il peso specifico riportato nel capitolo precedente, per un valore pari a  $\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$ .

#### 4.3. SPINTE DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA

L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla dipendono sostanzialmente dallo spostamento relativo che lo stesso può subire; avendo previsto una platea su pali, si può considerare che le deformazioni del terreno siano impedito dalla struttura che non cede in nessun punto, per cui la pressione esercitata è una spinta a riposo espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

$K_0$  rappresenta il coefficiente di spinta a riposo di Coulomb che vale:

$$K_0 = 1 - \text{sen} \varphi$$

dove  $\varphi$  è l'angolo di attrito interno del terreno.

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

Il diagramma delle pressioni del terreno sulla parete risulta triangolare con il vertice in alto. Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della platea).

Nel caso specifico nel calcolo delle spinte sono stati utilizzati i seguenti valori:

angolo di attrito interno	$\varphi = 32^\circ$
angolo di attrito terra – muro	$\delta = 21.33^\circ$
coefficiente di spinta a riposo	$K_0 = 0.470$

#### 4.4. SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO STRADALE

La presenza di un sovraccarico stradale uniformemente distribuito sul rilevato comporta una ulteriore spinta sulla spalla il cui diagramma delle pressioni risulta costante con la profondità e con punto di applicazione della risultante a metà altezza dell'opera.

Intendendo per  $q$  il sovraccarico per metro lineare di proiezione orizzontale del valore di  $20 \text{ kN/m}^2$ , la spinta vale:

$$S_q = q \cdot H \cdot K_0$$

#### 4.5. INCREMENTO DI SPINTA SISMICA DEL TERRENO A TERGO DELLA SPALLA

In condizioni sismiche l'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla dipendono dall'intensità del sisma, dalla risposta locale del terreno di fondazione, dalla deformabilità dell'opera.

Il D.M. 16/01/96 prescrive il calcolo di un incremento di spinta sismica valutato secondo il metodo di Mononobe-Okabe; tale metodo è basato sull'equilibrio limite globale di un cuneo di terreno soggetto alle forze indotte dal sisma, ipotizzando che l'opera possa subire movimenti tali da produrre nel terreno retrostante un regime di spinta attiva e che il terreno interno al cuneo di spinta si comporta come un corpo rigido, per cui le componenti verticali ed orizzontali dell'azione sismica sono considerate costanti in tutti i punti della massa.

In particolare l'incremento di spinta sismica vale:

$$K_{as} = K' - A \cdot K_a$$

essendo:

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

$A$  = coefficiente di Arrango;

$\beta$  = angolo tra intradosso parete e la verticale

$\vartheta$  = angolo definito come:  $\tan(\vartheta) = \frac{K_h}{(1 - K_v)}$

$K_h = I \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot C$  = coefficiente di intensità sismica orizzontale;

$K_v = 2 \cdot K_h =$  coefficiente di intensità sismica verticale;

$I =$  coefficiente di protezione sismica;

$\beta_1 =$  coefficiente di fondazione;

$\beta_2 =$  coefficiente di struttura;

$C =$  coefficiente di intensità sismica;

$K_a =$  coefficiente di spinta attiva calcolato staticamente, che vale:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \varphi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right)^{0.5} \right]^2}$$

dove  $\varphi$  è l'angolo d'attrito del terreno,  $\beta$  rappresenta l'angolo che la parete forma con la verticale,  $\delta$  è l'angolo d'attrito terra-muro,  $\varepsilon$  è l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale.

$K' =$  coefficiente di spinta attiva calcolato staticamente con

$$\varepsilon' = \varepsilon + \vartheta \quad \beta' = \beta + \vartheta$$

e quindi vale:

se  $\beta \leq \varphi - \vartheta$ :

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta - \vartheta) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon - \vartheta)}{\sin(\varphi - \delta - \vartheta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right)^{0.5} \right]^2}$$

se  $\beta > \varphi - \vartheta$

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \vartheta - \delta)}$$

La pressione ottenuta ha un andamento lineare, con valore zero al piede dell'opera e valore massimo in sommità, con punto di applicazione dell'incremento di spinta ad 2/3 dell'altezza alla base della platea.

Per le analisi in condizioni sismiche delle spalle in oggetto sono stati utilizzati i seguenti valori:

- |  |                    |
|--|--------------------|
| – angolo tra intradosso parete e la verticale          | $\beta = 0;$       |
| – inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale | $\varepsilon = 0;$ |
| – coefficiente di intensità sismica                    | $C = 0.04;$        |
| – coefficiente di fondazione                           | $\beta_1 = 1;$     |
| – coefficiente di struttura                            | $\beta_2 = 1;$     |

- coefficiente di protezione sismica  $I = 1;$
- coefficiente di spinta attiva  $K_a = 0.275;$
- coefficiente di spinta attiva sismico  $K' = 0.302.$

#### 4.6. FORZE DI INERZIA DELLA STRUTTURA E DEL TERRENO

In condizioni sismiche, secondo D.M. 16/01/96, l'opera è soggetta alle forze di inerzia degli elementi strutturali e delle porzioni di terreno solidali con la struttura che valgono:

$$F_{hi} = k_h \cdot W$$

$$F_{vi} = k_v \cdot W$$

essendo  $W$  il peso dell'elemento o della porzione di terreno considerata mentre  $K_v$  e  $K_h$  sono i coefficienti di intensità sismica verticale ed orizzontali descritti nel precedente paragrafo. Tali forze sono applicate nel baricentro delle masse dell'elemento considerato.

#### 4.7. AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Le azioni trasmesse dall'impalcato sono quelle utilizzate nella progettazione dei ponti stradali, secondo il D.M.LL.PP. 04/05/90.

In particolare sono stati considerati:

- peso proprio della struttura ( $q_1$ );
- carichi mobili ( $q_1$ );
- effetto dinamico dei carichi mobili ( $q_2$ );
- azioni longitudinali di frenamento ( $q_3$ );
- azione centrifuga ( $q_4$ );
- azione del vento ( $q_5$ );
- azioni sismiche ( $q_6$ );
- resistenze parassite dei vincoli ( $q_7$ );
- urto di un veicolo in svio ( $q_8$ ).

In particolare vengono considerate nelle analisi le azioni del vento sia in assenza che in presenza di carico mobile (vento scarico e vento carico), le azioni sismiche separatamente nelle direzioni X, Y e Z e la somma dei carichi  $q_1$  e  $q_2$  nella combinazione di sforzo normale massimo e di momento trasversale massimo.

## 5. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico in esercizio utilizzate nelle verifiche geotecniche, sono state definite mediante le combinazioni previste dal D.M.LL.PP. 04/05/1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".

In particolare sono state individuate le combinazioni di seguito riportate:

Combinazioni	A I <sub>1</sub>	A I <sub>2</sub>	A II <sub>1</sub>	A II <sub>2</sub>	A II <sub>3</sub>	A II <sub>4</sub>	A III <sub>1</sub>	A III <sub>2</sub>	A III <sub>3</sub>	A III <sub>4</sub>	A IV <sub>1</sub>	A IV <sub>2</sub>	A IV <sub>3</sub>	A IV <sub>4</sub>	AV Z'/X'	AV Z'/Y'	AV Z'/Y'	AV Z' /X'	AV Z' /Y'	AV Z' /Y'	
g1	Peso proprio struttura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(q1+q2) <sub>Nmax</sub>	Carichi mobili Nmax	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(q1+q2) <sub>Mxmax</sub>	Carichi mobili Mxmax	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
q3	Frenamento	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4	Azione centrifuga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
q5scar.	Azione del vento scarico	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5scar.	Azione del vento carico	0	0	0,4	-0,4	0,4	-0,4	0,2	-0,2	0,2	-0,2	0,2	-0,2	0,2	-0,2	0	0	0	0	0	0
q6	Sismica lungo X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	Sismica lungo Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	1	-1
	Sismica lungo Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1
q7	Attrito appoggi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
q8	Urto	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0	0	0	0	0	0

Le verifiche strutturali sono state condotte allo S.L.u. ottenendo il valore delle azioni agenti moltiplicando per il fattore 1.5 le sollecitazioni ricavate dalle combinazioni di esercizio prima esposte.

## 6. CALCOLO DELLE AZIONI AD INTRADOSSO PLATEA

Definiti i carichi agenti sulla spalla, sia in condizioni statiche che sismiche, vengono calcolate le azioni risultanti all'intradosso platea tenendo conto anche dei relativi momenti di trasporto delle singole azioni dal loro punto di applicazione al baricentro della l'area di impronta della fondazione.

Si ottiene così una quintupla di sollecitazioni costituita da F<sub>x</sub> (forza orizzontale lungo X), F<sub>y</sub> (forza orizzontale lungo Y), F<sub>z</sub> (forza verticale lungo Z), M<sub>x</sub> (momento attorno all'asse X), M<sub>y</sub> (momento attorno all'asse Y), con un sistema di riferimento XYZ destrorso avente l'asse Z rivolto verso l'alto e l'asse X parallelamente all'asse dell'impalcato, con origine il baricentro all'intradosso della platea di fondazione.

I valori della quintupla ottenuti dalle analisi sono riportate nell'Allegato 3, "Azioni agenti sulla platea di fondazione".

Ottenuta la quintupla di azioni agenti all'intradosso della platea si procede alle verifiche di corpo rigido (schiacciamento, scorrimento e ribaltamento) nel caso di fondazioni dirette o si calcolano le azioni trasmesse sulla palificata nel caso di fondazioni indirette (pali e micropali).

Nel caso specifico, poiché la platea di fondazioni è realizzata in pali in c.a. si procede al calcolo delle azioni sulla palificata.

Le azioni calcolate all'intradosso della platea di fondazione della spalla sono riportate nell'Allegato 1: Azioni agenti sulla platea.

## 7. CALCOLO DELLA PALIFICATA

Le azioni su ciascun palo di fondazione vengono valutate sotto le ipotesi di:

- platea rigida;
- vincolo di incastro tra pali e platea;
- palificata costituita da pali verticali;
- interazione fra i pali trascurabile;
- rotazione della platea e della testa dei pali impedita.

Per cui dato un gruppo di  $n$  pali soggetto a carichi verticali, orizzontali e di momento esterni i carichi agenti alla testa di ciascun palo risultano:

$$Q_{ti} = \frac{Q}{n} \pm \left[ \frac{(M_x + M_{ine,x}) \cdot y_i}{\sum_1^n y_i^2} \right] \pm \left[ \frac{(M_y + M_{ine,y}) \cdot x_i}{\sum_1^n x_i^2} \right]$$

$$H_{tix} = \frac{H_x}{n}$$

$$H_{tiy} = \frac{H_y}{n}$$

dove:

- $M_x$  = momento esterno attorno all'asse X;
- $M_y$  = momento esterno attorno all'asse Y;
- $H_x$  = forza orizzontale esterna nella direzione X;
- $H_y$  = forza orizzontale esterna nella direzione Y;
- $Q_{ti}$  = forza verticale agente alla testa del palo;
- $H_{tix}$  = forza orizzontale esterna agente alla testa del palo  $i$ -esimo nella direzione X;
- $H_{tiy}$  = forza orizzontale esterna agente alla testa del palo  $i$ -esimo nella direzione Y;
- $M_{tix}$  = momento di incastro alla testa del palo  $i$ -esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione Y;

- $M_{ine,x}$  = momento di incastro risultante che i pali esercitano sulla platea per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione Y;
- $M_{tiy}$  = momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione X;
- $M_{ine,y}$  = momento di incastro risultante che i pali esercitano sulla platea per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione X;
- $x_i$  = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione X;
- $y_i$  = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione Y.

I momenti di incastro alla testa dei pali ( $M_{tix}$  e  $M_{tiy}$ ), dovuti all'azione degli sforzi taglianti, possono essere stimati sulla base della teoria elastica di Matlock&Reese; in particolare risulta:

- per palo totalmente interrato:

$$M_{tiy} = -H_{tix} \cdot T \cdot \frac{A_{st}}{B_{st}}$$

- per palo con tratto fuori terra di lunghezza L:

$$M_{tiy} = -H_{tix} \cdot L + H_{tix} \cdot \frac{0.5 \cdot L^2 - |A_s| \cdot T^2}{|B_s| \cdot T + L}$$

dove:

$A_s$  ,  $B_s$  = coefficienti adimensionali di Matlock&Reese;

$A_{st}$  ,  $B_{st}$  = coefficienti adimensionali di Matlock&Reese calcolati per  $z/T = 0$ ;

L = lunghezza tratto di palo fuori terra;

$$T = \left( \frac{E_p \cdot I_p}{E_s} \right)^{0.25}$$

$E_p$  = modulo di Young del palo;

$I_p$  = momento di inerzia del palo;

$E_s$  = modulo di reazione orizzontale secante medio del terreno.

Per quanto concerne  $E_s$  si adotteranno i seguenti valori relativamente al tipo di terreno:

- **terreni argillosi:**

$E_s = 400 \cdot c_{um}$  essendo  $c_{um}$  la coesione non drenata media dello strato di interesse;

- **terreni sabbiosi e ghiaiosi:**

$E_s = k_s \cdot z$  essendo  $k_s$  il gradiente del modulo di reazione orizzontale con la profondità z,

ricavabile dalla tabella seguente:

<b>Tipo di materiale</b>	<b><math>K_s</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>
Sabbie sciolte	5500
Sabbie mediamente addensate	16600
Sabbie dense	34500

*Valori di  $k_s$  secondo Reese et al. (1974)*

Calcolate le azioni sui singoli pali per combinazione di carico, si valuta la lunghezza del palo più sollecitato mediante i diagrammi di portanza riportati nel capitolo precedente. I risultati di tale procedura sono riassunti nella tabella seguente:

<b>N°</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Progr. (km)</b>	<b>Lunghezza pali (m)</b>
1	Spalla Fissa S1	0+581.316	28.00
2	Spalla Mobile S2	0+626.536	25.00

Il calcolo della palificata è riportato nell'Allegato 2: Calcolo della palificata e verifica strutturale del palo.

## 8. CALCOLI STRUTTURALI

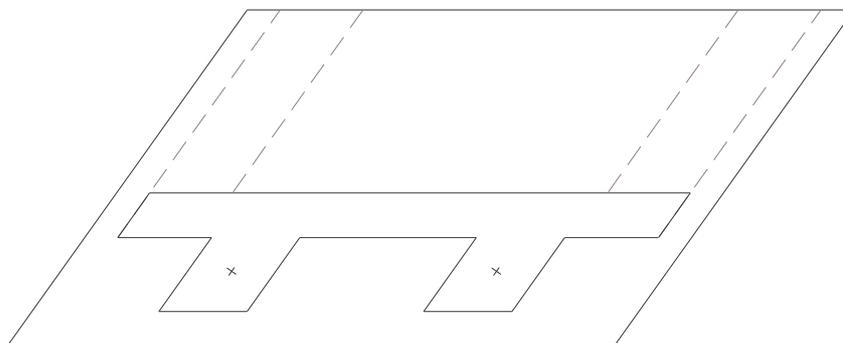
I calcoli strutturali sono condotti allo Stato Limite Ultimo e allo per ciascun elemento costituenti la spalla:

- muro frontale;
- muro di risvolto;
- muro a bandiera (orecchia);
- paraghiaia;
- platea di fondazione;
- palo di fondazione.

Inoltre per quanto riguarda il muro frontale, il muro di risvolto, il paraghiaia ed il muro a bandiera, sono state condotte anche le verifiche allo Stato Limite di Fessurazione.

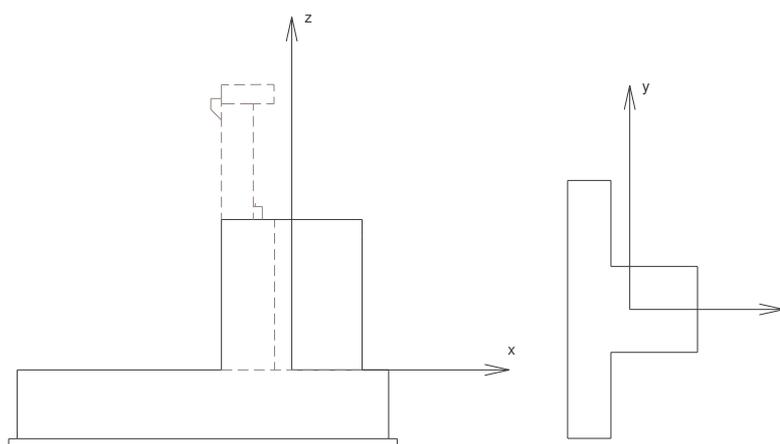
## 8.1. CALCOLO DEL MURO FRONTALE

Il muro frontale ha un larghezza complessiva di circa 12.00m, altezza di 4.50m per la spalla S1 e 5.50m per la spalla S2, uno spessore di 1.00m e presenta degli speroni lato valle in corrispondenza degli appoggi, di dimensioni in pianta 2.02x1.60m.



Il muro frontale sì fatto non consente di schematizzare il paramento come mensola incastrata al piede e libera in testa per unità di lunghezza, data la presenza degli speroni, per cui si schematizza il muro frontale come due mensole incastrate al piede con sezione resistente a T.

Ciò consente di poter analizzare separatamente i due muri a T soggetti agli scarichi dell'impalcato su ciascun appoggio in testa allo sperone e alle spinte statiche e dinamiche del terreno e dei sovraccarichi stradali a tergo dello stesso:

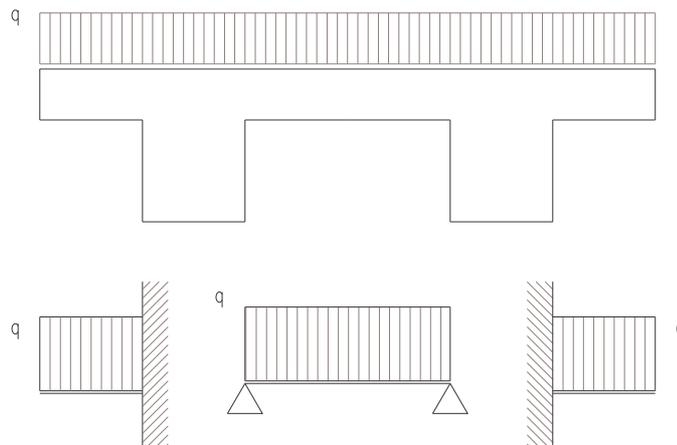


La verifica strutturale del muro frontale, atte alla determinazione delle armature verticali necessarie, viene condotta sulla sezione di spicco della fondazione per cui le azioni trasmesse dall'impalcato applicate in asse appoggio devono essere traslate nel baricentro della sezione suddetta mediante i relativi momenti di trasporto.

Tale sezione resistente è stata considerata, nelle verifiche, di tipo rettangolare poiché i

momenti flettenti comprimono l'anima della sezione a valle portando a trazione le ali.

Per quanto concerne invece le armature orizzontali del muro frontale, sono state condotte delle verifiche strutturali in corrispondenza della sezione di spiccato di fondazione, schematizzando la parte centrale compresa tra i due speroni come trave appoggiata e le due parti di estremità come mensola incastrata agli speroni. In entrambi i modelli è stato considerato un carico uniformemente distribuito dovuto alle spinte del terreno a tergo del muro:



Le verifiche sono state eseguite allo S.L.U. con riferimento alle azioni normali (sforzo  $N$  e momenti flettenti  $M_x$  e  $M_y$ ) e alle azioni taglianti.

Riguardo alle prime si calcolano le sollecitazioni ultime a partire dalle sollecitazioni in esercizio alle quali si applica un fattore 1.5 ai momenti ed alternativamente il fattore 1 o 1.5 allo sforzo normale, a seconda del caso più gravoso.

Mediante le verifiche strutturali suddette è stato possibile determinare l'armatura verticale ed orizzontale necessaria, come riportato nell'Allegato 3: Calcolo del muro frontale della spalla.

## 8.2. CALCOLO DEL MURO DI RISVOLTO E DEL MURO A BANDIERA

Il muro di risvolto viene calcolato per unità di lunghezza, considerando agenti il sovraccarico stradale a monte, l'eventuale azione di svio, la spinta del terreno, il peso della parete, le spinte sismiche e le forze di inerzia, per metro lineare e per ciascuna combinazione di carico prevista.

Il muro viene suddiviso in 10 conci valutando le azioni risultanti su ciascuno di essi in

modo da poter effettuare su ogni sezione individuata, le relative verifiche a presso-flessione e a taglio, calcolando le armature necessarie.

Per quanto concerne invece il muro a bandiera (orecchia), previsto nel muro di risvolto lato valle della spalla fissa S1, si modella l'elemento come un piastra trapezoidale incastrata, lungo il lato maggiore, al muro di risvolto e soggetto alle spinte dovute al terreno a tergo dello stesso, al sovraccarico stradale e alle azioni di svio.

I calcoli sono riportati nell'Allegato 4: Calcolo del muro di risvolto della spalla e del muro a bandiera.

### **8.3. CALCOLO DEL PARAGHIAIA**

Il paraghiaia viene calcolato per unità di lunghezza, considerando agenti il sovraccarico stradale a monte, il carico ruote, l'azione di frenamento, la spinta del terreno, il peso della parete, le spinte sismiche e le forze di inerzia, per metro lineare e per ciascuna combinazione di carico prevista.

In particolare si definisce un carico su ruota di 100kN con area di impronta di 0.30m, interasse ruote di 1.50m ed un coefficiente di amplificazione dinamico di 1.4. L'azione di frenamento si pone pari al 20% dell'azione verticale risultante per metro lineare.

Il paraghiaia viene suddiviso in 10 conci valutando le azioni risultanti su ciascuno di essi in modo da poter effettuare su ogni sezione individuata le relative verifiche a presso-flessione e a taglio, calcolando le armature necessarie.

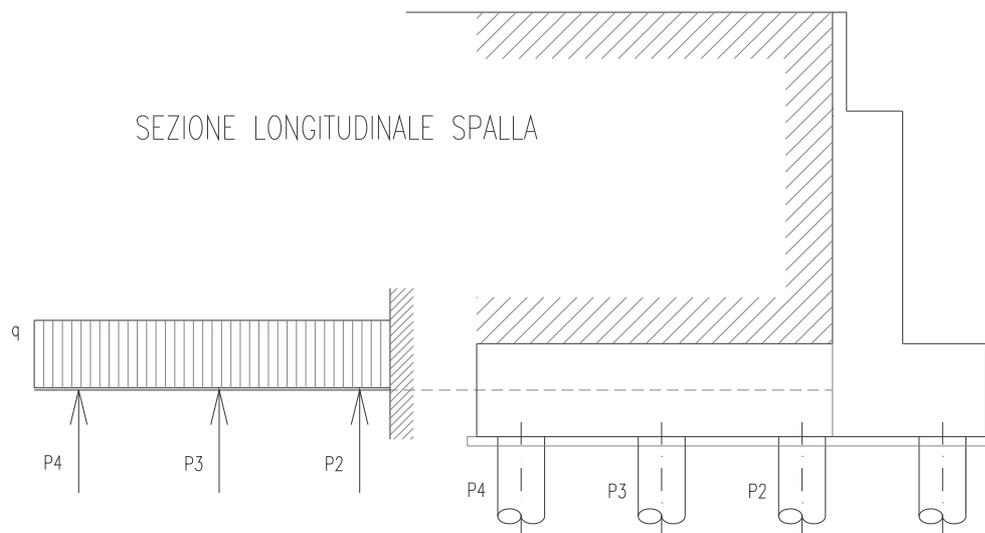
I calcoli sono riportati nell'Allegato 5: Calcolo del paraghiaia della spalla.

### **8.4. CALCOLO DELLA PLATEA DI FONDAZIONE**

Il calcolo della platea di fondazione della spalla viene condotta sia trasversalmente che longitudinalmente alla fondazione, avendo come dati di input lo sforzo normale ed il momento all'incastro sia del muro frontale che dei muri di risvolto e le azioni trasmesse da ciascun palo della palificata di fondazione.

#### **Sezione longitudinale**

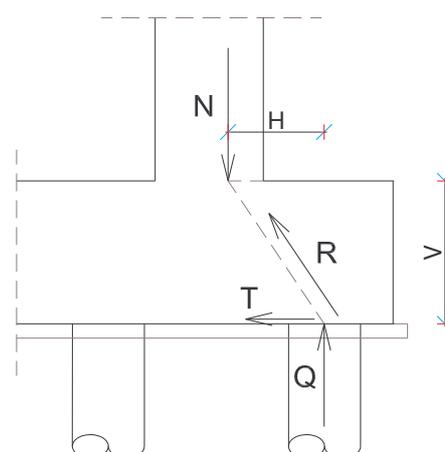
La platea a monte viene modellata longitudinalmente (lungo X) come una mensola incastrata al muro frontale caricata con un carico uniformemente distribuito dovuto al peso del terreno e all'eventuale sovraccarico stradale e con le forze verticali concentrate dovute alle reazioni dei singoli pali, come riportato nello schema qui di seguito:



Schematizzato il modello, si risolve la mensola incastrata calcolando il momento massimo positivo, il momento massimo negativo ed il taglio massimo; con queste azioni vengono effettuate le verifiche a flessione e a taglio.

Per quanto riguarda la mensola a valle, nella sezione longitudinale, se la distanza tra asse 1° palo e estradosso muro frontale risulta  $>0$  si utilizza il modello Biella-Tirante (Struct and Ties) al fine di calcolare l'armatura in corrispondenza dei pali:

MODELLO STRUCT AND TIES  
MENSOLA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE

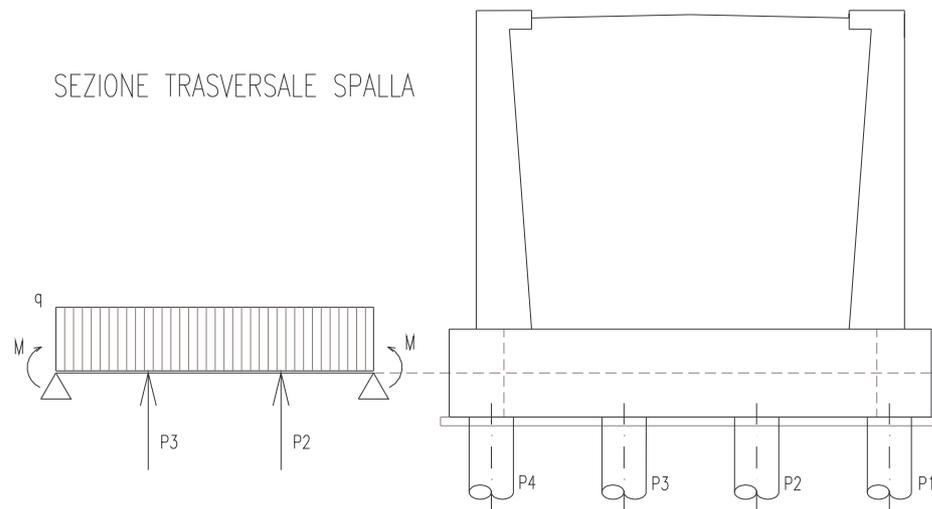


Dall'equilibrio tra le forze in gioco, sforzo normale all'incastro (N) della parete e azione del palo (Q), si calcola lo sforzo di trazione T che deve essere ripreso da apposita armatura.

I risultati dei calcoli sono riportati nell'Allegato 6: Calcolo della platea di fondazione.

### Sezione trasversale

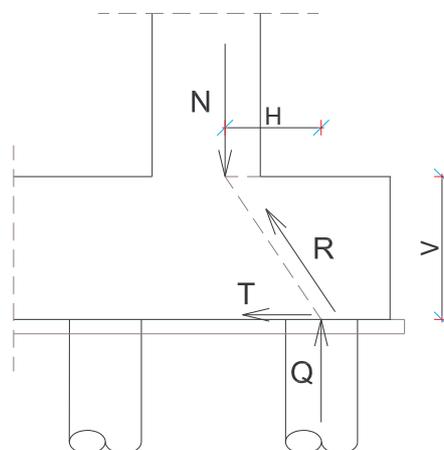
Trasversalmente, la platea confinata tra i due muri di risvolto viene modellata come una trave appoggio-appoggio su cui grava un carico uniformemente distribuito dovuto al peso del terreno e all'eventuale sovraccarico stradale, i momenti di incastro dei muri di risvolto e le forze verticali concentrate dovute alle reazioni dei singoli pali:



Schematizzato il modello si risolve la trave calcolando il momento massimo positivo, il momento massimo negativo ed il taglio massimo; con queste azioni vengono effettuate le verifiche a flessione e a taglio.

Per quanto riguarda la mensola a valle, nella sezione longitudinale, se la distanza tra asse 1° palo e estradosso muro frontale risulta  $>0$  si utilizza il modello Biella-Tirante (Struct and Ties) al fine di calcolare l'armatura in corrispondenza dei pali:

MODELLO STRUCT AND TIES  
MENSOLA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE



\Dall'equilibrio tra le forze in gioco, sforzo normale all'incastro (N) della parete e azione del palo (Q), si calcola lo sforzo di trazione T che deve essere ripreso da apposita armatura.

I risultati dei calcoli sono riportati nell'Allegato 6: Calcolo della platea di fondazione.

## **8.5. VERIFICHE STRUTTURALI DEL SINGOLO PALO**

Le verifiche strutturali dei pali di fondazione sono state eseguite allo S.L.U. con riferimento alle azioni normali (sforzo N e momento flettente M) e alle azioni taglianti.

Riguardo alle prime si calcolano le sollecitazioni ultime a partire dalle sollecitazioni in esercizio alle quali si applica un fattore 1.5 ai momneti ed alternativamente il fattore 1 o 1.5 allo sforzo normale, a seconda del caso più gravoso (interazione N-M della sezione).

Per quanto riguarda le azioni taglianti si considera sempre un fattore 1.5 sullo sforzo di taglio in esercizio, considerando come sezione resistente il quadrato inscritto.

Le verifiche a presso-flessione e a taglio dei pali per le combinazioni di carico più gravose, sono riportati nell'Allegato 2: Calcolo della palificata e verifica strutturale del palo.

## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA FISSA S1**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

### **ALLEGATO 1**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 6
Redatto	Verificato
	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLE IN C.A.: AZIONI AGENTI SULLA PLATEA DI FONDAZIONE**

**OPERA: S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST**

**OGGETTO: SPALLA FISSA S1 - H = 4,5m**

**DATI GENERALI**

Altezza spalla  
 Categoria Sismica  
 Grado di sismicità  
 Coefficiente di intensità sismica  
 Coefficiente di protezione sismico  
 Coefficiente di struttura  
 Coefficiente di fondazione  
 Coefficiente sismico orizzontale  
 Coefficiente sismico verticale

H = **4,50** m  
 S = **III**  
 S = **6**  
 C = **0,04**  
 I = **1**  
 $\beta$  = **1**  
 $\epsilon$  = **1**  
 kh = 0,04  
 kv = 0,08

Peso specifico del terreno  
 Peso specifico cls

$\gamma_t$  = **20** KN/mc  
 $\gamma_{cls}$  = **25** KN/mc

Sovraccarico stradale  
 Considerare q in condizione sismica?

q = **20** KN/mq  
**No**

Inclinazione paramento interno  
 Inclinazione terrapieno a monte  
 Angolo di attrito interno  
 Angolo di attrito terra-muro

$\beta$  = **0,000** °  
 i = **0,000** °  
 $\phi'$  = **32** °  
 $\delta$  = 21,333 °

Regime di spinta

**0** (0=riposo; 1=attiva)

**COEFFICIENTI DI SPINTA**

Coefficiente di spinta a riposo  
 Coefficiente di spinta attiva

$K_0$  = 0,470  
 $K_a$  = 0,275

Angolo Teta  
 Coefficiente di Arrango  
 Inclinazione terrapieno a monte sismico  
 Inclinazione paramento interno sismico

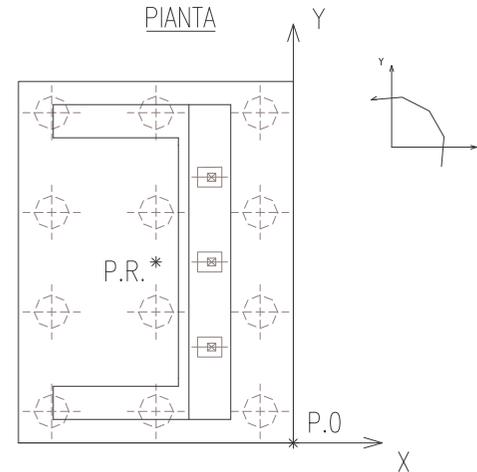
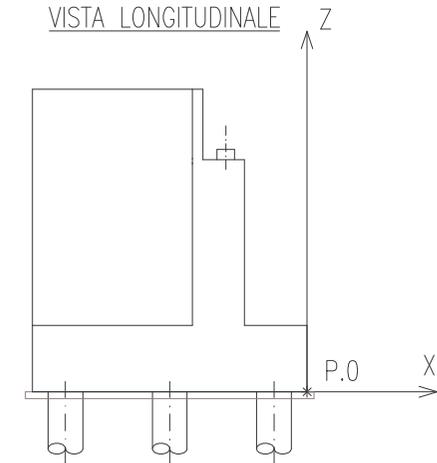
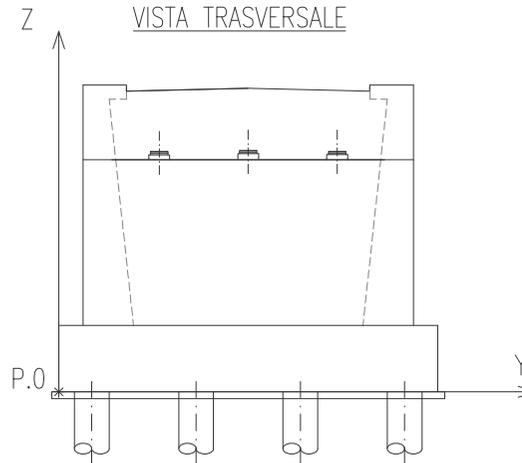
$\theta$  = 2,490 °  
 A = 0,999  
 $i'$  = 2,490 °  
 $\beta'$  = 2,490 °

Coefficiente di spinta attiva sismico

$K'_a$  = 0,302

Coefficiente di spinta statico  
 Coefficiente di incremento di spinta sismica

$K_{statico}$  = 0,470  
 $\Delta K$  = 0,027 (= A \*  $K'_a$  -  $K_{statico}$ )



**CONDIZIONE STATICA**

**1. Geometria e Pesi Propri della spalla**

N°	Descrizione	Dimensioni			Baricentri			Volume (mc)	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
		bx (m)	by (m)	bz (m)	x (m)	y (m)	z (m)										
1	Naso paraghiaia	0,89	8,58	0,45	-7,52	5,50	9,09	3,44	0,00	0,00	-85,91	-472,49	0,00	-472,49	-646,02	0,00	-646,02
2	Mensola paraghiaia	1,00	8,58	0,09	-8,20	5,50	8,80	0,79	0,00	0,00	-19,73	-108,54	0,00	-108,54	-161,82	0,00	-161,82
3	Paraghiaia	0,60	12,00	2,76	-7,70	5,50	7,48	19,87	0,00	0,00	-496,80	-2732,40	0,00	-2732,40	-3825,36	0,00	-3825,36
4	Piastra orizzontale su speroni	1,65	12,00	0,40	-5,83	5,50	5,90	7,92	0,00	0,00	-198,00	-1089,00	0,00	-1089,00	-1154,34	0,00	-1154,34
5	Muro frontale	1,00	12,00	4,50	-7,46	5,50	3,85	54,00	0,00	0,00	-1350,00	-7425,00	0,00	-7425,00	-10071,00	0,00	-10071,00
6	Sperone 1	1,96	1,65	4,10	-4,13	3,10	3,65	13,26	0,00	0,00	-331,49	-1027,60	0,00	-1027,60	-1369,03	0,00	-1369,03
7	Sperone 2	1,96	1,65	4,10	-7,53	7,90	3,65	13,26	0,00	0,00	-331,49	-2618,73	0,00	-2618,73	-2496,08	0,00	-2496,08
8	Baggiolo 1	1,00	0,56	0,30	-4,22	3,10	6,25	0,17	0,00	0,00	-4,20	-13,02	0,00	-13,02	-17,72	0,00	-17,72
9	Baggiolo 2	1,00	0,56	0,30	-7,62	7,90	6,25	0,17	0,00	0,00	-4,20	-33,18	0,00	-33,18	-32,00	0,00	-32,00
10	Copertina muro di risvolto 1	6,66	1,59	0,45	-8,37	1,21	9,16	4,77	0,00	0,00	-119,13	-144,15	0,00	-144,15	-997,12	0,00	-997,12
11	Muro di risvolto rett. 1	6,66	0,33	7,34	-8,05	0,76	5,27	16,13	0,00	0,00	-403,30	-306,51	0,00	-306,51	-3246,54	0,00	-3246,54
12	Muro di risvolto triang. 1	6,66	0,36	7,34	-8,34	1,17	4,05	17,60	0,00	0,00	-439,96	-514,75	0,00	-514,75	-3669,26	0,00	-3669,26
13	Copertina muro di risvolto 2	4,36	1,59	0,45	-13,30	9,79	9,16	3,12	0,00	0,00	-77,99	-763,52	0,00	-763,52	-1037,26	0,00	-1037,26
14	Muro di risvolto rett. 2	4,36	0,33	7,34	-13,61	10,23	5,27	10,56	0,00	0,00	-264,02	-2700,92	0,00	-2700,92	-3593,31	0,00	-3593,31
15	Muro di risvolto triang. 2	4,36	0,36	7,34	-13,33	9,83	4,05	11,52	0,00	0,00	-288,02	-2831,25	0,00	-2831,25	-3839,33	0,00	-3839,33
16	Platea di fondazione	8,55	11,00	1,60	-8,18	5,50	0,80	150,48	0,00	0,00	-3762,00	-20691,00	0,00	-20691,00	-30773,16	0,00	-30773,16

**2. Pesi del terreno**

N°	Descrizione	Dimensioni			Baricentri			Volume (mc)	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
		bx (m)	by (m)	bz (m)	x (m)	y (m)	z (m)										
1	Terreno a monte	1,00	60,86	4,40	-10,26	5,50	8,64	267,78	0,00	0,00	-5355,68	-29456,24	0,00	-29456,24	-54949,28	0,00	-54949,28
2	Terreno a valle	0,75	13,50	1,00	-4,36	5,50	2,10	10,13	0,00	0,00	-202,50	-1113,75	0,00	-1113,75	-882,90	0,00	-882,90
3	Terreno laterale 1	0,60	7,63	1,00	-12,32	10,70	2,10	4,58	0,00	0,00	-91,56	-979,69	0,00	-979,69	-1128,02	0,00	-1128,02
4	Terreno laterale 2	0,60	7,63	1,00	-4,95	0,30	2,10	4,58	0,00	0,00	-91,56	-27,47	0,00	-27,47	-453,22	0,00	-453,22

**3. Spinte del terreno**

N°	Descrizione	Punti di applicazione			x (m)	y (m)	zs (m)
		Lx (m)	Ly (m)	H (m)			
1	Spinta 1	5,60	7,90	8,87	-12,45	5,50	2,957

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
2721,57	1929,22	-1816,39	0,00	-15694,17	-15694,17	0,00	-14567,21	-14567,21

**4. Peso del sovraccarico**

N°	Descriz.	Punti di applicazione		x (m)	y (m)	z (m)
		dx (m)	dy (m)			
1	Peso del sovraccarico 1	1,00	34,65	-10,26	5,50	9,42

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
0,00	0,00	-693,00	-3811,50	0,00	-3811,50	-7110,18	0,00	-7110,18

**5. Spinte del sovraccarico**

N°	Descriz.	Punti di applicazione			x (m)	y (m)	zs (m)
		Lx (m)	Ly (m)	H (m)			
1	Spinta del sovraccarico 1	5,6	7,9	8,87	-12,45	5,5	4,435

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
613,66	435,00	-409,56	0,00	-4181,78	-4181,78	0,00	-2377,41	-2377,41

**CONDIZIONE SISMICA**

**6. Forze di inerzia della spalla**

N°	Descrizione
1	Forza di inerzia sisma lungo X <sup>+</sup>
2	Forza di inerzia sisma lungo Y <sup>+</sup>
3	Forza di inerzia sisma lungo Z <sup>+</sup>

Baricentro spalla		
x <sub>G</sub> (m)	y <sub>G</sub> (m)	z <sub>G</sub> (m)
-8,19	5,32	3,03

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
327,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	991,46	991,46
0,00	327,05	0,00	0,00	-991,46	-991,46	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	654,10	0,00	3477,76	3477,76	0,00	5354,35	5354,35

**7. Forze di inerzia del terreno**

N°	Descrizione
1	Forza di inerzia sisma lungo X <sup>+</sup>
2	Forza di inerzia sisma lungo Y <sup>+</sup>
3	Forza di inerzia sisma lungo Z <sup>+</sup>

Baricentro terreno		
x <sub>G</sub> (m)	y <sub>G</sub> (m)	z <sub>G</sub> (m)
-10,00	5,50	8,21

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
229,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1884,31	1884,31
0,00	229,65	0,00	0,00	-1884,31	-1884,31	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	459,30	0,00	2526,17	2526,17	0,00	4593,07	4593,07

**8. Incremento di spinta del terreno lungo X**

N°	Descrizione	Punti di applicazione					
		Lx (m)	Ly (m)	H (m)	x (m)	y (m)	zs (m)
1	Incremento spinta 1	5,6	7,9	8,87	-12,45	5,5	5,9133

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
154,71	109,67	-103,25	0,00	-1216,39	-1216,39	0,00	-370,66	-370,66

**9. Azioni totali della spalla**

Tipo	Condizioni
g1	Peso proprio struttura
g2	Carichi permanenti portati
g3	Altre azioni permanenti
ε1	Distorsioni e presollecitazioni
ε2	Ritiro del calcestruzzo
ε3	Variazioni termiche
ε4	Scorrimenti viscosi
ε5	Cedimenti vincolari
q1	Carichi mobili
q2	Effetto dinamico q1
q3	Frenamento
q4	Azione centrifuga
q5scar.	Azione del vento scarico
q5scar.	Azione del vento carico
q6	Sismica lungo X
	Sismica lungo Y
	Sismica lungo Z
q7	Attrito appoggi
q8	Urto
q9	Altre variabili

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
0,00	0,00	-13917,53	-75049,21	0,00	-75049,21	#####	0,00	#####
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2721,57	1929,22	-1816,39	0,00	-15694,17	-15694,17	0,00	-14567,21	-14567,21
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
613,66	435,00	-1102,56	-3811,50	-4181,78	-7993,28	-7110,18	-2377,41	-9487,59
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
711,41	109,67	-103,25	0,00	-1216,39	-1216,39	0,00	2505,12	2505,12
0,00	556,70	0,00	0,00	-2875,78	-2875,78	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	1113,40	0,00	6003,94	6003,94	0,00	9947,42	9947,42
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**IMPALCATO**

**10. Azioni totali dell'impalcato trasmesse alla spalla**

Tipo	Condizioni
g1	Peso proprio struttura
g2	Carichi permanenti portati
g3	Altre azioni permanenti
ε1	Distorsioni e presollecitazioni
ε2	Ritiro del calcestruzzo
ε3	Variazioni termiche
ε4	Scorrimenti viscosi
ε5	Cedimenti vincolari
(q1+q2) <sub>Nmax</sub>	Carichi mobili Nmax
(q1+q2) <sub>Mxmax</sub>	Carichi mobili Mxmax
q3	Frenamento
q4	Azione centrifuga
q5scar.	Azione del vento scarico
q5car.	Azione del vento carico
q6	Sismica lungo X
	Sismica lungo Y
	Sismica lungo Z
q7	Attrito appoggi
q8	Urto
q9	Altre variabili

Punto di applicazione		
x (m)	y (m)	z (m)
-5,92	5,5	6,55

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)	Minstabx (KNm)	Mstabx (KNm)	Minstaby (KNm)	Mstaby (KNm)
0,00	0,00	-2092,27	-94,86	-67,27	-11602,35	0,00	-12453,51	0,00
0,00	0,00	-923,44	146,12	103,62	-4932,80	0,00	-5363,14	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-1904,22	915,12	648,97	-9558,09	0,00	-10624,01	0,00
0,00	0,00	-1250,88	-2459,86	-1744,44	-9339,70	0,00	-9149,65	0,00
181,20	3,51	0,00	0,00	0,00	-22,98	0,00	1186,86	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	165,30	0,00	-462,84	0,00	-1545,56	0,00	0,00	0,00
0,00	339,30	0,00	-950,04	0,00	-3172,46	0,00	0,00	0,00
360,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2358,00	0,00
0,00	180,00	0,00	0,00	0,00	-1179,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	360,00	0,00	0,00	1980,00	0,00	2131,20	0,00
112,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	736,88	0,00
0,00	266,67	0,00	-986,67	0,00	-2733,33	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**11. Azioni totali sull'intradosso fondazione per condizione di carico (momenti rispetto a P.0)**

Tipo	Condizioni
g1	Peso proprio struttura
g2	Carichi permanenti portati
g3	Altre azioni permanenti
ε1	Distorsioni e presollecitazioni
ε2	Ritiro del calcestruzzo
ε3	Variazioni termiche
ε4	Scorrimenti viscosi
ε5	Cedimenti vincolari
(q1+q2) <sub>Nmax</sub>	Carichi mobili Nmax
(q1+q2) <sub>Mxmax</sub>	Carichi mobili Mxmax
q3	Frenamento
q4	Azione centrifuga
q5scar.	Azione del vento scarico
q5car.	Azione del vento carico
q6	Sismica lungo X
	Sismica lungo Y
	Sismica lungo Z
q7	Attrito appoggi
q8	Urto
q9	Altre variabili

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	ΣMx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	ΣMy (KNm)
0,00	0,00	-16009,80	-75049,21	-11602,35	-86651,56	#####	-12453,51	#####
0,00	0,00	-923,44	0,00	-4932,80	-4932,80	0,00	-5363,14	-5363,14
2721,57	1929,22	-1816,39	0,00	-15694,17	-15694,17	0,00	-14567,21	-14567,21
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
613,66	435,00	-3006,78	-3811,50	-13739,87	-17551,37	-7110,18	-13001,42	-20111,60
0,00	0,00	-1250,88	0,00	-9339,70	-9339,70	0,00	-9149,65	-9149,65
181,20	3,51	0,00	0,00	-22,98	-22,98	0,00	1186,86	1186,86
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	165,30	0,00	0,00	-1545,56	-1545,56	0,00	0,00	0,00
0,00	339,30	0,00	0,00	-3172,46	-3172,46	0,00	0,00	0,00
1071,41	109,67	-103,25	0,00	0,00	-1216,39	0,00	2358,00	4863,12
0,00	736,70	0,00	0,00	-1179,00	-4054,78	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	1473,40	0,00	763,61	7983,94	0,00	4636,32	12078,62
112,50	0,00	0,00	0,00	-2875,78	0,00	0,00	736,88	736,88
0,00	266,67	0,00	0,00	3270,60	-2733,33	0,00	9947,42	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**12. Azioni totali sull'intradosso fondazione per combinazione di carico (momenti rispetto a P.0)**

	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstbx (KNm)	Minstx (KNm)	ΣMx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	ΣMy (KNm)
A I <sub>1</sub>	2834,07	2361,18	-18749,62	-75049,21	-33380,04	-111557,42	-124342,78	-21699,57	-155989,77
A I <sub>2</sub>	2834,07	1497,25	-18749,62	-75049,21	-36830,14	-102999,64	-124342,78	-41594,41	-155989,77
A II <sub>1</sub>	3447,73	2766,60	-21756,40	-78860,71	-46843,34	-128832,21	-131452,96	-34700,99	-176101,38
A II <sub>2</sub>	3447,73	1961,83	-21756,40	-78860,71	-50846,59	-120827,58	-131452,96	-54595,84	-176101,38
A II <sub>3</sub>	2834,07	2331,60	-20000,50	-75049,21	-42443,17	-120620,54	-124342,78	-30849,22	-165139,42
A II <sub>4</sub>	2834,07	1526,83	-20000,50	-75049,21	-46446,41	-112615,91	-124342,78	-50744,06	-165139,42
A III <sub>1</sub>	3628,93	2702,25	-21756,40	-78860,71	-46231,83	-128220,70	-131452,96	-33514,13	-174914,52
A III <sub>2</sub>	3628,93	2033,20	-21756,40	-78860,71	-51504,05	-121485,05	-131452,96	-53408,98	-174914,52
A III <sub>3</sub>	3015,27	2267,25	-20000,50	-75049,21	-41831,66	-120009,03	-124342,78	-29662,36	-163952,56
A III <sub>4</sub>	3015,27	1598,20	-20000,50	-75049,21	-47103,88	-113273,38	-124342,78	-49557,20	-163952,56
A IV <sub>1</sub>	3447,73	2698,74	-21756,40	-78860,71	-46208,85	-128197,72	-131452,96	-34700,99	-176101,38
A IV <sub>2</sub>	3447,73	2029,69	-21756,40	-78860,71	-51481,08	-121462,07	-131452,96	-54595,84	-176101,38
A IV <sub>3</sub>	2834,07	2263,74	-20000,50	-75049,21	-41808,68	-119986,05	-124342,78	-30849,22	-165139,42
A IV <sub>4</sub>	2834,07	1594,69	-20000,50	-75049,21	-47080,91	-113250,40	-124342,78	-50744,06	-165139,42
A V Z'/X*	3792,98	2038,88	-17379,48	-75049,21	-31465,71	-100510,98	-124342,78	-25389,55	-139784,91
A V Z'/Y*	2721,57	2665,92	-17276,22	-75049,21	-32644,71	-103349,37	-124342,78	-27747,55	-144648,03
A V Z"/Y*	2721,57	1192,52	-17276,22	-75049,21	-30286,71	-95239,82	-124342,78	-27747,55	-144648,03
A V Z'/X*	3792,98	2038,88	-20326,28	-75049,21	-32992,93	-116478,86	-124342,78	-34662,18	-163942,15
A V Z'/Y*	2721,57	2665,92	-20223,03	-75049,21	-34171,93	-119317,24	-124342,78	-37020,18	-168805,27
A V Z"/Y*	2721,57	1192,52	-20223,03	-75049,21	-31813,93	-111207,69	-124342,78	-37020,18	-168805,27

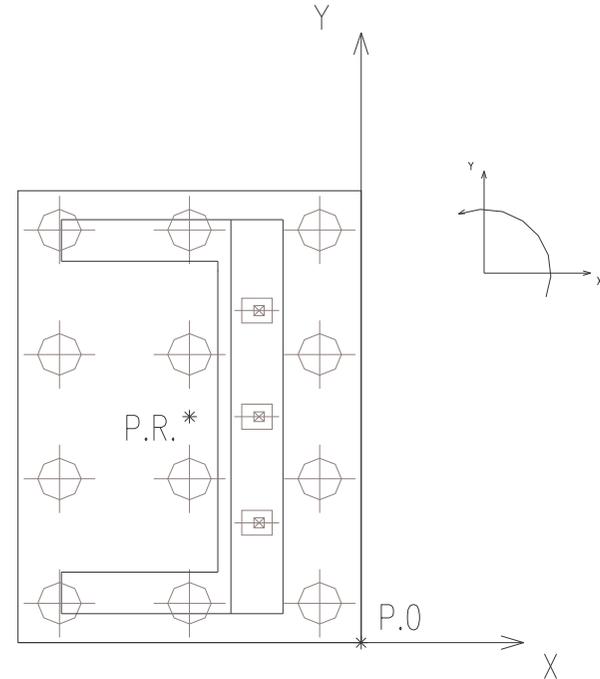
Coordinate Punto di Riferimento (P.R.):

X <sub>R</sub> (m)	Y <sub>R</sub> (m)
-8,25	5,50

(Baricentro palificata)

**13. Azioni totali sull'intradosso fondazione per combinazione di carico (momenti rispetto a P.R.)**

	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
A I <sub>1</sub>	2834,07	2361,18	-18749,62	-8429,79	-1244,44
A I <sub>2</sub>	2834,07	1497,25	-18749,62	127,98	-1244,44
A II <sub>1</sub>	3447,73	2766,60	-21756,40	-9166,57	3459,64
A II <sub>2</sub>	3447,73	1961,83	-21756,40	-1161,94	3459,64
A II <sub>3</sub>	2834,07	2331,60	-20000,50	-10612,77	-70,26
A II <sub>4</sub>	2834,07	1526,83	-20000,50	-2608,14	-70,26
A III <sub>1</sub>	3628,93	2702,25	-21756,40	-8555,05	4646,50
A III <sub>2</sub>	3628,93	2033,20	-21756,40	-1819,40	4646,50
A III <sub>3</sub>	3015,27	2267,25	-20000,50	-10001,25	1116,60
A III <sub>4</sub>	3015,27	1598,20	-20000,50	-3265,61	1116,60
A IV <sub>1</sub>	3447,73	2698,74	-21756,40	-8532,08	3459,64
A IV <sub>2</sub>	3447,73	2029,69	-21756,40	-1796,43	3459,64
A IV <sub>3</sub>	2834,07	2263,74	-20000,50	-9978,28	-70,26
A IV <sub>4</sub>	2834,07	1594,69	-20000,50	-3242,63	-70,26
A V Z'/X*	3792,98	2038,88	-17379,48	-4919,52	3652,25
A V Z'/Y*	2721,57	2665,92	-17276,22	-8325,83	-2063,05
A V Z"/Y*	2721,57	1192,52	-17276,22	-216,28	-2063,05
A V Z'/X*	3792,98	2038,88	-20326,28	-4679,24	3815,72
A V Z'/Y*	2721,57	2665,92	-20223,03	-8085,54	-1899,58
A V Z"/Y*	2721,57	1192,52	-20223,03	24,01	-1899,58



## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA FISSA S1**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

### **ALLEGATO 2**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 5
Redatto	Verificato
	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE**

**OPERA:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
**OGGETTO:** SPALLA FISSA S1

**1. Dati platea di fondazione**

Diametro del palo	D =	1,20 m
Modulo di Young del palo	Ep =	25000 Mpa
Momento di inerzia del palo	Ip =	0,1018 m <sup>4</sup>
Numero di pali	n =	8
Tratto non reagente dal p.c.	Lnr =	0,00 m
Numero di vertici della platea	nv =	4
Tipo di terreno di base		Argilla/Limo
Coesione non drenata media	cum =	50,00 kPa

**2. Sollecitazioni all'intradosso platea di fondazione per combinazione di carico**

(Azioni applicate nel baricentro della palificata)

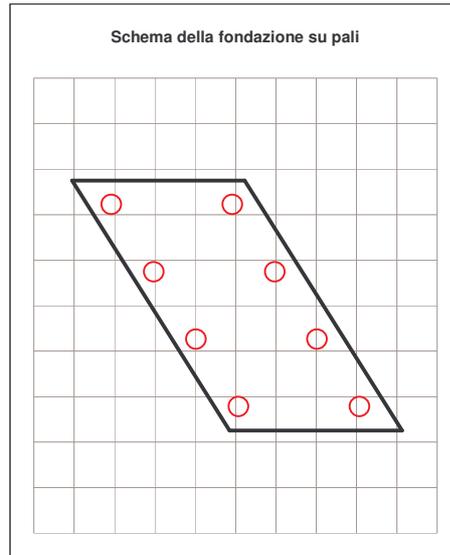
Comb.	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Descrizione
1	2834,07	2361,18	-18749,62	-8429,79	-1244,44	A I1
2	2834,07	1497,25	-18749,62	127,98	-1244,44	A I2
3	3447,73	2766,60	-21756,40	-9166,57	3459,64	A II1
4	3447,73	1961,83	-21756,40	-1161,94	3459,64	A II2
5	2834,07	2331,60	-20000,50	-10612,77	-70,26	A II3
6	2834,07	1526,83	-20000,50	-2608,14	-70,26	A II4
7	3628,93	2702,25	-21756,40	-8555,05	4646,50	A III1
8	3628,93	2033,20	-21756,40	-1819,40	4646,50	A III2
9	3015,27	2267,25	-20000,50	-10001,25	1116,60	A III3
10	3015,27	1598,20	-20000,50	-3265,61	1116,60	A III4
11	3447,73	2698,74	-21756,40	-8532,08	3459,64	A IV1
12	3447,73	2029,69	-21756,40	-1796,43	3459,64	A IV2
13	2834,07	2263,74	-20000,50	-9978,28	-70,26	A IV3
14	2834,07	1594,69	-20000,50	-3242,63	-70,26	A IV4
15	3792,98	2038,88	-17379,48	-4919,52	3652,25	A V Z+/X+
16	2721,57	2665,92	-17276,22	-8325,83	-2063,05	A V Z+/Y+
17	2721,57	1192,52	-17276,22	-216,28	-2063,05	A V Z+/Y-
18	3792,98	2038,88	-20326,28	-4679,24	3815,72	A V Z-/X+
19	2721,57	2665,92	-20223,03	-8085,54	-1899,58	A V Z-/Y+
20	2721,57	1192,52	-20223,03	24,01	-1899,58	A V Z-/Y-

**3. Geometria palificata rispetto al baricentro palificata**

N° pali	Xi (m)	Yi (m)	Xi <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Yi <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	ΣXi <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	ΣYi <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
1	6,15	-4,44	37,80	19,72	116,05	87,61
2	4,05	-1,48	16,40	2,19		
3	1,95	1,48	3,80	2,19		
4	-0,15	4,44	0,02	19,71		
5	0,15	-4,44	0,02	19,72		
6	-1,95	-1,48	3,81	2,19		
7	-4,05	1,48	16,40	2,19		
8	-6,15	4,44	37,79	19,71		

Xi = Coordinata X rispetto al baricentro della palificata

Yi = Coordinata Y rispetto al baricentro della palificata



**4. Azioni massime e minime in testa ai pali per combinazione di carico (Matlock&Reese)**

Comb.	Nmin kN	Nmax kN	Vmax kN	Mtot kNm	Descrizione
1	-2064,52	-2622,91	461,10	1094,56	A I1
2	-1734,77	-2952,69	400,66	951,09	A I2
3	-2593,86	-2845,25	552,56	1311,69	A II1
4	-2292,13	-3147,01	495,85	1177,06	A II2
5	-2251,39	-2748,74	458,74	1088,97	A II3
6	-2088,43	-2911,73	402,40	955,22	A II4
7	-2616,14	-2822,97	565,57	1342,55	A III1
8	-2356,96	-3082,18	519,96	1234,29	A III2
9	-2273,67	-2726,46	471,57	1119,42	A III3
10	-2153,25	-2846,90	426,58	1012,62	A III4
11	-2576,98	-2862,13	547,30	1299,18	A IV1
12	-2316,13	-3123,01	500,10	1187,15	A IV2
13	-2275,38	-2724,75	453,40	1076,29	A IV3
14	-2112,42	-2887,74	406,49	964,93	A IV4
15	-1892,96	-2451,94	538,28	1277,78	A V Z+/X+
16	-1809,20	-2509,88	476,22	1130,45	A V Z+/Y+
17	-1575,48	-2743,63	371,42	881,69	A V Z+/Y-
18	-2257,79	-2823,80	538,28	1277,78	A V Z-/X+
19	-2174,03	-2881,75	476,22	1130,45	A V Z-/Y+
20	-1940,31	-3115,50	371,42	881,69	A V Z-/Y-



Sforzo normale massimo di compressione



Sforzo normale minimo di compressione



Sforzo normale massimo di trazione

**5. Azioni in testa ai pali per la verifica a presso-flessione e taglio****Combinazione con Momento massimo:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
-2821,30	565,57	1342,55	1	7

**Combinazione con Sforzo normale minimo a compressione:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
-1575,48	371,42	881,69	8	17

**Combinazione con Sforzo normale massimo a compressione:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
-3147,01	495,85	1177,06	1	4

**Combinazione con Sforzo normale massimo a trazione:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
0,00	0,00	0,00	0	0

**Combinazione con Taglio massimo:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
-2821,30	565,57	1342,55	1	7

### SPALLA IN C.A.: VERIFICA STRUTTURALE DEL PALO DI FONDAZIONE

OPERA: S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
 OGGETTO: SPALLA FISSA S1

Verifica a presso-flessione della sezione di sommità del palo

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica\_palo - grotticella1 - Mmax

Titolo: Verifica palo - Grotticelle S1 - Mmax

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 120 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 12
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 4 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipologia sezione:  Rettan.re  Trapezi  a T  Circolare  Rettangoli  Coord.

Diagramma:

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub>: 2821,3 kN  
 M<sub>xSd</sub>: 2013,8 kNm  
 M<sub>ySd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipologia rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: 4.311 kNm

σ<sub>c</sub>: -13,28 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>: 373,9 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>: 1,957 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 10,00 ‰  
 d: 236,0 cm  
 x: 38,62 x/d: 0,1636  
 δ: 0,7000

Materiali

FeB44k C25/30

ε<sub>su</sub>: 10 ‰ ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 373,9 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 15,63 N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> α: 0,85  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8  
 ε<sub>syd</sub>: 1,870 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0,6  
 τ<sub>c1</sub>: 1,829

Metodo di calcolo:  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

Tipologia flessione:  Retta  Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso: Predeformazione acciaio: 0 ‰

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica\_palo - grotticella1 - Nmax(-)

Titolo: Verifica palo - Grotticelle S1 - Nmax(-)

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 120 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 12
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 4 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipologia sezione:  Rettan.re  Trapezi  a T  Circolare  Rettangoli  Coord.

Diagramma:

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub>: 3147,01 kN  
 M<sub>xSd</sub>: 1765,6 kNm  
 M<sub>ySd</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipologia rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: 4.611 kNm

σ<sub>c</sub>: -13,29 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>: 373,9 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>: 2,047 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 10,00 ‰  
 d: 236,0 cm  
 x: 40,09 x/d: 0,1699  
 δ: 0,7000

Materiali

FeB44k C25/30

ε<sub>su</sub>: 10 ‰ ε<sub>cu</sub>: 3,5 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 373,9 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 15,63 N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> α: 0,85  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,8  
 ε<sub>syd</sub>: 1,870 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0,6  
 τ<sub>c1</sub>: 1,829

Metodo di calcolo:  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

Tipologia flessione:  Retta  Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso: Predeformazione acciaio: 0 ‰

**Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica\_palo\_grofficella1 - Nmin(-)**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

**Titolo:** Verifica palo - Grotticelle S1 - Nmin(-)

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 120 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 12  
 Diametro barre: 2 [cm]  
 Copriferro (baric.): 4 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipologia Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub>: 1575,48 [kN]  
 M<sub>xSd</sub>: 1322,5 [kNm]  
 M<sub>ySd</sub>: 0

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Tipologia rottura:** Lato acciaio - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo:**  S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

**Tipologia flessione:**  Retta  Deviata

**Materiali**

**FeB44k** **C25/30**

$\epsilon_{su}$ : 10 ‰  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $f_{yd}$ : 373,9 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 15,63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $\alpha$ : 0,85  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,870 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

**M<sub>xRd</sub>**: 3.125 kN m

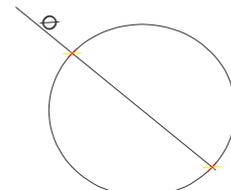
$\sigma_c$ : -12,74 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 373,9 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 1,594 ‰  
 $\epsilon_s$ : 10,00 ‰  
 d: 236,0 cm  
 x: 32,45 x/d: 0,1375  
 $\delta$ : 0,7000

**Vertici:** 50 **N° rett.:** 100  
 Calcola MRd **Dominio M-N**  
 L<sub>0</sub>: 0 cm **Col. modello**

Precompresso:   
 Predeformazione acciaio: 0 ‰

**Verifica a Taglio della sezione di sommità del palo**

V <sub>k</sub> =	565,57 KN	Taglio massimo agente sulla sezione
V <sub>sd</sub> =	848,35 KN	Taglio ultimo agente sulla sezione
N <sub>k</sub> =	-2821,30 KN	Sforzo normale dovuto a carichi o precompressione (compressione positiva)
N <sub>sd</sub> =	-2821,2959 KN	Sforzo normale ultimo dovuto a carichi o precompressione (compressione positiva)
D =	1000 mm	Diametro della sezione
A <sub>c</sub> =	785398 mm <sup>2</sup>	Area sezione
f <sub>ck</sub> =	25 Mpa	Resistenza caratteristica del cls
f <sub>cd</sub> =	16 Mpa	Resistenza di calcolo del cls
f <sub>yk</sub> =	430 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
f <sub>yd</sub> =	374 Mpa	Tensione di calcolo di snervamento
d =	707 mm	Altezza utile della sezione
b =	707 mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
$\tau_{rd}$ =	0,28 Mpa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento ( $\gamma_c = 1,6$ )
k =	1,00	
A <sub>s<sub>tr</sub></sub> =	2412 mm <sup>2</sup>	Area delle armature di trazione
$\rho_l$ =	0,004823	
v =	0,575	Fattore di efficienza
V <sub>rd1</sub> =	-74,03 KN	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura
V <sub>rd2</sub> =	2021,48 KN	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse



**E' necessaria armatura a taglio**

cot $\theta$ =	2	
V <sub>rd2</sub> =	1617,19 KN	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse
A <sub>sw/s</sub> =	0,1783 cm <sup>2</sup> /cmxcm	Armatura di progetto
A <sub>sw/s,min</sub> =	0,0877 cm <sup>2</sup> /cmxcm	Armatura minima di normativa
nb =	2	Numero braccia staffa
$\phi$ =	14 mm	Diametro staffa
A <sub>s,st</sub> =	3,08 cm <sup>2</sup>	Area staffa
s =	17,27 cm	Passo minimo staffa
	17 cm	<b>Passo staffe di progetto</b>

**Armatura di Taglio pari a Ø14/17**

## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA FISSA S1**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

#### **ALLEGATO 3**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 7	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: CALCOLO DEL MURO FRONTALE****OPERA:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST**OGGETTO:** SPALLA FISSA S1 - H = 4,5 m**DATI GEOMETRICI:**

Lunghezza platea:	(LP)	8,55 m	Sbalzo platea inferiore:	(SPI)	0,92 m
Spessore platea:	(HP)	1,6 m	Lunghezza terreno superiore:	(LTS)	4,38 m
Lunghezza terreno su platea:	(LTI)	4,38 m	Sbalzo platea superiore:	(SPS)	0,92 m
Spessore inferiore muro:	(SMI)	3,25 m	Incremento di altezza terrapieno:	(HT)	0,00 m
Spessore superiore muro:	(SMS)	3,25 m	Altezza tot. terreno dietro platea:	(HTOT)	6,10 m
Altezza muro:	(HM)	4,5 m	Inclinazione interna muro:	(BETAM)	0,0000 rad
Inclinazione interna muro:		0,000 ° (>=0)	Inclinazione esterna muro:	(IEM)	0,0000 rad (>=0)
Inclinazione terrapieno:		0,000 ° (>=0)	Inclinazione terrapieno:	(IT)	0,0000 rad
Inclinazione base magrone:		0 ° (>=0)	Inclinazione base magrone:	(IBM)	0,0000 rad
Volume di terreno a monte	(VTM)	0,00 m <sup>3</sup>	Dist. asse paraghiaia-filo esterno muro		0,86 m
Altezza paraghiaia	(HPG)	2,80 m	Spessore paraghiaia	(SPG)	0,60 m

**CALCOLO DELLE SPINTE DEL TERRENO:****Dati di ingresso:**

coeff. sismico orizzontale	0,04
coeff. sismico verticale	0,08
attrito interno	32 °
attrito muro-terreno	21,33 °
coesione terreno	0,00 t/m <sup>2</sup>
peso specifico terreno	1,90 t/m <sup>3</sup>

**Coefficienti di spinta:**

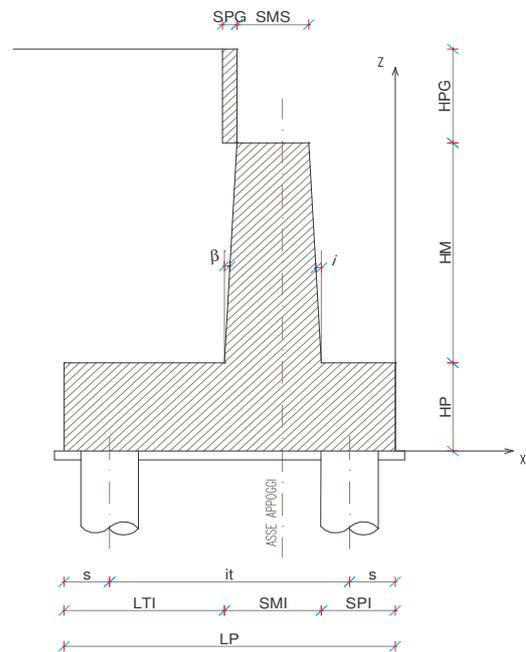
Ko =	0,47008
Ka,stat =	0,27502 ( $\delta \neq 0$ )
Ka,sism =	0,30726 ( $\delta = 0$ )
Kae =	0,33228
$\Delta Kae =$	0,02502 (= Kae - Ka,sism)
I =	1 Coefficiente di protezione sismica

**Dati di calcolo:**

psi =	0,043451 rad
fi =	0,55851 rad
delta =	0,37234 rad
beta =	0,00000 rad
i =	0,00000 rad

**SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO**

Combinazioni	Fx t/m	Fz t/m	My tm/m
A I1	18,91	-43,95	36,22
A I2	18,91	-43,95	36,22
A II1	22,85	-45,49	45,09
A II2	22,85	-45,49	45,09
A II3	22,85	-45,49	45,09
A II4	22,85	-45,49	45,09
A III1	22,85	-45,49	45,09
A III2	22,85	-45,49	45,09
A III3	22,85	-45,49	45,09
A III4	22,85	-45,49	45,09
A IV1	22,85	-45,49	45,09
A IV2	22,85	-45,49	45,09
A IV3	22,85	-45,49	45,09
A IV4	22,85	-45,49	45,09
A V Z+/X+	14,83	-38,86	29,57
A V Z+/Y+	14,83	-38,86	29,57
A V Z+/Y-	14,83	-38,86	29,57
A V Z-/X+	14,83	-38,86	29,57
A V Z-/Y+	14,83	-38,86	29,57
A V Z-/Y-	14,83	-38,86	29,57
Fessurazione	21,66	-45,02	42,43



**SCARICHI DELL'IMPALCATO SU UN APPOGGIO DELLA SPALLA PER CONDIZIONE DI CARICO**  
(APPOGGIO FISSO SPALLA S1)

Condizioni	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My
		(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)
Peso proprio struttura	g1	0,00	0,00	-1065,9	0,00	0,00
Carichi permanenti portati	g2	0,00	0,00	-431,28	0,00	0,00
Altre azioni permanenti	g3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Distorsioni e presollecitazioni	ε1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ritiro del calcestruzzo	ε2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Variazioni termiche	ε3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Scorrimenti viscosi	ε4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cedimenti vincolari	ε5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Carichi mobili Nmax	(q1+q2) <sub>Nmax</sub>	0,00	0,00	-1227,79	0,00	0,00
Carichi mobili Mxmax	(q1+q2) <sub>Mxmax</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frenamento	q3	181,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Azione centrifuga	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azione del vento scarico	q5scar.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azione del vento carico	q5car.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sismica lungo X		360,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sismica lungo Y	q6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sismica lungo Z		0,00	0,00	360,00	0,00	0,00
Attrito appoggi	q7	112,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Urto	q8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Altre variabili	q9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**SCARICHI DELL'IMPALCATO SU UN APPOGGIO DELLA SPALLA PER COMBINAZIONE DI CARICO**

Combinazioni		Fx	Fy	Fz	Mx	My
		(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)
1	A I <sub>1</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	0,00
2	A I <sub>2</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	0,00
3	A II <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2724,97	0,00	0,00
4	A II <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2724,97	0,00	0,00
5	A II <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	0,00
6	A II <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	0,00
7	A III <sub>1</sub>	293,70	0,00	-2724,97	0,00	0,00
8	A III <sub>2</sub>	293,70	0,00	-2724,97	0,00	0,00
9	A III <sub>3</sub>	293,70	0,00	-1497,18	0,00	0,00
10	A III <sub>4</sub>	293,70	0,00	-1497,18	0,00	0,00
11	A IV <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2724,97	0,00	0,00
12	A IV <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2724,97	0,00	0,00
13	A IV <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	0,00
14	A IV <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	0,00
15	A V Z <sup>+</sup> /X <sup>+</sup>	360,00	0,00	-1137,18	0,00	0,00
16	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1137,18	0,00	0,00
17	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>-</sup>	0,00	0,00	-1137,18	0,00	0,00
18	A V Z <sup>-</sup> /X <sup>+</sup>	360,00	0,00	-1857,18	0,00	0,00
19	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1857,18	0,00	0,00
20	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	0,00	0,00	-1857,18	0,00	0,00

**DATI DI CALCOLO SPERONE DEL MURO FRONTALE DELLA SPALLA**

Dimensione sperone lungo X	h =	<b>3,25</b> m
Dimensione sperone lungo Y	b =	<b>1,60</b> m
Larghezza spalla	B =	<b>12,00</b> m
Distanza lungo X baricentro sezione sperone e asse appoggio	dx =	<b>0,52</b> m
Distanza lungo Y baricentro sezione sperone e asse appoggio	dy =	<b>0,00</b> m
Quota di applicazione delle azioni sull'appoggio dallo spiccato di fondazioni	z =	<b>4,95</b> m

**SCARICHI DELL'IMPALCATO SU UN APPOGGIO APPLICATE AL BARICENTRO SEZIONE SPERONE**

Combinazioni		Fx	Fy	Fz	Mx	My
		(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)
1	A I <sub>1</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	1335,41
2	A I <sub>2</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	1335,41
3	A II <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2724,97	0,00	1973,86
4	A II <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2724,97	0,00	1973,86
5	A II <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	1335,41
6	A II <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	1335,41
7	A III <sub>1</sub>	293,70	0,00	-2724,97	0,00	2870,80
8	A III <sub>2</sub>	293,70	0,00	-2724,97	0,00	2870,80
9	A III <sub>3</sub>	293,70	0,00	-1497,18	0,00	2232,35
10	A III <sub>4</sub>	293,70	0,00	-1497,18	0,00	2232,35
11	A IV <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2724,97	0,00	1973,86
12	A IV <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2724,97	0,00	1973,86
13	A IV <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	1335,41
14	A IV <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,18	0,00	1335,41
15	A V Z <sup>+</sup> /X <sup>+</sup>	360,00	0,00	-1137,18	0,00	2373,33
16	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1137,18	0,00	591,33
17	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>-</sup>	0,00	0,00	-1137,18	0,00	591,33
18	A V Z <sup>-</sup> /X <sup>+</sup>	360,00	0,00	-1857,18	0,00	2747,73
19	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1857,18	0,00	965,73
20	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	0,00	0,00	-1857,18	0,00	965,73

**AZIONI TOTALI (SPALLA + IMPALCATO) APPLICATE AL BARICENTRO SEZIONE SPERONE**

Combinazioni		Fx	Fy	Fz	Mx	My
		(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)
1	A I <sub>1</sub>	1246,87	0,00	-4133,96	0,00	3508,68
2	A I <sub>2</sub>	1246,87	0,00	-4133,96	0,00	3508,68
3	A II <sub>1</sub>	1483,32	0,00	-5454,10	0,00	4679,14
4	A II <sub>2</sub>	1483,32	0,00	-5454,10	0,00	4679,14
5	A II <sub>3</sub>	1483,32	0,00	-4226,31	0,00	4040,69
6	A II <sub>4</sub>	1483,32	0,00	-4226,31	0,00	4040,69
7	A III <sub>1</sub>	1664,52	0,00	-5454,10	0,00	5576,08
8	A III <sub>2</sub>	1664,52	0,00	-5454,10	0,00	5576,08
9	A III <sub>3</sub>	1664,52	0,00	-4226,31	0,00	4937,63
10	A III <sub>4</sub>	1664,52	0,00	-4226,31	0,00	4937,63
11	A IV <sub>1</sub>	1483,32	0,00	-5454,10	0,00	4679,14
12	A IV <sub>2</sub>	1483,32	0,00	-5454,10	0,00	4679,14
13	A IV <sub>3</sub>	1483,32	0,00	-4226,31	0,00	4040,69
14	A IV <sub>4</sub>	1483,32	0,00	-4226,31	0,00	4040,69
15	A V Z <sup>+</sup> /X <sup>+</sup>	1249,60	0,00	-3468,59	0,00	4147,34
16	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>+</sup>	889,60	0,00	-3468,59	0,00	2365,34
17	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>-</sup>	889,60	0,00	-3468,59	0,00	2365,34
18	A V Z <sup>-</sup> /X <sup>+</sup>	1249,60	0,00	-4188,59	0,00	4521,74
19	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>+</sup>	889,60	0,00	-4188,59	0,00	2739,74
20	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	889,60	0,00	-4188,59	0,00	2739,74

**COMBINAZIONI PIU' GRAVOSE**

Combinazione per momento totale massimo		Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
7	A III1	1664,52	0,00	-5454,10	0,00	5576,08

Combinazione per sforzo normale massimo		Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
7	A III1	1664,52	0,00	-5454,10	0,00	5576,08

Combinazione per sforzo normale minimo		Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
15	A V Z+/X+	1249,60	0,00	-3468,59	0,00	4147,34

Combinazione per taglio massimo lungo X		Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
9	A III3	1664,52	0,00	-4226,31	0,00	4937,63

## SPALLA IN C.A.: VERIFICA STRUTTURALE DELLA SEZIONE DELLO SPERONE

OPERA: S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
 OGGETTO: SPALLA FISSA S1

Verifica a presso-flessione della sezione di base dello sperone

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica sperone - grotticella1 - Mmax

Titolo: Verifica sperone - Grotticelle1 - Mmax

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	160	325	1	15,71	5
			2	22,62	320

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub> 5454,1 kN  
 M<sub>xSd</sub> 8364,13 kNm  
 M<sub>ySd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali: FeB44k C25/30

ε<sub>su</sub> 10 ‰ ε<sub>cu</sub> 3,5  
 f<sub>yd</sub> 373,9 N/mm² f<sub>cd</sub> 15,63  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² α 0,85  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 ε<sub>syd</sub> 1,870 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
 τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 10,571 kNm

σ<sub>c</sub> -12,91 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 373,9 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 1,663 ‰  
 ε<sub>s</sub> 10,00 ‰  
 d 320,0 cm  
 x 45,64 x/d 0,1426  
 δ 0,7000

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi  
 a T Circolare  
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso: Predeformazione acciaio 0 ‰

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica sperone - grotticella1 - Nmax(-)

Titolo: Verifica sperone - Grotticelle1 - Nmax(-)

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	160	325	1	15,71	5
			2	22,62	320

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub> 5454,1 kN  
 M<sub>xSd</sub> 8364,13 kNm  
 M<sub>ySd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali: FeB44k C25/30

ε<sub>su</sub> 10 ‰ ε<sub>cu</sub> 3,5  
 f<sub>yd</sub> 373,9 N/mm² f<sub>cd</sub> 15,63  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² α 0,85  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 ε<sub>syd</sub> 1,870 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
 τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 10,571 kNm

σ<sub>c</sub> -12,91 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 373,9 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 1,663 ‰  
 ε<sub>s</sub> 10,00 ‰  
 d 320,0 cm  
 x 45,64 x/d 0,1426  
 δ 0,7000

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi  
 a T Circolare  
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso: Predeformazione acciaio 0 ‰

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica sperone - grotticella1 - Nmin(-)

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

**Titolo:** Verifica sperone - Grotticelle1 - Nmin(-)

N\* figure elementari  Zoom N\* strati barre  Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	160	325

N*	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	5
2	22,62	320

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Sd</sub> 3468,59 0 kN  
 M<sub>xSd</sub> 6221,01 0 kNm  
 M<sub>ySd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Materiali**  
 FeB44k C25/30  
 ε<sub>su</sub> 10 ‰ ε<sub>cu</sub> 3,5  
 f<sub>yd</sub> 373,9 N/mm² f<sub>cd</sub> 15,63  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² α 0,85  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 ε<sub>syd</sub> 1,870 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
 τ<sub>c1</sub> 1,829

**P.to rottura**  
 Lato acciaio - Acciaio snervato  
 M<sub>xRd</sub> 7,806 kNm  
 σ<sub>c</sub> -11,64 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 373,9 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 1,295 ‰  
 ε<sub>s</sub> 10,00 ‰  
 d 320,0 cm  
 x 36,69 x/d 0,1147  
 δ 0,7000

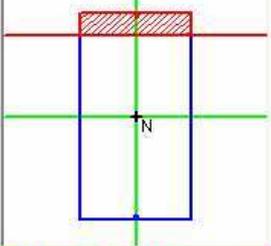
**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

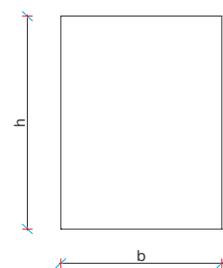
N\* rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso:  
 Predeformazione acciaio 0 ‰



**Verifica a Taglio della sezione di base dello sperone**

F <sub>x</sub> =	1664,52 KN	Taglio massimo agente sulla sezione
V <sub>sd</sub> =	2496,78 KN	Taglio ultimo agente sulla sezione
N <sub>k</sub> =	4226,31 KN	Sforzo normale dovuta a carichi o precompressione (compressione positiva)
A <sub>c</sub> =	5200000 mm <sup>2</sup>	Area sezione
f <sub>ck</sub> =	25 Mpa	Resistenza caratteristica del cls
f <sub>cd</sub> =	16 Mpa	Resistenza di calcolo del cls
f <sub>yk</sub> =	430 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
f <sub>yd</sub> =	374 Mpa	Tensione di calcolo di snervamento
c =	40 mm	Copriferro
d =	3210 mm	Altezza utile della sezione
b =	1600 mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
τ <sub>rd</sub> =	0,28 Mpa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento (γ <sub>c</sub> = 1,6)
k =	1,00	
A <sub>s,r</sub> =	226200 mm <sup>2</sup>	Area delle armature di trazione
ρ <sub>l</sub> =	0,0440421	
v =	0,575	Fattore di efficienza
V <sub>rd1</sub> =	4893,54 KN	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura
V <sub>rd2</sub> =	20764,69 KN	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse



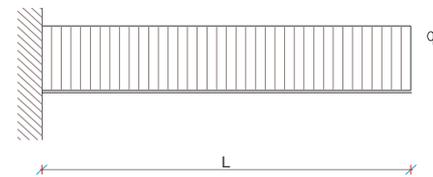
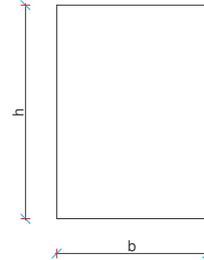
**Non è necessaria armatura specifica a taglio**

**SPALLA IN C.A.: VERIFICA A FLESSIONE DEL PARAMENTO DEL MURO FRONTALE**

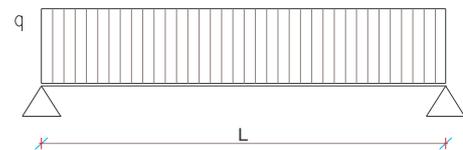
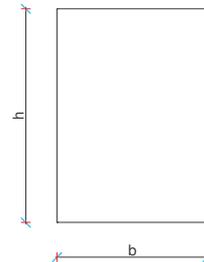
**OPERA:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
**OGGETTO:** SPALLA FISSA S1

**CALCOLO DELL'ARMATURA A FLESSIONE TRATTI DI ESTREMITA' (MENSOLA INCASTRATA)**

L =	<b>2,00</b> m	Lunghezza mensola
q =	<b>277,42</b> kN/m	Carico distribuito sulla mensola
Mk =	<b>554,84</b> KNm	Momento massimo negativo agente sulla sezione
Msd =	<b>832,26</b> KNm	Momento ultimo agente sulla sezione
fck =	<b>25</b> Mpa	Resistenza caratteristica del cls
fcd =	<b>16</b> Mpa	Resistenza di calcolo del cls
fyk =	<b>430</b> Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
fyd =	<b>374</b> Mpa	Tensione di calcolo di snervamento
b =	<b>1,00</b> m	
d =	<b>0,95</b> m	
$\mu$ =	0,05902	Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\omega_0$ =	0,0625022	Rapporto meccanico di armatura
As <sub>0</sub> =	24,81 cm <sup>2</sup>	Armatura di calcolo necessaria
As <sub>min</sub> =	14,25 cm <sup>2</sup>	Armatura minima
$\phi$ =	<b>20</b> mm	Diametro armatura
<b>As =</b>	<b>24,81 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 8Ø20/m</b>

**CALCOLO DELL'ARMATURA A FLESSIONE TRATTO CENTRALE (TRAVE APPOGGIATA)**

L =	<b>4,00</b> m	Lunghezza trave
q =	<b>277,42</b> kN/m	Carico distribuito sulla trave
Mk =	<b>554,84</b> KNm	Momento massimo negativo agente sulla sezione
Msd =	<b>832,26</b> KNm	Momento ultimo agente sulla sezione
fck =	<b>25</b> Mpa	Resistenza caratteristica del cls
fcd =	<b>16</b> Mpa	Resistenza di calcolo del cls
fyk =	<b>430</b> Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
fyd =	<b>374</b> Mpa	Tensione di calcolo di snervamento
b =	<b>1,00</b> m	
d =	<b>0,95</b> m	
$\mu$ =	0,05902	Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\omega_0$ =	0,0625022	Rapporto meccanico di armatura
As <sub>0</sub> =	24,81 cm <sup>2</sup>	Armatura di calcolo necessaria
As <sub>min</sub> =	14,25 cm <sup>2</sup>	Armatura minima
$\phi$ =	<b>20</b> mm	Diametro armatura
<b>As =</b>	<b>24,81 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 8Ø20/m</b>



## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA FISSA S1**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

#### **ALLEGATO 4**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 4	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: CALCOLO DEL MURO DI RISVOLTO**

**OGGETTO:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
**OPERA:** SPALLA FISSA S1

**DATI GEOMETRICI:**

Lunghezza platea:	(LP)	<b>11</b> m	Sbalzo platea inferiore:	(SPI)	<b>0,60</b> m
Spessore platea:	(HP)	<b>1,6</b> m	Lunghezza terreno superiore:	(LTS)	10,08 m
Lunghezza platea a monte:	(LTI)	<b>9,35</b> m	Sbalzo platea superiore:	(SPS)	0,60 m
Spessore inferiore muro:	(SMI)	<b>1,05</b> m	Incremento di altezza terrapieno:	(HT)	0,00 m
Spessore superiore muro:	(SMS)	<b>0,33</b> m	Altezza tot. terreno dietro platea:	(HTOT)	8,85 m
Altezza muro:	(HM)	<b>7,25</b> m	Inclinazione interna muro:	(BETAM)	0,0997 rad
Inclinazione interna muro:		<b>5,711</b> °(>=0)	Inclinazione esterna muro:	(IEM)	0,0000 rad (>=0)
Inclinazione terrapieno:		<b>0,000</b> °(>=0)	Inclinazione terrapieno:	(IT)	0,0000 rad

**CALCOLO DELLE SPINTE DEL TERRENO:****Dati di ingresso:**

coeff. sismico orizzontale	<b>0,04</b>
coeff. sismico verticale	<b>0,00</b>
attrito interno	<b>32</b> °
attrito muro-terreno	<b>21,333</b> °
coesione terreno	<b>0,00</b> t/m <sup>2</sup>
peso specifico terreno	<b>1,90</b> t/m <sup>3</sup>

**Coefficienti di spinta:**

Ko =	0,47008
Ka,stat =	0,31820 (δ ≠ 0)
Ka,sism =	0,34739 (δ = 0)
Kae =	0,37054
ΔKae =	0,02315 (= Kae - Ka,sism)
I =	<b>1</b> Coefficiente di protezione sismica

**Dati di calcolo:**

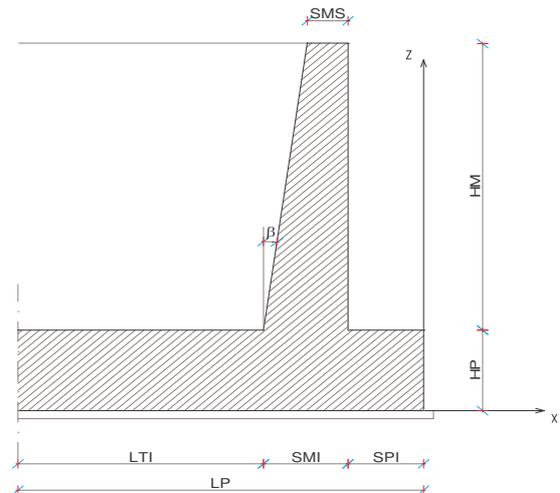
psi =	0,039979 rad
fi =	0,55851 rad
delta =	0,37234 rad
beta =	0,09968 rad
i =	0,00000 rad

**COMBINAZIONI DI CALCOLO:**

Combinazioni	Regime (1=attivo; 2=a riposo)	Tipo (1=statica; 2=sismica)	Variabile	Svio
Statica	<b>2</b>	1	0	0
Statica + variabile	<b>2</b>	1	1	0
Statica + variabile + svio	<b>2</b>	1	1	<b>1</b>
Sismica	<b>2</b>	2	0	0
Fessurazione	<b>2</b>	1	0,7	0

**SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO**

Combinazioni	Fx t/m	Fz t/m	M tm/m
Statica	20,91	-23,13	50,52
Statica + variabile	26,98	-26,23	72,53
Statica + variabile + svio	28,98	-26,23	88,83
Sismica	16,98	-20,87	43,80
Fessurazione	25,16	-25,30	65,93

**COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA:**

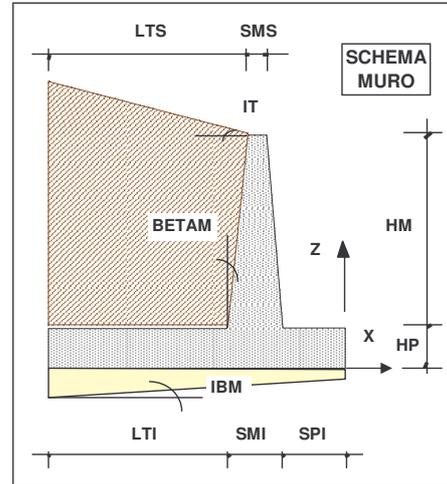
Combinazioni	Fx t/m	Fz t/m	M tm/m
Statica + variabile + svio	<b>28,98</b>	<b>-26,23</b>	<b>88,83</b>

**COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA:****Statica + variabile + svio****DATI MECCANICI:**

Coeff. di spinta [Fz(IT,BETAM)]:	(KS)	<b>0,470</b>	Angolo di attrito muro-terreno:	(DELTAM)	0,3723 rad
Angolo di attrito muro-terreno:		<b>21,33 °</b>	Angolo di attrito platea-magrone:	(DELTAC)	0,6109 rad
Peso di volume terreno:	(PTER)	<b>1,90 tf/m<sup>3</sup></b>	Angolo di attrito magrone-terreno:	(DELTAT)	0,3840 rad
Peso di volume calcestruzzo:	(PCLS)	<b>2,5 tf/m<sup>3</sup></b>	Inclinazione spinta su muro:	(ISM)	0,4720 rad
Angolo di attrito platea- magrone:		<b>35,00 °</b>	Inclinazione spinta su platea:	(IST)	0,3723 rad
Angolo di attrito magrone-terreno:		<b>22,00 °</b>			

**DATI DI CARICO:**

Acc sismica orizzontale:	(ASO)	<b>0 g</b>
Acc sismica vert. (+ verso alto):	(ASV)	<b>0 g</b>
Incremento sismico spinta:	(DKS)	<b>0,00000</b>
Acc.orizz.su terreno sopra platea:	(AOT)	<b>0 (1= si, 0= no)</b>
Sovraccarico a monte:	(QSM)	<b>2 tf/m<sup>2</sup></b>
Carico equivalente terreno:	(CET)	<b>0,00 tf/m<sup>2</sup></b>
Percentuale sovr. su platea:	(SSP)	<b>100 (0 -100%)</b>
Sovraccarico a valle:	(QSV)	<b>0 tf/m<sup>2</sup></b>
Livello acqua falda:	(ZWF)	<b>0 m (da estr. platea)</b>
Press. idrostatica dietro muro:	(ADM)	<b>0 (1= si, 0= no)</b>
Forze in cima al muro:		
Forza verticale (verso l'alto):	(FZM)	<b>0 tf/m</b>
Forza orizzontale (verso valle):	(FXM)	<b>2 tf/m</b>
Coppia (oraria):	(MYM)	<b>0 tfm/m</b>
Braccio da estradosso muro:	(EZM)	<b>0,9 m (&gt;0 in alto)</b>
Braccio da filo est. sup. muro:	(EXM)	<b>0 m (&gt;0 a valle)</b>

**SOLLECITAZIONI SU PARAMENTO MURO:**

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	S (cm)	Xg (m)	qh (tf/m <sup>2</sup> )	qv (in alto) (tf/m <sup>2</sup> )	Vk (tf/m)	Nk (tf/m)	Mk (tfm/m)
0	0,00	7,25	33	0,762	0,84	-1,24	2,0	0,0	1,8
1	0,73	6,53	40	0,799	1,41	-1,72	2,8	-1,1	3,5
2	1,45	5,80	47	0,835	1,99	-2,19	4,1	-2,5	6,0
3	2,18	5,08	54	0,871	2,57	-2,67	5,7	-4,2	9,5
4	2,90	4,35	62	0,907	3,14	-3,14	7,8	-6,4	14,4
5	3,63	3,63	69	0,944	3,72	-3,62	10,3	-8,8	20,9
6	4,35	2,90	76	0,980	4,30	-4,09	13,2	-11,6	29,3
7	5,08	2,18	83	1,016	4,87	-4,57	16,5	-14,7	40,1
8	5,80	1,45	91	1,052	5,45	-5,05	20,2	-18,2	53,4
9	6,53	0,73	98	1,089	6,03	-5,52	24,4	-22,1	69,5
10	7,25	0,00	105	1,125	6,60	-6,00	29,0	-26,2	88,8

**LEGENDA:**

- Z da PS quota sezione da estradosso platea
- Z da MS quota sezione da estradosso muro
- S = spessore sezione
- Xg = distanza baricentro sezione da filo esterno platea
- qh = carico distribuito orizzontale dietro muro (+ verso valle)
- qv = carico distribuito verticale dietro muro (+ verso l'alto)
- Nk = sforzo normale caratt. (compressione negativa)
- Vk = sforzo di taglio caratt.
- Mk = momento flettente caratt. (positivo per trazione a monte)

**VERIFICHE A S.L.U DEL PARAMENTO DEL MURO****Combinazione più gravosa: Statica + variabile + svio****PARAMETRI DI RESISTENZA:**

Resistenza caratt. cls:	Rck =	<b>300,0</b> kgf/cm <sup>2</sup>	v fcd =	89,9 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione di calcolo cls:	fcd =	<b>155,6</b> kgf/cm <sup>2</sup>	$\tau_{rd}$ =	2,84 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo cls:	fctd =	<b>11,4</b> kgf/cm <sup>2</sup>	$\theta$ =	<b>27,0</b> °
Tens. snervamento di calcolo armat. long.:	fyd1 =	<b>3826,1</b> kgf/cm <sup>2</sup>	$\theta$ =	0,4712 rad
Tens. snervamento di calcolo staffe:	fyd2 =	<b>3826,1</b> kgf/cm <sup>2</sup>		
Distanza asse armatura da filo spalla:	c =	<b>4,2</b> cm		

**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	Nsd (tf/m)	Msd (tfm/m)	$\mu_{sd}$	$\omega_{sd}$	As, nec (cm <sup>2</sup> /m)	As, min. (cm <sup>2</sup> /m)	As, disp. (cm <sup>2</sup> /m)	h da estr. platea (m)
0	32,5	28,3	0,0	2,7	0,02166	0,02213	2,6	4,2	<b>20,9</b>	7,25
1	39,8	35,6	-1,1	5,3	0,02770	0,02847	3,9	5,3	<b>20,9</b>	6,53
2	47,0	42,8	-2,5	9,0	0,03317	0,03427	5,3	6,4	<b>20,9</b>	5,80
3	54,3	50,1	-4,2	14,2	0,03903	0,04056	7,2	7,5	<b>20,9</b>	5,08
4	61,5	57,3	-6,4	21,5	0,04544	0,04751	9,5	8,6	<b>20,9</b>	4,35
5	68,8	64,6	-8,8	31,3	0,05237	0,05511	12,2	9,7	<b>20,9</b>	3,63
6	76,0	71,8	-11,6	44,0	0,05974	0,06330	15,5	10,8	<b>20,9</b>	2,90
7	83,3	79,1	-14,7	60,1	0,06747	0,07202	19,4	11,9	<b>20,9</b>	2,18
8	90,5	86,3	-18,2	80,0	0,07550	0,08120	23,9	12,9	<b>51,1</b>	1,45
9	97,8	93,6	-22,1	104,3	0,08379	0,09081	28,9	14,0	<b>51,1</b>	0,73
10	105,0	100,8	-26,2	133,2	0,09228	0,10079	34,6	15,1	<b>51,1</b>	0,00

**LEGENDA:**

Nsd = sforzo normale ultimo	$\mu_{sd}$ = momento ridotto, riferito all'armatura tesa
Msd = momento flettente ultimo	$\omega_{sd}$ = percentuale meccanica di armatura
As,nec = area di armatura tesa necessaria	As, min = area di armatura tesa minima (= 0.15% bw d)
As, disp = area effettivamente disposta	$\theta$ = inclinazione bielle compresse (verifica a taglio)

**VERIFICHE A TAGLIO:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	Vsd (tf/m)	Vrd1 (tf/m)	$\theta$ (rad)	Vrd2 (tf/m)	Vrd3 (tf/m)	As/s nec. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	As/s disp. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	h da estr. platea (m)
0	32,5	28,3	3,0	15,9	0,7854	114,5	0,0	0,0	<b>0,0</b>	7,25
1	39,8	35,6	4,2	18,1	0,7854	143,9	0,0	0,0	<b>0,0</b>	6,53
2	47,0	42,8	6,1	19,9	0,7854	173,2	0,0	0,0	<b>0,0</b>	5,80
3	54,3	50,1	8,6	21,4	0,7854	202,5	0,0	0,0	<b>0,0</b>	5,08
4	61,5	57,3	11,7	22,5	0,7854	231,9	0,0	0,0	<b>0,0</b>	4,35
5	68,8	64,6	15,4	24,4	0,7854	261,2	0,0	0,0	<b>0,0</b>	3,63
6	76,0	71,8	19,8	26,9	0,7854	290,6	0,0	0,0	<b>0,0</b>	2,90
7	83,3	79,1	24,7	29,3	0,7854	319,9	0,0	0,0	<b>0,0</b>	2,18
8	90,5	86,3	30,4	35,3	0,7854	349,2	0,0	0,0	<b>0,0</b>	1,45
9	97,8	93,6	36,6	37,7	0,7854	378,6	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,73
10	105,0	100,8	43,5	40,2	0,4712	330,0	43,5	6,4	<b>7,0</b>	0,00

**LEGENDA:**

Vsd = sforzo di taglio ultimo	Vrd2 = resistenza biella compressa
Vrd1 = resistenza a taglio senza armature specifiche	Vrd3 = sollecitazione su armature a taglio
As/s,nec = area a taglio necessaria	As/s, disp = area a taglio effettivamente disposta

**VERIFICHE A FESSURAZIONE**Apertura massima fessure:  $w_k = 0,1$  mm

Elem.	Sez. n.	Dist. (m)	Spess. (m)	Nk (tf/m)	Mk (tfm/m)	/MFes/ (tfm/m)	Ast (cm <sup>2</sup> )	$\phi t$ (mm)	$(c+\phi/2)t$ (cm)	Asc (cm <sup>2</sup> )	$(c+\phi/2)c$ (cm)	X (cm)	$\sigma_s$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{sr}$	K <sub>2</sub>	$\rho_r$	$\beta_2$	s <sub>rm</sub> (mm)	$\epsilon_{sm}$	w <sub>k</sub> (mm)	Verifica fess.
muro	0	7,25	0,33	0,00	0,00	4,53	20,94	20	4,2	20,94	4,2	9,3	0	869	0,773	0,0271	0,5	164,1	0,0E+0	0,000	si
muro	1	6,53	0,40	-0,98	0,20	6,84	20,94	20	4,2	20,94	4,2	20,0	11	1005	0,735	0,0318	0,5	142,5	0,0E+0	0,000	si
muro	2	5,80	0,47	-2,30	1,02	9,66	20,94	20	4,2	20,94	4,2	17,4	77	1139	0,823	0,0212	0,5	205,0	0,0E+0	0,000	si
muro	3	5,08	0,54	-3,97	2,75	12,99	20,94	20	4,2	20,94	4,2	17,6	203	1270	0,857	0,0199	0,5	221,8	0,0E+0	0,000	si
muro	4	4,35	0,62	-5,98	5,70	16,84	20,94	20	4,2	20,94	4,2	18,3	389	1396	0,878	0,0199	0,5	226,1	0,0E+0	0,000	si
muro	5	3,63	0,69	-8,34	10,17	21,24	20,94	20	4,2	20,94	4,2	19,2	635	1519	0,894	0,0199	0,5	229,3	0,0E+0	0,000	si
muro	6	2,90	0,76	-11,04	16,46	26,18	20,94	20	4,2	20,94	4,2	20,1	943	1637	0,906	0,0199	0,5	231,7	0,0E+0	0,000	si
muro	7	2,18	0,83	-14,09	24,88	31,69	20,94	20	4,2	20,94	4,2	21,1	1311	1752	0,916	0,0199	0,5	233,6	6,7E-5	0,027	si
muro	8	1,45	0,91	-17,48	35,73	37,78	51,1	24	4,2	51,1	4,2	29,7	732	783	0,914	0,0487	0,5	140,1	1,5E-4	0,036	si
muro	9	0,73	0,98	-21,22	49,31	44,46	51,1	24	4,2	51,1	4,2	31,1	938	828	0,921	0,0487	0,5	140,9	2,7E-4	0,065	si
muro	10	0,00	1,05	-25,30	65,93	51,74	51,1	24	4,2	51,1	4,2	32,5	1169	873	0,928	0,0487	0,5	141,5	4,0E-4	0,097	si

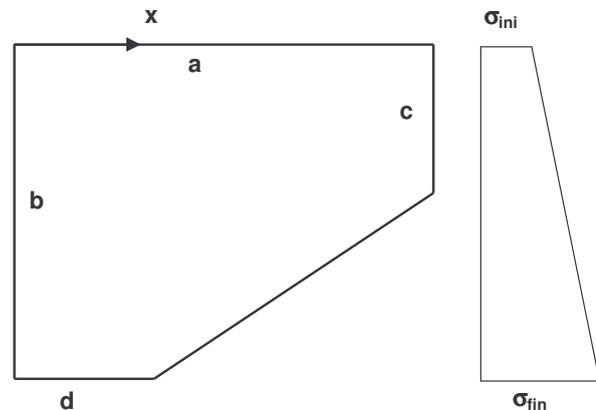
**LEGENDA:**

Nk = sforzo normale caratteristico  
Mk = momento flettente caratteristico  
Mfes= momento di fessurazione  
Ast = area tesa di acciaio  
 $\phi t$  = diametro delle armature tese  
Asc = area compressa di acciaio  
X = distanza asse neutro da lembo compresso  
 $c+\phi/2$  distanza tra asse armature e filo muro

$\sigma_s$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata  
 $\sigma_{sr}$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata sotto la condizione di calcolo che induce la prima fessura  
 $\beta_2$  = coefficiente per carichi ripetuti  
 $\rho_r$  = rapporto di armatura efficace  
K<sub>2</sub> = coefficiente relativo alla forma del diagramma delle deformazioni  
s<sub>rm</sub> = distanza media finale tra le fessure  
 $\epsilon_{sm}$  = deformazione media

**SPALLA IN C.A.: CALCOLO DEL MURO A BANDIERA****OPERA: S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST****OGGETTO: SPALLA FISSA S1****DATI GEOMETRICI**

Lato a	<b>2,30</b> m
Lato b	<b>2,56</b> m
Lato c	<b>1,00</b> m
Lato d	<b>0,00</b> m
Spessore superiore	<b>0,33</b> m
Spessore inferiore	<b>0,585</b> m
Altezza muro	<b>7,25</b> m



Categoria Sismica		<b>III</b>
Grado di sismicità	S =	<b>6</b>
Coefficiente di intensità sismica	C =	<b>0,04</b>
Coefficiente di protezione sismico	I =	<b>1</b>
Coefficiente di struttura	$\beta$ =	<b>1</b>
Coefficiente di fondazione	$\epsilon$ =	<b>1</b>
Coefficiente sismico orizzontale	kh =	0,04
Coefficiente sismico verticale	kv =	0,08

Peso specifico del terreno	$\gamma_t$ =	<b>19</b> KN/mc
Peso specifico cls	$\gamma_{cls}$ =	<b>25</b> KN/mc

Inclinazione paramento interno	$\beta$ =	5,71 °
Inclinazione terrapieno a monte	i =	<b>0,000</b> °
Angolo di attrito interno	$\phi'$ =	<b>32</b> °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$ =	21,333 °

Regime di spinta **1** (0=riposo; 1=attiva)**COEFFICIENTI DI SPINTA**

Coefficiente di spinta a riposo	$K_0$ =	0,470
Coefficiente di spinta attiva	$K_a$ =	0,318

Angolo Teta	$\theta$ =	2,490 °
Coefficiente di Arrango	A =	0,990
Inclinazione terrapieno a monte sismico	$i'$ =	2,490 °
Inclinazione paramento interno sismico	$\beta'$ =	8,197 °

Coefficiente di spinta attiva sismico	$K'_a$ =	0,350
---------------------------------------	----------	-------

Coefficiente di spinta statico	$K_{statico}$ =	0,318
Coefficiente di incremento di spinta sismica	$\Delta K$ =	0,000 (= A * $K'_a$ - $K_{statico}$ )

**CARICHI**

Sovraccarico                      20 kN/m<sup>2</sup>                      passo montanti =                      **1,33** m  
 Svio                                      26,9 kN                                      applicate a x =                      1,10 m

**SOLLECITAZIONI**

$\sigma_{iniz.} =$                       6,36 kN/m<sup>2</sup>  
 $\sigma_{fin.} =$                       21,84 kN/m<sup>2</sup>

z (m)	x (m)	$\sigma_h$ (kN/m <sup>2</sup> )	da spinte		da svio	
			Mk (kNm/m)	Vk (kN/m)	Mk (kNm/m)	Vk (kN/m)
0,00	2,30	6,36	16,83	14,64	11,55	10,50
0,26	2,30	7,91	20,92	18,20	11,55	10,50
0,51	2,30	9,46	25,02	21,75	11,55	10,50
0,77	2,30	11,01	29,11	25,31	11,55	10,50
1,02	2,26	12,55	32,19	28,43	11,55	10,50
1,28	1,89	14,10	25,11	26,61	11,55	10,50
1,54	1,51	15,65	17,83	23,63	11,55	10,50
1,79	1,13	17,20	11,02	19,47	11,55	10,50
2,05	0,75	18,74	5,34	14,15	11,55	10,50
2,30	0,38	20,29	1,45	7,66	11,55	10,50
2,56	0,00	21,84	0,00	0,00	11,55	10,50

**VERIFICHE MURO A BANDIERA A STATO LIMITE ULTIMO**

COMBINAZIONE DI CARICO      STATICA CON SVIO

**PARAMETRI DI RESISTENZA:**

Resistenza caratt. cls:	Rck =	30,0 N/mm <sup>2</sup>	v fcd =	9,55 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione di calcolo cls:	fcd =	16,6 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{rd}$ =	0,28 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo cls:	fctd =	1,1 N/mm <sup>2</sup>	$\theta$ =	26,6 °
Tens. snervamento di calcolo armat. long.:	fyd1 =	430,0 N/mm <sup>2</sup>	$\theta$ =	0,4643 rad
Tens. snervamento di calcolo staffe:	fyd2 =	430,0 N/mm <sup>2</sup>		
Distanza asse armatura da filo spalla:	c =	4,2 cm		

**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	Nsd (kN/m)	Msd (kNm/m)	$\mu_{sd}$	$\omega_{sd}$	As, nec (cm <sup>2</sup> /m)	As, min. (cm <sup>2</sup> /m)	As, disp. (cm <sup>2</sup> /m)	z (m)
0	33,0	28,8	0,00	42,58	0,0309	0,0319	3,5	4,3	10,1	0,00
1	35,6	31,4	0,00	48,72	0,0299	0,0308	3,7	4,7	10,1	0,26
2	38,1	33,9	0,00	54,86	0,0288	0,0296	3,9	5,1	10,1	0,51
3	40,7	36,5	0,00	61,00	0,0277	0,0284	4,0	5,5	10,1	0,77
4	43,2	39,0	0,00	65,62	0,0260	0,0267	4,0	5,9	10,1	1,02
5	45,8	41,6	0,00	55,00	0,0192	0,0196	3,1	6,2	10,1	1,28
6	48,3	44,1	0,00	44,08	0,0137	0,0138	2,4	6,6	10,1	1,54
7	50,9	46,7	0,00	33,87	0,0094	0,0095	1,7	7,0	10,1	1,79
8	53,4	49,2	0,00	25,34	0,0063	0,0063	1,2	7,4	10,1	2,05
9	56,0	51,8	0,00	19,50	0,0044	0,0044	0,9	7,8	10,1	2,30
10	58,5	54,3	0,00	17,3307	0,0035	0,0036	0,7	8,1	10,1	2,56

**LEGENDA:**

Nsd = sforzo normale ultimo	$\mu_{sd}$ = momento ridotto, riferito all'armatura tesa
Msd = momento flettente ultimo	$\omega_{sd}$ = percentuale meccanica di armatura
As,nec = area di armatura tesa necessaria	As, min = area di armatura tesa minima (= 0.15% bw d)
As, disp = area effettivamente disposta	$\theta$ = inclinazione bielle compresse (verifica a taglio)

**VERIFICHE A TAGLIO:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	Vsd (kN/m)	Vrd1 (kN/m)	$\theta$ (rad)	Vrd2 (kN/m)	Vrd3 (tf/m)	As/s nec. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	As/s disp. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	x (m)
0	33,0	28,8	37,7	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	0,00
1	33,0	28,8	43,0	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	0,26
2	33,0	28,8	48,4	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	0,51
3	33,0	28,8	53,7	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	0,77
4	33,0	28,8	58,4	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	1,02
5	33,0	28,8	55,7	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	1,28
6	33,0	28,8	51,2	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	1,54
7	33,0	28,8	45,0	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	1,79
8	33,0	28,8	37,0	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	2,05
9	33,0	28,8	27,2	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	2,30
10	33,0	28,8	15,8	141,6	0,7854	1238,1	0,0	0,0	0,0	2,56

**LEGENDA:**

Vsd = sforzo di taglio ultimo	Vrd2 = resistenza biella compressa
Vrd1 = resistenza a taglio senza armature specifiche	Vrd3 = sollecitazione su armature a taglio
As/s,nec = area a taglio necessaria	As/s, disp = area a taglio effettivamente disposta

**COMBINAZIONE DI CARICO S.L.E. : COMB. FESSURAZIONE**Apertura massima fessure:  $w_k =$  0,1 mm**PARAMETRI DI RESISTENZA:**

Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo:

Rck = 30,0 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione del calcestruzzo:

fctm = 2,56 N/mm<sup>2</sup>

Elem.	Sez. n.	z (m)	Spess. (m)	Nk (kN/m)	Mk (kNm/m)	MFes (kNm/m)	Ast (cm <sup>2</sup> )	$\phi_t$ (mm)	$(c+\phi/2)t$ (cm)	Asc (cm <sup>2</sup> )	$(c+\phi/2)c$ (cm)	Sez. n.	X (cm)	$\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{sr}$	K <sub>2</sub>	$\rho_r$	$\beta_2$	s <sub>rm</sub> (mm)	$\epsilon_{sm}$	w <sub>k</sub> (mm)	Verifica fess.
orecchia	0	0,00	0,33	0,00	16,83	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	0	7,5	63,88	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	1	0,26	0,33	0,00	20,92	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	1	7,5	79,41	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	2	0,51	0,33	0,00	25,02	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	2	7,5	94,95	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	3	0,77	0,33	0,00	29,11	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	3	7,5	110,48	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	4	1,02	0,33	0,00	32,19	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	4	7,5	122,17	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	5	1,28	0,33	0,00	25,11	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	5	7,5	95,30	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	6	1,54	0,33	0,00	17,83	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	6	7,5	67,69	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	7	1,79	0,33	0,00	11,02	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	7	7,5	41,84	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	8	2,05	0,33	0,00	5,34	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	8	7,5	20,27	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	9	2,30	0,33	0,00	1,45	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	9	7,5	5,49	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si
orecchia	10	2,56	0,33	0,00	0,00	46,43	10,053	16	4,2	5,65	3,2	10	7,5	0,00	176,21	0,794	0,0118	0,5	264,5	0,0E+0	0,000	si

**LEGENDA:**

Nk = sforzo normale caratteristico  
Mk = momento flettente caratteristico  
Mfes = momento di fessurazione  
Ast = area tesa di acciaio  
 $\phi_t$  = diametro delle armature tese  
Asc = area compressa di acciaio  
X = distanza asse neutro da lembo compresso  
 $c+\phi/2$  = distanza tra asse armature e filo muro

$\sigma_s$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata  
 $\sigma_{sr}$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata sotto la condizione di calcolo che induce la prima fessura  
 $\beta_2$  = coefficiente per carichi ripetuti  
 $\rho_r$  = rapporto di armatura efficace  
K<sub>2</sub> = coefficiente relativo alla forma del diagramma delle deformazioni  
s<sub>rm</sub> = distanza media finale tra le fessure  
 $\epsilon_{sm}$  = deformazione media

## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA FISSA S1**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

#### **ALLEGATO 5**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 4	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: CALCOLO DEL PARAGHIAIA**

**OGGETTO:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
**OPERA:** SPALLA FISSA S1

**DATI GEOMETRICI:**

Larghezza spalla:	(LS)	1,00 m	Sbalzo platea inferiore:	(LPI)	0,40 m
Altezza fittizia spalla	(HS)	0,01 m	Lunghezza terreno superiore:	(LTS)	0,00 m
Sbalzo a monte	(SM)	0,00 m	Sbalzo platea superiore:	(LPS)	0,40 m
Spessore inferiore paraghiaia:	(SPI)	0,60 m	Incremento di altezza terrapieno:	(HT)	0,00 m
Spessore superiore paraghiaia:	(SPS)	0,60 m	Altezza tot. terreno dietro platea:	(HTOT)	2,81 m
Altezza paraghiaia:	(HPG)	2,80 m	Inclinazione interna muro:	(BETAM)	0,0000 rad
Inclinazione interna muro:		0,000 ° (>=0)	Inclinazione esterna muro:	(IEM)	0,0000 rad (>=0)
Inclinazione terrapieno:		0,000 ° (>=0)	Inclinazione terrapieno:	(IT)	0,0000 rad

**CALCOLO DELLE SPINTE DEL TERRENO:****Dati di ingresso:**

coeff. sismico orizzontale	0,04
coeff. sismico verticale	0,00
attrito interno	32 °
attrito muro-terreno	21,33 °
coesione terreno	0,00 t/m <sup>2</sup>
peso specifico terreno	1,90 t/m <sup>3</sup>

**Coefficienti di spinta:**

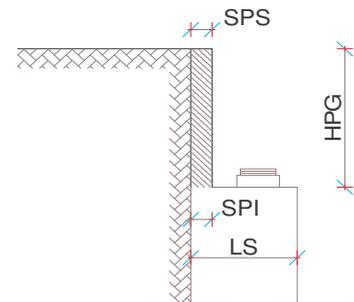
Ko =	0,47008
Ka,stat =	0,27502 (δ ≠ 0)
Ka,sism =	0,30726 (δ = 0)
Kae =	0,33021
ΔKae =	0,02295 (= Kae - Ka,sism)
l =	1 Coefficiente di protezione sismica

**Dati di calcolo:**

psi =	0,04 rad
fi =	0,55851 rad
delta =	0,37234 rad
beta =	0,00000 rad
i =	0,00000 rad

**COMBINAZIONI DI CALCOLO:**

Combinazioni	Regime (1=attivo; 2=a riposo)	Tipo (1=statica; 2=sismica)	Variabile (1=si; 2=no)	Frenatura (1=si; 2=no)
Statica	2	1	0	0
Statica + variabile	2	1	1	0
Statica + variabile + frenatura	2	1	1	1
Sismica	2	2	0	0
Fessurazione	2	1	0,7	0

**SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAGHIAIA**

Combinazioni	Fx t/m	Fz t/m	M tm/m
Statica	4,02	-9,26	5,16
Statica + variabile	6,47	-10,22	8,60
Statica + variabile + frenatura	6,47	-10,22	8,60
Sismica	3,22	-8,88	4,64
Fessurazione	5,73	-9,93	7,57

**COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA:**

	Fx t/m	Fz t/m	M tm/m
Statica + variabile + frenatura	6,47	-10,22	8,60

**COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA:****Statica + variabile + frenatura****DATI MECCANICI:**

Coeff. di spinta [Fz(IT,BETAM)]:	(KS)	<b>0,470</b>	Angolo di attrito muro-terreno:	(DELTAM)	0,3723 rad
Angolo di attrito muro-terreno:		<b>21,33 °</b>	Angolo di attrito platea-magrone:	(DELTAC)	0,6109 rad
Peso di volume terreno:	(PTER)	<b>1,90 tf/m<sup>3</sup></b>	Angolo di attrito magrone-terreno:	(DELTAT)	0,3840 rad
Peso di volume calcestruzzo:	(PCLS)	<b>2,5 tf/m<sup>3</sup></b>	Inclinazione spinta su muro:	(ISM)	0,3723 rad
Angolo di attrito platea- magrone:		<b>35,00 °</b>	Inclinazione spinta su platea:	(IST)	0,3723 rad
Angolo di attrito magrone-terreno:		<b>22,00 °</b>			

**DATI DI CARICO:**

Acc sismica orizzontale:	(ASO)	<b>0 g</b>	Carico su ruota:	100 KN
Acc sismica vert. (+ verso alto):	(ASV)	<b>0 g</b>	Area di impronta:	0,3 m
Incremento sismico spinta:	(DKS)	<b>0,00000</b>	Interasse ruote:	1,5 m
Acc.orizz.su terreno sopra platea:	(AOT)	<b>0 (1= si, 0= no)</b>	Larghezza di diffusione:	7,4 m
Sovraccarico a monte:	(QSM)	<b>2 tf/m<sup>2</sup></b>	Carico ruote sul metro lineare:	27,03 KN/m
Carico equivalente terreno	(CET)	<b>0,00 tf/m<sup>2</sup></b>	Coefficiente dinamico:	<u>1,40</u>
Percentuale sovr. su platea:	(SSP)	<b>100 (0 -100%)</b>		<b>3,78 tf/m</b>
Sovraccarico a valle:	(QSV)	<b>0 tf/m<sup>2</sup></b>	Azione di frenatura:	<b>0,76 tf/m</b>
Livello acqua falda:	(ZWF)	<b>0 m (da estr. platea)</b>		
Press. idrostatica dietro muro:	(ADM)	<b>0 (1= si, 0= no)</b>		
Forze in cima al muro:				
Forza verticale (verso l'alto):	(FZM)	<b>-3,78 tf/m</b>		
Forza orizzontale (verso valle):	(FXM)	<b>0,76 tf/m</b>		
Coppia (oraria):	(MYM)	<b>0 tfm/m</b>		
Braccio da estradosso muro:	(EZM)	<b>0 m (&gt;0 in alto)</b>		
Braccio da filo est. sup. muro:	(EXM)	<b>-0,3 m (&gt;0 a valle)</b>		

**SOLLECITAZIONI SUL PARAGHIAIA:**

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	S (cm)	Xg (m)	qh (tf/m <sup>2</sup> )	qv (in alto) (tf/m <sup>2</sup> )	Vk (tf/m)	Nk (tf/m)	Mk (tfm/m)
0	0,00	2,80	60	0,700	0,88	-1,84	0,8	-3,8	0,0
1	0,28	2,52	60	0,700	1,11	-1,93	1,0	-4,3	0,2
2	0,56	2,24	60	0,700	1,34	-2,02	1,4	-4,9	0,6
3	0,84	1,96	60	0,700	1,57	-2,11	1,8	-5,4	1,0
4	1,12	1,68	60	0,700	1,81	-2,21	2,3	-6,1	1,6
5	1,40	1,40	60	0,700	2,04	-2,30	2,8	-6,7	2,3
6	1,68	1,12	60	0,700	2,27	-2,39	3,4	-7,3	3,2
7	1,96	0,84	60	0,700	2,51	-2,48	4,1	-8,0	4,2
8	2,24	0,56	60	0,700	2,74	-2,57	4,8	-8,7	5,5
9	2,52	0,28	60	0,700	2,97	-2,66	5,6	-9,5	6,9
10	2,80	0,00	60	0,700	3,21	-2,75	6,5	-10,2	8,6

**LEGENDA:**

Z da PS quota sezione da estradosso platea

Z da MS quota sezione da estradosso muro

S = spessore sezione

Xg = distanza baricentro sezione da filo esterno platea

qh = carico distribuito orizzontale dietro muro (+ verso valle)

qv = carico distribuito verticale dietro muro (+ verso l'alto)

Nk = sforzo normale caratt. (compressione negativa)

Vk = sforzo di taglio caratt.

Mk = momento flettente caratt. (positivo per trazione a monte)

**VERIFICHE A S.L.U. DEL PARAGHIAIA****Combinazione di carico più gravosa: Statica + variabile + frenatura****PARAMETRI DI RESISTENZA:**

Resistenza caratt. cls:	Rck =	300,0 kgf/cm <sup>2</sup>	v fcd =	89,9 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione di calcolo cls:	fcd =	155,6 kgf/cm <sup>2</sup>	$\tau_{rd}$ =	2,84 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo cls:	fctd =	11,4 kgf/cm <sup>2</sup>	$\theta$ =	27,0 °
Tens. snervamento di calcolo armat. long.:	f <sub>yd1</sub> =	3826,1 kgf/cm <sup>2</sup>	$\theta$ =	0,4712 rad
Tens. snervamento di calcolo staffe:	f <sub>yd2</sub> =	3826,1 kgf/cm <sup>2</sup>		
Distanza asse armatura da filo spalla:	c =	4,7 cm		

**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	N <sub>sd</sub> (tf/m)	M <sub>sd</sub> (tfm/m)	$\mu_{sd}$	$\omega_{sd}$	As, nec (cm <sup>2</sup> /m)	As, min. (cm <sup>2</sup> /m)	As, disp. (cm <sup>2</sup> /m)	h da estr. platea (m)
0	60,0	55,3	-3,8	0,0	0,00201	0,00202	0,0	8,3	10,1	2,80
1	60,0	55,3	-4,3	0,4	0,00308	0,00309	0,0	8,3	10,1	2,52
2	60,0	55,3	-4,9	0,9	0,00443	0,00445	0,0	8,3	10,1	2,24
3	60,0	55,3	-5,4	1,5	0,00613	0,00617	0,0	8,3	10,1	1,96
4	60,0	55,3	-6,1	2,4	0,00823	0,00830	0,3	8,3	10,1	1,68
5	60,0	55,3	-6,7	3,4	0,01080	0,01091	0,7	8,3	10,1	1,40
6	60,0	55,3	-7,3	4,7	0,01387	0,01407	1,2	8,3	10,1	1,12
7	60,0	55,3	-8,0	6,3	0,01753	0,01784	1,9	8,3	10,1	0,84
8	60,0	55,3	-8,7	8,2	0,02182	0,02229	2,7	8,3	10,1	0,56
9	60,0	55,3	-9,5	10,4	0,02680	0,02751	3,7	8,3	10,1	0,28
10	60,0	55,3	-10,2	12,9	0,03252	0,03358	4,9	8,3	10,1	0,00

**LEGENDA:**

N <sub>sd</sub> = sforzo normale ultimo	$\mu_{sd}$ = momento ridotto, riferito all'armatura tesa
M <sub>sd</sub> = momento flettente ultimo	$\omega_{sd}$ = percentuale meccanica di armatura
As,nec = area di armatura tesa necessaria	As, min = area di armatura tesa minima (= 0.15% bw d)
As, disp = area effettivamente disposta	$\theta$ = inclinazione bielle compresse (verifica a taglio)

**VERIFICHE A TAGLIO:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	V <sub>sd</sub> (tf/m)	V <sub>rd1</sub> (tf/m)	$\theta$ (rad)	V <sub>rd2</sub> (tf/m)	V <sub>rd3</sub> (tf/m)	As/s nec. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	As/s disp. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	h da estr. platea (m)
0	60,0	55,3	1,1	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	2,80
1	60,0	55,3	1,6	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	2,52
2	60,0	55,3	2,1	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	2,24
3	60,0	55,3	2,7	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	1,96
4	60,0	55,3	3,4	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	1,68
5	60,0	55,3	4,2	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	1,40
6	60,0	55,3	5,1	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	1,12
7	60,0	55,3	6,1	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	0,84
8	60,0	55,3	7,2	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	0,56
9	60,0	55,3	8,4	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	0,28
10	60,0	55,3	9,7	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	0,00

**LEGENDA:**

V <sub>sd</sub> = sforzo di taglio ultimo	V <sub>rd2</sub> = resistenza biella compressa
V <sub>rd1</sub> = resistenza a taglio senza armature specifiche	V <sub>rd3</sub> = sollecitazione su armature a taglio
As/s,nec = area a taglio necessaria	As/s, disp = area a taglio effettivamente disposta

**VERIFICHE A FESSURAZIONE**Apertura massima fessure:  $w_k = 0,1 \text{ mm}$ 

Elem.	Sez. n.	Dist. (m)	Spess. (m)	Nk (tf/m)	Mk (tfm/m)	/Mfes/ (tfm/m)	Ast (cm <sup>2</sup> )	$\phi t$ (mm)	(c+ $\phi/2$ )t (cm)	Asc (cm <sup>2</sup> )	(c+ $\phi/2$ )c (cm)	X (cm)	$\sigma_s$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{sr}$	K <sub>2</sub>	$\rho_r$	$\beta_2$	s <sub>rm</sub> (mm)	$\epsilon_{sm}$	w <sub>k</sub> (mm)	Verifica fess.
muro	0	2,80	0,60	-3,78	0,00	15,83	10,05	16	4,7	10,05	4,7	60,0	-9	2873	0,500	0,0214	0,5	124,8	0,0E+0	0,000	si
muro	1	2,52	0,60	-4,28	0,24	15,88	10,05	16	4,7	10,05	4,7	60,0	-6	2859	0,500	0,0214	0,5	124,8	0,0E+0	0,000	si
muro	2	2,24	0,60	-4,81	0,54	15,93	10,05	16	4,7	10,05	4,7	57,8	-1	2844	0,500	0,0214	0,5	124,8	0,0E+0	0,000	si
muro	3	1,96	0,60	-5,36	0,93	15,98	10,05	16	4,7	10,05	4,7	42,1	12	2828	0,672	0,0168	0,5	177,6	0,0E+0	0,000	si
muro	4	1,68	0,60	-5,94	1,43	16,04	10,05	16	4,7	10,05	4,7	30,3	48	2812	0,802	0,0102	0,5	302,5	0,0E+0	0,000	si
muro	5	1,40	0,60	-6,54	2,04	16,10	10,05	16	4,7	10,05	4,7	23,6	120	2795	0,839	0,0086	0,5	363,6	0,0E+0	0,000	si
muro	6	1,12	0,60	-7,16	2,79	16,16	10,05	16	4,7	10,05	4,7	19,9	225	2778	0,853	0,0086	0,5	369,2	0,0E+0	0,000	si
muro	7	0,84	0,60	-7,82	3,70	16,23	10,05	16	4,7	10,05	4,7	17,8	364	2760	0,861	0,0086	0,5	372,0	0,0E+0	0,000	si
muro	8	0,56	0,60	-8,50	4,79	16,30	10,05	16	4,7	10,05	4,7	16,3	537	2741	0,865	0,0086	0,5	373,7	0,0E+0	0,000	si
muro	9	0,28	0,60	-9,20	6,07	16,37	10,05	16	4,7	10,05	4,7	15,4	748	2722	0,868	0,0086	0,5	374,8	0,0E+0	0,000	si
muro	10	0,00	0,60	-9,93	7,57	16,44	10,05	16	4,7	10,05	4,7	14,6	1000	2702	0,871	0,0086	0,5	375,6	0,0E+0	0,000	si

**LEGENDA:**

Nk = sforzo normale caratteristico  
Mk = momento flettente caratteristico  
Mfes= momento di fessurazione  
Ast = area tesa di acciaio  
 $\phi t$  = diametro delle armature tese  
Asc = area compressa di acciaio  
X = distanza asse neutro da lembo compresso  
c+ $\phi/2$  distanza tra asse armature e filo muro

$\sigma_s$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata  
 $\sigma_{sr}$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata sotto la condizione di calcolo che induce la prima fessura  
 $\beta_2$  = coefficiente per carichi ripetuti  
 $\rho_r$  = rapporto di armatura efficace  
K<sub>2</sub> = coefficiente relativo alla forma del diagramma delle deformazioni  
s<sub>rm</sub> = distanza media finale tra le fessure  
 $\epsilon_{sm}$  = deformazione media

## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA FISSA S1**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

### **ALLEGATO 6**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>		Pagine del documento: 10
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: VERIFICA DELLA PLATEA DI FONDAZIONI SU PALI****OGGETTO: S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTICELLE EST****OPERA: SPALLA FISSA S1****DATI GEOMETRICI**

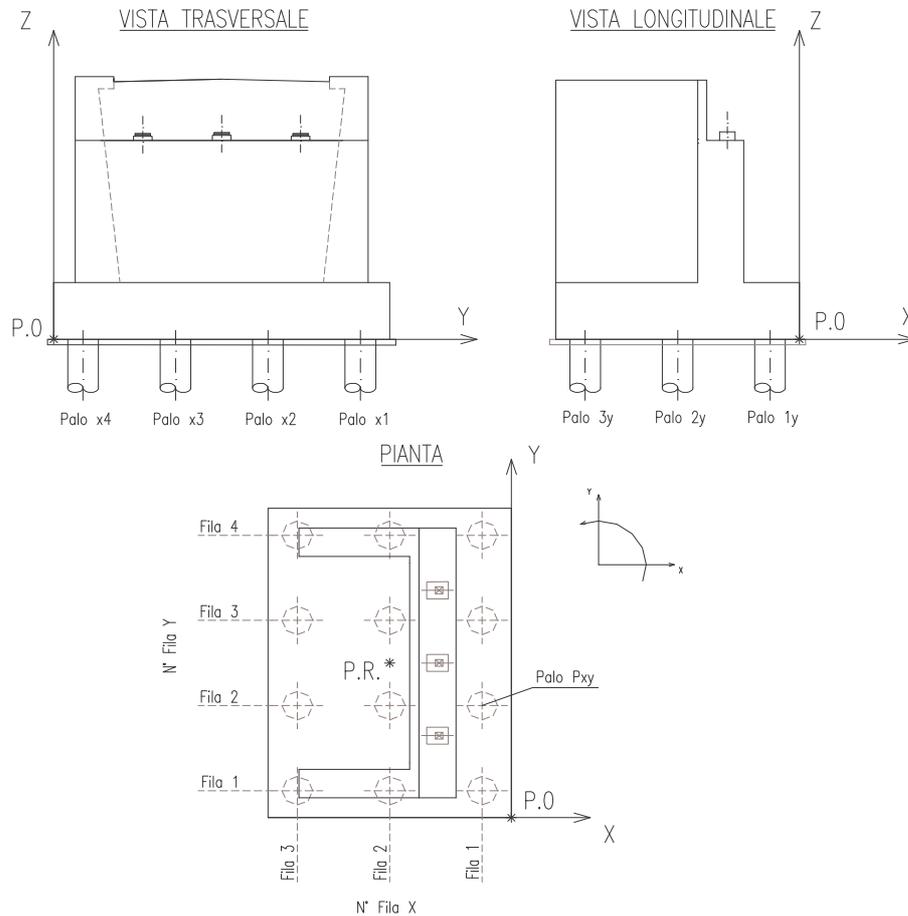
Diametro del palo	(D)	<b>1,20 m</b>
Spessore platea:	(HP)	<b>1,60 m</b>
Altezza muro frontale	(HM)	<b>4,50 m</b>
Altezza paraghiaia	(HPG)	<b>2,80 m</b>
Spessore inferiore muro frontale	(SMI)	<b>1,00 m</b>
Altezza muro risolto	(HR)	<b>7,25 m</b>
Spessore inferiore muro risolto	(SRI)	<b>1,05 m</b>

**CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

Resistenza caratteristica del cls del muro	(Rck)	<b>30 Mpa</b>
	(fcd)	15,56 Mpa
Resistenza caratteristica del cls di fondazione	(Rck)	<b>30 Mpa</b>
	(fcd)	15,56 Mpa
Resistenza caratteristica dell'acciaio	(fyk)	<b>430 Mpa</b>
	(fyd)	373,91 Mpa

**CARATTERISTICHE DEL TERRENO**

Peso specifico del terreno di rilevato stradale	( $\gamma$ )	<b>19 kN/m<sup>3</sup></b>
---	--------------	----------------------------



**SOLLECITAZIONI SULLA PLATEA**

Sforzo normale ultimo base muro frontale per metro lineare	-1363,52 KN/m
Momento ultimo base muro frontale per metro lineare	1394,02 KNm/m
Sforzo normale alla base muro di risvolto per metro lineare	-262,33 KN/m
Momento alla base muro di risvolto per metro lineare	888,31 KNm/m
Larghezza spalla	<b>12,00</b> m

**AZIONI DELLA PALIFICATA**

Comb.	P1 (kN)	P2 (kN)	P3 (kN)	P4 (kN)	P5 (kN)	P6 (kN)	P7 (kN)	P8 (kN)
1	-2622,91	-2574,18	-2525,39	-2476,70	-2210,72	-2162,00	-2113,21	-2064,52
2	-2952,69	-2684,05	-2415,49	-2146,95	-2540,51	-2271,86	-2003,30	-1734,77
3	-2838,14	-2840,52	-2842,85	-2845,25	-2593,86	-2596,24	-2598,57	-2600,97
4	-3147,01	-2943,42	-2739,92	-2536,42	-2902,72	-2699,14	-2495,64	-2292,13
5	-2602,86	-2651,53	-2700,07	-2748,74	-2251,39	-2300,05	-2348,60	-2397,27
6	-2911,73	-2754,42	-2597,14	-2439,91	-2560,25	-2402,95	-2245,67	-2088,43
7	-2821,30	-2821,87	-2822,39	-2822,97	-2616,14	-2616,71	-2617,23	-2617,81
8	-3082,18	-2908,78	-2735,45	-2562,11	-2877,02	-2703,62	-2530,29	-2356,96
9	-2586,02	-2632,87	-2679,61	-2726,46	-2273,67	-2320,52	-2367,26	-2414,11
10	-2846,90	-2719,78	-2592,67	-2465,60	-2534,55	-2407,43	-2280,32	-2153,25
11	-2862,13	-2848,52	-2834,86	-2821,26	-2617,85	-2604,24	-2590,57	-2576,98
12	-3123,01	-2935,43	-2747,92	-2560,41	-2878,73	-2691,15	-2503,63	-2316,13
13	-2626,85	-2659,52	-2692,08	-2724,75	-2275,38	-2308,04	-2340,60	-2373,28
14	-2887,74	-2746,43	-2605,14	-2463,90	-2536,26	-2394,96	-2253,66	-2112,42
15	-2451,94	-2357,83	-2263,72	-2169,65	-2175,24	-2081,13	-1987,02	-1892,96
16	-2509,88	-2423,22	-2336,51	-2249,90	-2069,18	-1982,52	-1895,81	-1809,20
17	-2743,63	-2501,09	-2258,61	-2016,18	-2302,93	-2060,39	-1817,91	-1575,48
18	-2823,80	-2724,53	-2625,26	-2526,04	-2555,56	-2456,28	-2357,02	-2257,79
19	-2881,75	-2789,92	-2698,06	-2606,28	-2449,50	-2357,67	-2265,81	-2174,03
20	-3115,50	-2867,79	-2620,16	-2372,56	-2683,25	-2435,55	-2187,91	-1940,31

**SOLLECITAZIONI SU PLATEA LUNGO X**

N° Combinazione: **4**  
 N° Fila Y: **1**

LTI = **4,38** m Lunghezza della platea a monte lungo X  
 SPI = **2,94** m Lunghezza mensola a valle lungo X  
 by = **2,96** m Larghezza collaborante lungo Y

**Azioni trasmesse dai pali**

P1 = **-1063,18** KN/m Sollecitazione per metro lineare P1  
 P5 = **-980,65** KN/m Sollecitazione per metro lineare P5

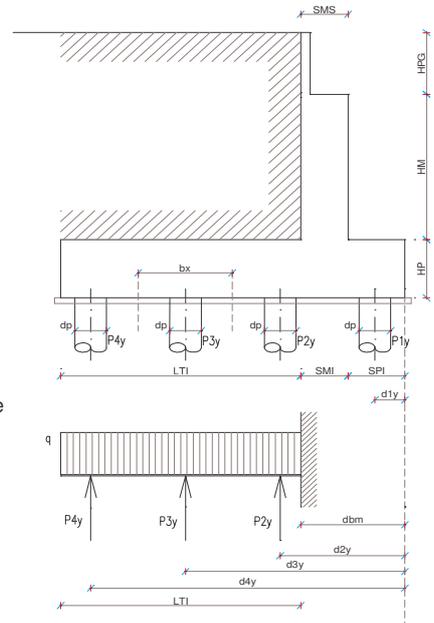
**Distanze dei pali dal bordo platea**

d1 = **1,35** m Distanza bordo platea e asse palo P1  
 d5 = **7,35** m Distanza bordo platea e asse palo P5  
 dbm = **3,94** m Distanza bordo platea - paramento interno muro frontale

**Altre azioni sulla platea**

qt = 138,70 KN/m/m Peso per metro lineare di terreno su platea  
 qstr = **20,00** KN/m/m Carico stradale per metro lineare  
 Verifica = **0** (1=statica+variabile; 0=statica)  
 q = 138,70 KN/m/m

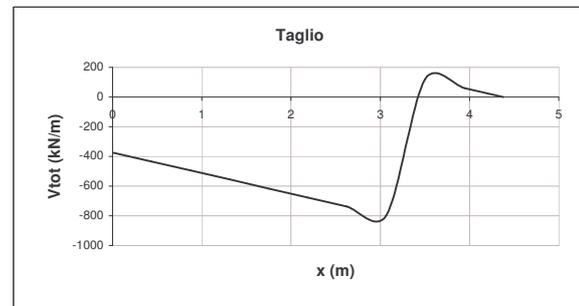
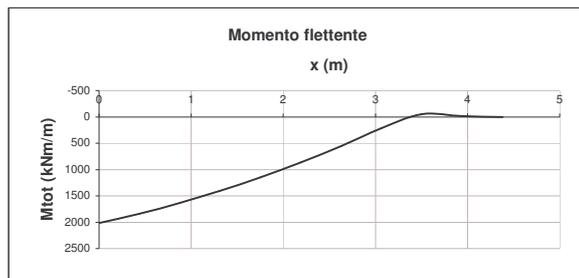
SEZIONE LUNGO X



**Diagrammi delle sollecitazioni**

x (m)	Mtot (kNm/m)	Vtot (kN/m)
0,00	2013,58	-373,14
0,44	1836,84	-433,89
0,88	1633,49	-494,65
1,31	1403,53	-555,40
1,75	1146,96	-616,15
2,19	863,78	-676,90
2,63	554,00	-737,65
3,07	217,60	-798,40
3,50	-53,22	121,50
3,94	-13,30	60,75
4,38	0,00	0,00

Mmax+ = 2013,58 kNm/m  
 Mmax- = -53,22 kNm/m  
 Vmax = 121,50 kN/m



**PLATEA LATO MONTE**

**Armatura superiore per momento massimo negativo:**

c = **0,04** m copriferro.  
 ϕ = **24** mm ferro di armatura trasversale.  
 δ = 0,052 m copriferro di calcolo.  
 Mk = 53,22 KNm/m Momento massimo negativo agente sulla platea per metro lineare  
 Msd = 79,83 KNm/m Momento ultimo agente sulla platea per metro lineare  
 μ = 0,00214055 Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.  
 μlim = **0,252** **Non è necessaria armatura a compressione**  
 ω₀ = 0,00214513 Rapporto meccanico di armatura  
 As₀ = 1,38 cm² Armatura di calcolo necessaria  
 Asmin = 23,22 cm² Armatura minima  
  
**As = 23,22 cm² Armatura di progetto, pari a 6Ø24/m**

**Armatura inferiore per momento massimo positivo:**

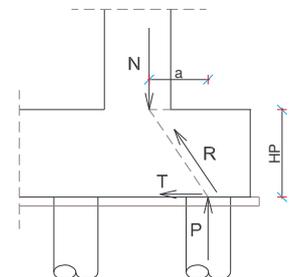
c =	<b>0,04</b> m	copriferro.
$\phi$ =	<b>24</b> mm	ferro di armatura trasversale.
$\delta$ =	0,052 m	copriferro di calcolo.
Mk <sup>+</sup> =	2013,58 KNm/m	Momento massimo positivo agente sulla platea per metro lineare
Msd =	3020,37 KNm/m	Momento ultimo agente sulla platea per metro lineare
$\mu$ =	0,08099131	Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\omega_0$ =	0,0875509	Rapporto meccanico di armatura
As <sub>0</sub> =	56,41 cm <sup>2</sup>	Armatura di calcolo necessaria
Asmin =	23,22 cm <sup>2</sup>	Armatura minima
<b>As =</b>	<b>56,41 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 13Ø24/m</b>

**Armatura di Taglio:**

Vk =	121,50 KN/m	Taglio massimo agente sulla platea per metro lineare
Vsd =	<b>182,25</b> KN/m	Taglio ultimo agente sulla platea per metro lineare
fck =	24,90 Mpa	Resistenza caratteristica del cls di fondazione
fcd =	15,56 Mpa	Resistenza di calcolo del cls di fondazione
d =	1548 mm	Altezza utile della sezione di fondazione
bw =	1000 mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
$\tau_{rd}$ =	0,28 Mpa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento ( $\gamma_c = 1,6$ )
k =	1,00	
As <sub>tr</sub> =	2322 mm <sup>2</sup>	Area delle armature di trazione
$\rho_l$ =	0,0015	
v =	0,5755	Fattore di efficienza
Vrd1 =	<b>545,73</b> KN/m	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura per metro lineare
Vrd2 =	6238,90 KN/m	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse

**Non è necessaria armatura specifica a taglio****MENSOLA DELLA PLATEA A VALLE (MODELLO STRUCT AND TIES)**

P1	1063,18 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, non amplificato ed in valore assoluto
P1u =	1594,77 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, amplificato ed in valore assoluto
Nmuro =	1363,52 KN/m	Sforzo normale agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
Mmuro =	1394,02 KNm/m	Momento agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
$\mu$ =	0,16864501	Momento sollecitante agente all'incastro, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\xi$ =	<b>0,27729002</b>	Asse neutro adimensionalizzato
xc =	0,263 m	Asse neutro.
a =	1,69514837 m	
T =	1746,36039 KN/m	Trazione nell'acciaio.
As =	0,0046705 m <sup>2</sup> /m	Armatura di progetto per metro lineare
As =	138,25 cm <sup>2</sup>	Armatura di progetto in corrispondenza del palo
$\phi$ =	<b>24</b> mm	ferro di armatura trasversale.
<b>As =</b>	<b>138,25 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 31Ø24/larghezza collaborante palo</b>

MODELLO STRUCT AND TIES  
MENSOLA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE

## TABELLE DELLE SOLLECITAZIONI ED ARMATURE PER FILA E COMBINAZIONE DI CARICO

N° Fila Y: 1						
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo (cmq/palo)
1	1216,37	-53,22	121,50	23,22	33,06	115,22
2	1596,30	-53,22	121,50	23,22	44,02	129,71
3	1657,75	-53,22	121,50	23,22	45,83	124,68
4	2013,58	-53,22	121,50	23,22	56,41	138,25
5	1263,22	-53,22	121,50	23,22	34,40	114,34
6	1619,04	-53,22	121,50	23,22	44,69	127,91
7	1683,42	-53,22	121,50	23,22	46,58	123,94
8	1983,97	-53,22	121,50	23,22	55,52	135,40
9	1288,89	-53,22	121,50	23,22	35,13	113,60
10	1589,43	-53,22	121,50	23,22	43,82	125,06
11	1685,39	-53,22	121,50	23,22	46,64	125,73
12	1985,94	-53,22	121,50	23,22	55,58	137,19
13	1290,86	-53,22	121,50	23,22	35,19	115,40
14	1591,40	-53,22	121,50	23,22	43,88	126,86
15	1175,49	-53,22	121,50	23,22	31,90	107,71
16	1053,32	-53,22	121,50	23,22	28,45	110,26
17	1322,60	-53,22	121,50	23,22	36,10	120,53
18	1613,63	-53,22	121,50	23,22	44,53	124,05
19	1491,46	-53,22	121,50	23,22	40,97	126,59
20	1760,73	-53,22	121,50	23,22	48,86	136,86

N° Fila Y: 2						
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo (cmq/palo)
1	1160,24	-53,22	121,50	23,22	31,47	113,08
2	1286,81	-53,22	121,50	23,22	35,07	117,91
3	1660,50	-53,22	121,50	23,22	45,91	124,78
4	1779,04	-53,22	121,50	23,22	49,40	129,30
5	1319,28	-53,22	121,50	23,22	36,00	116,48
6	1437,82	-53,22	121,50	23,22	39,42	121,00
7	1684,08	-53,22	121,50	23,22	46,60	123,96
8	1784,21	-53,22	121,50	23,22	49,56	127,78
9	1342,86	-53,22	121,50	23,22	36,68	115,66
10	1442,99	-53,22	121,50	23,22	39,57	119,48
11	1669,71	-53,22	121,50	23,22	46,18	125,13
12	1769,84	-53,22	121,50	23,22	49,13	128,95
13	1328,49	-53,22	121,50	23,22	36,27	116,83
14	1428,62	-53,22	121,50	23,22	39,15	120,65
15	1067,08	-53,22	121,50	23,22	28,84	103,58
16	953,48	-53,22	121,50	23,22	25,66	106,45
17	1043,19	-53,22	121,50	23,22	28,17	109,87
18	1499,27	-53,22	121,50	23,22	41,20	119,69
19	1385,67	-53,22	121,50	23,22	37,91	122,56
20	1475,38	-53,22	121,50	23,22	40,50	125,98

N° Fila Y: 3						
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo (cmq/palo)
1	1104,03	-53,22	121,50	23,22	29,88	110,94
2	977,42	-53,22	121,50	23,22	26,33	106,11
3	1663,18	-53,22	121,50	23,22	45,98	124,89
4	1544,60	-53,22	121,50	23,22	42,52	120,36
5	1375,21	-53,22	121,50	23,22	37,61	118,61
6	1256,63	-53,22	121,50	23,22	34,21	114,09
7	1684,68	-53,22	121,50	23,22	46,62	123,99
8	1584,52	-53,22	121,50	23,22	43,68	120,17
9	1396,71	-53,22	121,50	23,22	38,23	117,71
10	1296,55	-53,22	121,50	23,22	35,35	113,89
11	1653,97	-53,22	121,50	23,22	45,71	124,53
12	1553,81	-53,22	121,50	23,22	42,78	120,71
13	1366,00	-53,22	121,50	23,22	37,34	118,26
14	1265,84	-53,22	121,50	23,22	34,47	114,44
15	958,66	-53,22	121,50	23,22	25,80	99,44
16	853,59	-53,22	121,50	23,22	23,22	102,64
17	763,85	-53,22	121,50	23,22	23,22	99,22
18	1384,91	-53,22	121,50	23,22	37,89	115,33
19	1279,83	-53,22	121,50	23,22	34,87	118,52
20	1190,09	-53,22	121,50	23,22	32,32	115,10

N° Fila Y: 4						
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo (cmq/palo)
1	1047,94	-53,22	121,50	23,22	28,30	108,80
2	668,06	-53,22	121,50	23,22	23,22	94,31
3	1665,95	-53,22	121,50	23,22	46,07	124,99
4	1310,16	-53,22	121,50	23,22	35,74	111,42
5	1431,28	-53,22	121,50	23,22	39,23	120,75
6	1075,49	-53,22	121,50	23,22	29,08	107,18
7	1685,35	-53,22	121,50	23,22	46,64	124,01
8	1384,84	-53,22	121,50	23,22	37,89	112,55
9	1450,68	-53,22	121,50	23,22	39,79	119,77
10	1150,17	-53,22	121,50	23,22	31,19	108,31
11	1638,31	-53,22	121,50	23,22	45,25	123,94
12	1337,80	-53,22	121,50	23,22	36,53	112,48
13	1403,64	-53,22	121,50	23,22	38,43	119,70
14	1103,13	-53,22	121,50	23,22	29,86	108,24
15	850,30	-53,22	121,50	23,22	23,22	95,31
16	753,80	-53,22	121,50	23,22	23,22	98,84
17	504,21	-53,22	121,50	23,22	23,22	88,57
18	1270,60	-53,22	121,50	23,22	34,61	110,97
19	1174,10	-53,22	121,50	23,22	31,86	114,49
20	904,85	-53,22	121,50	23,22	24,30	104,23

**SOLLECITAZIONI SU PLATEA LUNGO Y**

N° Combinazione: **4**  
 N° Fila X: **1**

LPL = **9,68** m      Larghezza della platea tra i muri di risvolto lungo Y  
 LML = **0,73** m      Lunghezza mensola lungo Y  
 bx = **3,00** m      Larghezza collaborante lungo X

**Azioni trasmesse dai pali**

P1 **-1049,00** KN/m      Sollecitazione per metro lineare P1  
 P2 **-981,14** KN/m      Sollecitazione per metro lineare P2  
 P3 **-913,31** KN/m      Sollecitazione per metro lineare P3  
 P4 **-845,47** KN/m      Sollecitazione per metro lineare P4

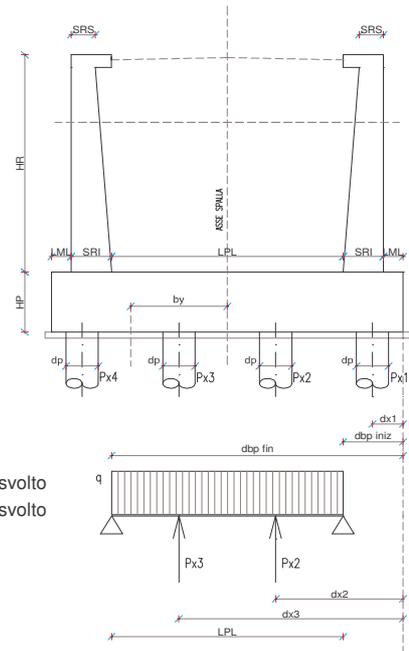
**Distanze dei pali dal brdo platea**

d1 **1,30** m      Distanza bordo platea e asse palo P1  
 d2 **4,93** m      Distanza bordo platea e asse palo P2  
 d3 **8,56** m      Distanza bordo platea e asse palo P3  
 d4 **12,19** m      Distanza bordo platea e asse palo P4  
 dbp iniz **1,78** m      Distanza bordo platea e paramento interno 1° muro di risvolto  
 dbp fin **11,46** m      Distanza bordo platea e paramento interno 2° muro di risvolto

**Altre azioni sulla platea**

qt = 137,75 KN/m/m      Peso per metro lineare di terreno su platea  
 qstr = 20,00 KN/m/m      Carico stradale per metro lineare  
 Verifica = **0**      (1 = statica + variabile; 0 = statica)  
 q = 137,75 KN/m/m      Peso su platea per metro lineare  
 M = 888,31 KNm/m      Momento d'incastro muro di risvolto per metro lineare

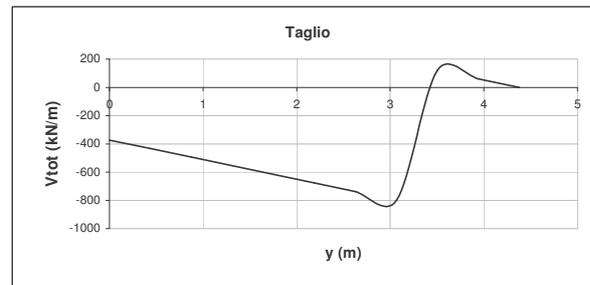
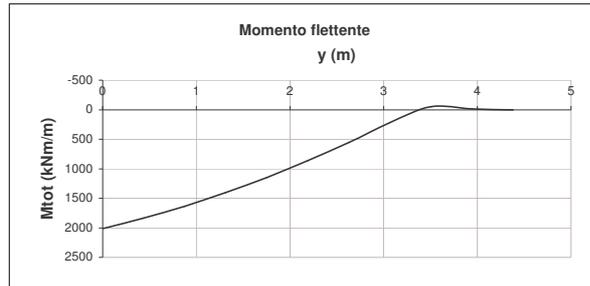
SEZIONE LUNGO Y



**Diagrammi delle sollecitazioni**

y (m)	Mtot (kNm/m)	Vtot (kN/m)
0,00	-888,31	-205,70
0,97	-1151,96	-339,04
1,94	-1544,69	-472,38
2,90	-2066,50	-605,73
3,87	-2008,51	242,07
4,84	-1838,72	108,73
5,81	-1798,01	-24,61
6,78	-1886,37	-157,95
7,74	-1220,99	622,01
8,71	-683,42	488,67
9,68	-274,92	355,33

Mmax+ = **0,00** kNm/m  
 Mmax- = **-2066,50** kNm/m  
 Vmax = **622,01** kN/m



**PLATEA COMPRESA TRA I MURI DI RISVOLTO**

**Armatura superiore per momento massimo negativo:**

c = 0,04 m      copriferro.  
 ϕ = **24,00** mm      ferro di armatura trasversale.  
 δ = 0,05 m      copriferro di calcolo.  
 Mk = 2066,50 KNm/m      Momento massimo negativo agente sulla platea per metro lineare  
 Msd = 3099,75 KNm/m      Momento ultimo agente sulla platea per metro lineare  
 μ = 0,08311994      Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.  
 μ<sub>lim</sub> = **0,252**      **Non è necessaria armatura a compressione**  
 ω<sub>0</sub> = 0,09002886      Rapporto meccanico di armatura  
 As<sub>0</sub> = 58,00 cm<sup>2</sup>      Armatura di calcolo necessaria  
 As<sub>min</sub> = 23,22 cm<sup>2</sup>      Armatura minima  
  
**As = 58,00 cm<sup>2</sup>      Armatura di progetto, pari a 13Ø24/m**

**Armatura inferiore per momento massimo positivo:**

c =	0,04 m	copriferro.
$\phi$ =	<b>24,00</b> mm	ferro di armatura trasversale.
$\delta$ =	0,05 m	copriferro di calcolo.
Mk <sup>+</sup> =	0,00 KNm/m	Momento massimo positivo agente sulla platea per metro lineare
Msd =	0,00 KNm/m	Momento ultimo agente sulla platea per metro lineare
$\mu$ =	0	Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\omega_0$ =	0	Rapporto meccanico di armatura
As <sub>0</sub> =	0,00 cm <sup>2</sup>	Armatura di calcolo necessaria
As <sub>min</sub> =	23,22 cm <sup>2</sup>	Armatura minima
<b>As =</b>	<b>0,00 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 0Ø24/m</b>

**Armatura a Taglio:**

Vk =	622,01 KN/m	Taglio massimo agente sulla platea per metro lineare
Vsd =	<b>933,02</b> KN/m	Taglio ultimo agente sulla platea per metro lineare
fck =	24,90 Mpa	Resistenza caratteristica del cls di fondazione
fcd =	15,56 Mpa	Resistenza di calcolo del cls di fondazione
d =	1548 mm	Altezza utile della sezione di fondazione
bw =	1000 mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
$\tau_{rd}$ =	0,28 Mpa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento ( $\gamma_c = 1,6$ )
k =	1,00	
As <sub>tr</sub> =	5800 mm <sup>2</sup>	Area delle armature di trazione
$\rho_l$ =	0,00374706	
v =	0,5755	Fattore di efficienza
Vrd1 =	<b>584,66</b> KN/m	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura per metro lineare
Vrd2 =	6238,90 KN/m	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse

**E' necessaria armatura a taglio**

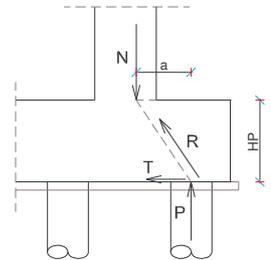
cot $\theta$ =	<b>2</b>	
Vrd2 =	4991,12 KN/m	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse
Asw/s =	0,0896 cm <sup>2</sup> /cmxcm	
Maglia =	<b>60</b> cm	
nb =	<b>1,67</b>	Numero di spilli
$\phi$ =	<b>14</b> mm	Diametro spillo
Asp =	2,5656 cm <sup>2</sup>	Area spillo
s =	57,30 cm	
	<b>57 cm</b>	<b>Passo minimo spilli</b>

**Armatura di Taglio pari a Ø14/57x57**

**MENSOLA 1 (MODELLO STRUCT AND TIES)**

P1	1049,00 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, non amplificato ed in valore assoluto
P1u =	1573,50 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, amplificato ed in valore assoluto
Nmuro =	393,49 KN/m	Sforzo normale agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
Mmuro =	1332,46 KNm/m	Momento agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
$\mu =$	0,08866184	Momento sollecitante agente all'incastro, adimensionalizzato.
$\mu_{lim} =$	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\xi =$	<b>0,166</b>	Asse neutro adimensionalizzato
xc =	0,17 m	Asse neutro.
a =	-0,5035754 m	
T =	-511,87173 KN/m	Trazione nell'acciaio.
As =	-0,001369 m2/m	Armatura di progetto per metro lineare
As =	-17,80 cm2	Armatura di progetto in corrispondenza del palo
$\phi =$	<b>20</b> mm	Ferro di armatura trasversale.
<b>As =</b>	<b>0,00 cm2</b>	<b>armatura di progetto, pari a 0Ø20/larghezza collaborante palo</b>

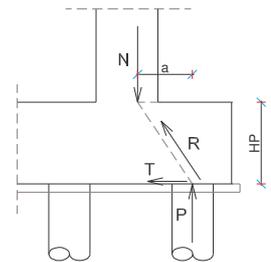
MODELLO STRUCT AND TIES  
MENSOLA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE



**MENSOLA 2 (MODELLO STRUCT AND TIES)**

P4	2536,42 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, non amplificato ed in valore assoluto
P4u =	3804,63 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, amplificato ed in valore assoluto
Nmuro =	393,49 KN/m	Sforzo normale agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
Mmuro =	1332,46 KNm/m	Momento agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
$\mu =$	0,089	Momento sollecitante agente all'incastro, adimensionalizzato.
$\mu_{lim} =$	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\xi =$	<b>0,166</b>	Asse neutro adimensionalizzato
xc =	0,17 m	Asse neutro.
a =	-0,5035754 m	
T =	-1237,6718 KN/m	Trazione nell'acciaio.
As =	-0,0033101 m2/m	Armatura di progetto per metro lineare
As =	-43,03 cm2	Armatura di progetto in corrispondenza del palo
$\phi =$	<b>20</b> mm	Ferro di armatura trasversale.
<b>As =</b>	<b>0,00 cm2</b>	<b>armatura di progetto, pari a 0Ø20/larghezza collaborante palo</b>

MODELLO STRUCT AND TIES  
MENSOLA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE



**TABELLE DELLE SOLLECITAZIONI ED ARMATURE PER FILA E COMBINAZIONE DI CARICO**

N° Fila X: 1							
Comb.	Mmax+ (kNm/m)	Mmax- (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo1 (cmq/palo)	As,palo2 (cmq/palo)
1	0,00	-1767,43	530,41	49,06	0,00	0,00	0,00
2	0,00	-1831,20	508,44	50,95	0,00	0,00	0,00
3	0,00	-2006,77	642,59	56,20	0,00	0,00	0,00
4	0,00	-2066,50	622,01	58,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	-1848,91	586,36	51,48	0,00	0,00	0,00
6	0,00	-1908,63	565,78	53,26	0,00	0,00	0,00
7	0,00	-1990,26	635,23	55,71	0,00	0,00	0,00
8	0,00	-2040,71	617,85	57,23	0,00	0,00	0,00
9	0,00	-1832,40	579,00	50,99	0,00	0,00	0,00
10	0,00	-1882,84	561,62	52,49	0,00	0,00	0,00
11	0,00	-2011,41	640,99	56,34	0,00	0,00	0,00
12	0,00	-2061,86	623,61	57,86	0,00	0,00	0,00
13	0,00	-1853,55	584,76	51,62	0,00	0,00	0,00
14	0,00	-1903,99	567,38	53,12	0,00	0,00	0,00
15	0,00	-1572,46	438,20	43,33	0,00	0,00	0,00
16	0,00	-1630,47	464,29	45,02	0,00	0,00	0,00
17	0,00	-1675,67	448,71	46,35	0,00	0,00	0,00
18	0,00	-1891,02	571,25	52,73	0,00	0,00	0,00
19	0,00	-1949,04	597,34	54,47	0,00	0,00	0,00
20	0,00	-1994,24	581,77	55,83	0,00	0,00	0,00

N° Fila X: 2							
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo1 (cmq/palo)	As,palo2 (cmq/palo)
1	0,00	-1408,51	379,21	38,57	0,00	0,00	0,00
2	0,00	-1472,29	357,24	40,41	0,00	0,00	0,00
3	0,00	-1794,06	552,98	49,85	0,00	0,00	0,00
4	0,00	-1853,79	532,40	51,62	0,00	0,00	0,00
5	0,00	-1542,86	457,43	42,46	0,00	0,00	0,00
6	0,00	-1602,58	436,85	44,21	0,00	0,00	0,00
7	0,00	-1811,62	559,98	50,37	0,00	0,00	0,00
8	0,00	-1862,07	542,60	51,87	0,00	0,00	0,00
9	0,00	-1560,42	464,43	42,98	0,00	0,00	0,00
10	0,00	-1610,86	447,05	44,45	0,00	0,00	0,00
11	0,00	-1798,70	551,38	49,99	0,00	0,00	0,00
12	0,00	-1849,15	534,00	51,48	0,00	0,00	0,00
13	0,00	-1547,50	455,83	42,60	0,00	0,00	0,00
14	0,00	-1597,94	438,45	44,07	0,00	0,00	0,00
15	0,00	-1331,52	336,70	36,35	0,00	0,00	0,00
16	0,00	-1246,73	302,63	33,93	0,00	0,00	0,00
17	0,00	-1291,93	287,06	35,22	0,00	0,00	0,00
18	0,00	-1657,45	472,86	45,82	0,00	0,00	0,00
19	0,00	-1572,65	438,78	43,33	0,00	0,00	0,00
20	0,00	-1617,85	423,21	44,65	0,00	0,00	0,00

## **S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”**

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA MOBILE S2**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

#### **ALLEGATO 1**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 6	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLE IN C.A.: AZIONI AGENTI SULLA PLATEA DI FONDAZIONE**

**OPERA: S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST**

**OGGETTO: SPALLA MOBILE S2 - H = 5,5m**

**DATI GENERALI**

Altezza spalla  
 Categoria Sismica  
 Grado di sismicità  
 Coefficiente di intensità sismica  
 Coefficiente di protezione sismico  
 Coefficiente di struttura  
 Coefficiente di fondazione  
 Coefficiente sismico orizzontale  
 Coefficiente sismico verticale

H = **5,50** m  
 S = **III**  
 S = **6**  
 C = **0,04**  
 I = **1**  
 $\beta$  = **1**  
 $\epsilon$  = **1**  
 kh = 0,04  
 kv = 0,08

Peso specifico del terreno  
 Peso specifico cls

$\gamma_t$  = **20** KN/mc  
 $\gamma_{cls}$  = **25** KN/mc

Sovraccarico stradale  
 Considerare q in condizione sismica?

q = **20** KN/mq  
**No**

Inclinazione paramento interno  
 Inclinazione terrapieno a monte  
 Angolo di attrito interno  
 Angolo di attrito terra-muro

$\beta$  = **0,000** °  
 i = **0,000** °  
 $\phi'$  = **32** °  
 $\delta$  = 21,333 °

Regime di spinta

**0** (0=riposo; 1=attiva)

**COEFFICIENTI DI SPINTA**

Coefficiente di spinta a riposo  
 Coefficiente di spinta attiva

$K_0$  = 0,470  
 $K_a$  = 0,275

Angolo Teta  
 Coefficiente di Arrango  
 Inclinazione terrapieno a monte sismico  
 Inclinazione paramento interno sismico

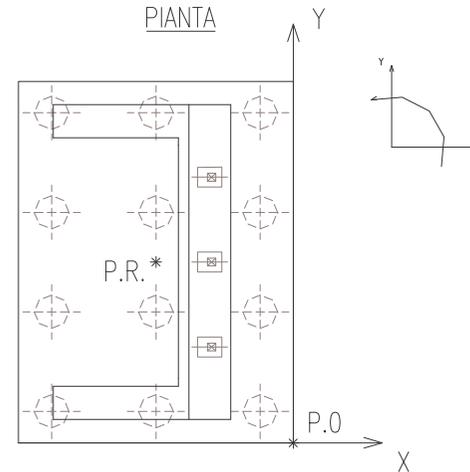
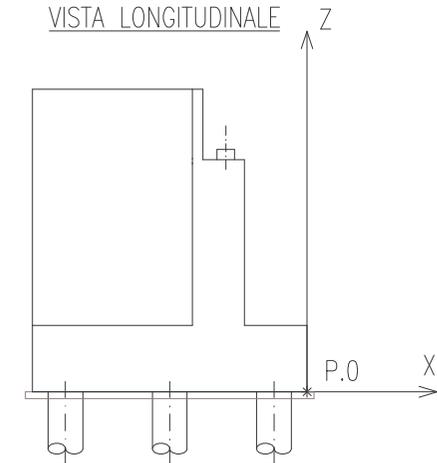
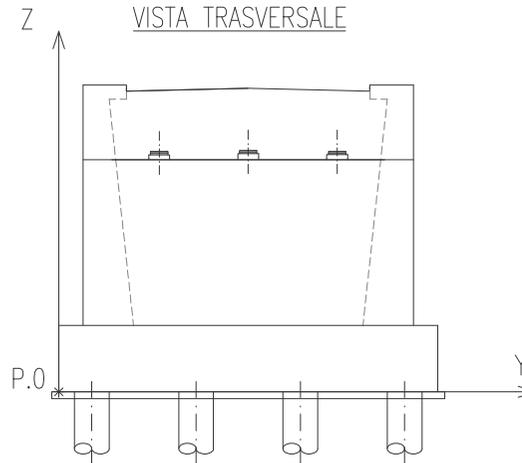
$\theta$  = 2,490 °  
 A = 0,999  
 $i'$  = 2,490 °  
 $\beta'$  = 2,490 °

Coefficiente di spinta attiva sismico

$K'a$  = 0,302

Coefficiente di spinta statico  
 Coefficiente di incremento di spinta sismica

$K_{statico}$  = 0,470  
 $\Delta K$  = 0,027 (= A \*  $K'a$  -  $K_{statico}$ )



**CONDIZIONE STATICA**

**1. Geometria e Pesi Propri della spalla**

N°	Descrizione	Dimensioni			Baricentri			Volume (mc)	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
		bx (m)	by (m)	bz (m)	x (m)	y (m)	z (m)										
1	Naso paraghiaia	0,89	12,23	0,45	-7,89	5,72	10,52	4,90	0,00	0,00	-122,45	-700,43	0,00	-700,43	-966,15	0,00	-966,15
2	Mensola paraghiaia	1,00	0,91	12,23	-8,58	5,74	10,23	11,13	0,00	0,00	-278,23	-1597,05	0,00	-1597,05	-2387,23	0,00	-2387,23
3	Paraghiaia	0,60	12,23	2,80	-8,09	5,76	8,90	20,55	0,00	0,00	-513,66	-2956,11	0,00	-2956,11	-4155,51	0,00	-4155,51
4	Piastra orizzontale su speroni	1,67	12,23	0,40	-6,13	5,65	7,30	8,17	0,00	0,00	-204,24	-1153,96	0,00	-1153,96	-1252,81	0,00	-1252,81
5	Muro frontale	1,00	12,23	4,10	-7,84	5,75	4,75	50,14	0,00	0,00	-1253,58	-7208,06	0,00	-7208,06	-9828,03	0,00	-9828,03
6	Sperone 1	1,64	2,05	4,10	-4,38	3,17	4,55	13,74	0,00	0,00	-343,55	-1089,07	0,00	-1089,07	-1504,77	0,00	-1504,77
7	Sperone 2	1,64	2,05	4,10	-7,78	7,97	4,55	13,74	0,00	0,00	-343,55	-2738,13	0,00	-2738,13	-2672,85	0,00	-2672,85
8	Baggiolo 1	1,00	0,56	0,30	-4,50	3,20	7,66	0,17	0,00	0,00	-4,20	-13,44	0,00	-13,44	-18,90	0,00	-18,90
9	Baggiolo 2	1,00	0,56	0,30	-7,91	8,00	7,66	0,17	0,00	0,00	-4,20	-33,60	0,00	-33,60	-33,22	0,00	-33,22
10	Copertina muro di risolto 1	1,00	0,65	5,35	-7,52	1,52	10,48	3,48	0,00	0,00	-86,94	-132,15	0,00	-132,15	-653,77	0,00	-653,77
11	Muro di risolto rett. 1	0,35	5,35	8,25	-7,83	1,17	6,13	15,45	0,00	0,00	-386,20	-451,86	0,00	-451,86	-3023,97	0,00	-3023,97
12	Muro di risolto triang. 1	0,40	5,35	8,25	-8,03	1,45	4,75	17,66	0,00	0,00	-441,38	-639,99	0,00	-639,99	-3544,24	0,00	-3544,24
13	Copertina muro di risolto 2	1,00	0,65	5,70	-14,39	10,42	10,48	3,71	0,00	0,00	-92,63	-965,15	0,00	-965,15	-1332,87	0,00	-1332,87
14	Muro di risolto rett. 2	0,35	5,70	8,25	-14,62	10,76	6,13	16,46	0,00	0,00	-411,47	-4427,40	0,00	-4427,40	-6015,67	0,00	-6015,67
15	Muro di risolto triang. 2	0,40	5,70	8,25	-14,00	9,87	4,75	18,81	0,00	0,00	-470,25	-4641,37	0,00	-4641,37	-6583,50	0,00	-6583,50
16	Platea di fondazione - rett	1,00	104,10	2,00	-8,65	5,42	1,00	208,20	0,00	0,00	-5205,00	-28221,51	0,00	-28221,51	-44997,23	0,00	-44997,23
17	Platea di fondazione - triang	1,00	6,46	2,00	-14,41	11,29	1,00	12,92	0,00	0,00	-323,00	-3646,67	0,00	-3646,67	-4654,43	0,00	-4654,43

**2. Pesi del terreno**

N°	Descrizione	Dimensioni			Baricentri			Volume (mc)	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
		bx (m)	by (m)	bz (m)	x (m)	y (m)	z (m)										
1	Terreno a monte	1,00	70,00	5,25	-10,96	5,60	7,13	367,50	0,00	0,00	-7350,00	-41160,00	0,00	-41160,00	-80556,00	0,00	-80556,00
2	Terreno a valle	1,00	12,06	1,00	-4,45	5,50	2,50	12,06	0,00	0,00	-241,20	-1326,60	0,00	-1326,60	-1073,34	0,00	-1073,34
3	Terreno laterale 1	1,00	6,80	1,00	-5,60	0,35	2,50	6,80	0,00	0,00	-136,00	-47,60	0,00	-47,60	-761,60	0,00	-761,60
4	Terreno laterale 2	1,00	5,70	1,00	-13,34	11,26	2,50	5,70	0,00	0,00	-114,00	-1283,64	0,00	-1283,64	-1520,76	0,00	-1520,76

**3. Spinte del terreno**

N°	Descrizione	Lx (m)	Ly (m)	H (m)	Punti di applicazione			Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
					x (m)	y (m)	zs (m)									
1	Spinta 1	5,80	8,18	10,30	-13,57	5,60	3,433	3799,91	2694,31	-2536,35	0,00	-23454,02	-23454,02	0,00	-21371,86	-21371,86

**4. Peso del sovraccarico**

N°	Descriz.	dx (m)	dy (m)	Punti di applicazione			Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
				x (m)	y (m)	z (m)									
1	Peso del sovraccarico 1	1,00	41,22	-11,30	6,06	10,84	0,00	0,00	-824,40	-4995,86	0,00	-4995,86	-9315,72	0,00	-9315,72

**5. Spinte del sovraccarico**

N°	Descriz.	Lx (m)	Ly (m)	H (m)	Punti di applicazione			Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
					x (m)	y (m)	zs (m)									
1	Spinta del sovraccarico 1	5,8	8,18	10,3	-13,57	5,6	5,15	737,85	523,17	-492,49	0,00	-5452,28	-5452,28	0,00	-2883,24	-2883,24

**CONDIZIONE SISMICA****6. Forze di inerzia della spalla**

N°	Descrizione
1	Forza di inerzia sisma lungo X <sup>+</sup>
2	Forza di inerzia sisma lungo Y <sup>+</sup>
3	Forza di inerzia sisma lungo Z <sup>+</sup>

Baricentro spalla		
X <sub>G</sub> (m)	Y <sub>G</sub> (m)	Z <sub>G</sub> (m)
-8,93	5,78	3,43

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
419,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1438,88	1438,88
0,00	419,38	0,00	0,00	-1438,88	-1438,88	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	838,76	0,00	4849,28	4849,28	0,00	7490,01	7490,01

**7. Forze di inerzia del terreno**

N°	Descrizione
1	Forza di inerzia sisma lungo X <sup>+</sup>
2	Forza di inerzia sisma lungo Y <sup>+</sup>
3	Forza di inerzia sisma lungo Z <sup>+</sup>

Baricentro terreno		
X <sub>G</sub> (m)	Y <sub>G</sub> (m)	Z <sub>G</sub> (m)
-10,70	5,59	6,84

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
313,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2145,51	2145,51
0,00	313,65	0,00	0,00	-2145,51	-2145,51	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	627,30	0,00	3505,43	3505,43	0,00	6712,94	6712,94

**8. Incremento di spinta del terreno lungo X**

N°	Descrizione	Lx (m)	Ly (m)	H (m)	Punti di applicazione		
					x (m)	y (m)	zs (m)
1	Incremento spinta 1	5,8	8,18	10,3	-13,57	5,6	6,8667

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
216,01	153,16	-144,18	0,00	-1859,10	-1859,10	0,00	-473,27	-473,27

**9. Azioni totali della spalla**

Tipo	Condizioni
g1	Peso proprio struttura
g2	Carichi permanenti portati
g3	Altre azioni permanenti
ε1	Distorsioni e presollecitazioni
ε2	Ritiro del calcestruzzo
ε3	Variazioni termiche
ε4	Scorrimenti viscosi
ε5	Cedimenti vincolari
q1	Carichi mobili
q2	Effetto dinamico q1
q3	Frenamento
q4	Azione centrifuga
q5scar.	Azione del vento scarico
q5car.	Azione del vento carico
q6	Sismica lungo X
	Sismica lungo Y
	Sismica lungo Z
q7	Attrito appoggi
q8	Urto
q9	Altre variabili

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	Mx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	My (KNm)
0,00	0,00	-18325,73	#####	0,00	#####	#####	0,00	#####
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3799,91	2694,31	-2536,35	0,00	-23454,02	-23454,02	0,00	-21371,86	-21371,86
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
737,85	523,17	-1316,89	-4995,86	-5452,28	-10448,15	-9315,72	-2883,24	-12198,96
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
949,04	153,16	-144,18	0,00	-1859,10	-1859,10	0,00	3111,12	3111,12
0,00	733,03	0,00	0,00	-3584,39	-3584,39	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	1466,06	0,00	8354,70	8354,70	0,00	14202,95	14202,95
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**IMPALCATO**

**10. Azioni totali dell'impalcato trasmesse alla spalla**

Tipo	Condizioni
g1	Peso proprio struttura
g2	Carichi permanenti portati
g3	Altre azioni permanenti
ε1	Distorsioni e presollecitazioni
ε2	Ritiro del calcestruzzo
ε3	Variazioni termiche
ε4	Scorrimenti viscosi
ε5	Cedimenti vincolari
(q1+q2) <sub>Nmax</sub>	Carichi mobili Nmax
(q1+q2) <sub>Mxmax</sub>	Carichi mobili Mxmax
q3	Frenamento
q4	Azione centrifuga
q5scar.	Azione del vento scarico
q5car.	Azione del vento carico
q6	Sismica lungo X
	Sismica lungo Y
	Sismica lungo Z
q7	Attrito appoggi
q8	Urto
q9	Altre variabili

Punto di applicazione		
x (m)	y (m)	z (m)
-6,20	5,6	7,98

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)	Minstabx (KNm)	Mstabx (KNm)	Minstaby (KNm)	Mstaby (KNm)
0,00	0,00	-2093,89	-94,86	-67,27	-11820,64	0,00	-13049,39	0,00
0,00	0,00	-923,44	146,12	103,62	-5025,14	0,00	-5621,71	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-1904,22	1154,75	818,91	-9508,88	0,00	-10987,25	0,00
0,00	0,00	-1250,88	-2459,9	-1744,47	-9464,83	0,00	-9499,93	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	165,30	0,00	-462,84	0,00	-1781,93	0,00	0,00	0,00
0,00	339,30	0,00	-950,04	0,00	-3657,65	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	180,00	0,00	0,00	0,00	-1436,40	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	360,00	0,00	0,00	2016,00	0,00	2232,00	0,00
112,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	897,75	0,00
0,00	266,67	0,00	-986,67	0,00	-3114,67	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**11. Azioni totali sull'intradosso fondazione per condizione di carico (momenti rispetto a P.0)**

Tipo	Condizioni
g1	Peso proprio struttura
g2	Carichi permanenti portati
g3	Altre azioni permanenti
ε1	Distorsioni e presollecitazioni
ε2	Ritiro del calcestruzzo
ε3	Variazioni termiche
ε4	Scorrimenti viscosi
ε5	Cedimenti vincolari
(q1+q2) <sub>Nmax</sub>	Carichi mobili Nmax
(q1+q2) <sub>Mxmax</sub>	Carichi mobili Mxmax
q3	Frenamento
q4	Azione centrifuga
q5scar.	Azione del vento scarico
q5car.	Azione del vento carico
q6	Sismica lungo X
	Sismica lungo Y
	Sismica lungo Z
q7	Attrito appoggi
q8	Urto
q9	Altre variabili

Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstabx (KNm)	Minstx (KNm)	ΣMx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	ΣMy (KNm)
0,00	0,00	-20419,62	#####	-11820,64	#####	#####	-13049,39	#####
0,00	0,00	-923,44	0,00	-5025,14	-5025,14	0,00	-5621,71	-5621,71
3799,91	2694,31	-2536,35	0,00	-23454,02	-23454,02	0,00	-21371,86	-21371,86
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
737,85	523,17	-3221,11	-4995,86	-14961,17	-19957,03	-9315,72	-13870,49	-23186,21
0,00	0,00	-1250,88	0,00	-9464,83	-9464,83	0,00	-9499,93	-9499,93
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	165,30	0,00	0,00	-1781,93	-1781,93	0,00	0,00	0,00
0,00	339,30	0,00	0,00	-3657,65	-3657,65	0,00	0,00	0,00
949,04	153,16	-144,18	0,00	0,00	-1859,10	0,00	0,00	3111,12
0,00	913,03	0,00	0,00	-1436,40	-5020,79	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	1826,06	0,00	156,90	10370,70	0,00	5343,12	16434,95
112,50	0,00	0,00	0,00	-3584,39	0,00	0,00	897,75	897,75
0,00	266,67	0,00	0,00	5240,04	-3114,67	0,00	14202,95	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**12. Azioni totali sull'intradosso fondazione per combinazione di carico (momenti rispetto a P.0)**

	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mstbx (KNm)	Minstx (KNm)	ΣMx (KNm)	Mstaby (KNm)	Minsty (KNm)	ΣMy (KNm)
A I <sub>1</sub>	3912,41	3126,28	-23879,41	-104433,79	-40426,09	-149630,20	-177536,87	-24942,26	-216682,07
A I <sub>2</sub>	3912,41	2262,35	-23879,41	-104433,79	-47342,30	-139837,00	-177536,87	-53348,16	-216682,07
A II <sub>1</sub>	4650,26	3619,87	-27100,52	-109429,66	-55068,39	-169268,36	-186852,59	-38812,75	-239868,29
A II <sub>2</sub>	4650,26	2815,10	-27100,52	-109429,66	-62622,34	-160112,90	-186852,59	-67218,65	-239868,29
A II <sub>3</sub>	3912,41	3096,70	-25130,29	-104433,79	-49572,05	-158776,16	-177536,87	-34442,18	-226182,00
A II <sub>4</sub>	3912,41	2291,93	-25130,29	-104433,79	-57126,00	-149620,70	-177536,87	-62848,08	-226182,00
A III <sub>1</sub>	4650,26	3552,01	-27100,52	-109429,66	-54336,86	-168536,83	-186852,59	-38812,75	-239868,29
A III <sub>2</sub>	4650,26	2882,96	-27100,52	-109429,66	-63353,87	-160844,44	-186852,59	-67218,65	-239868,29
A III <sub>3</sub>	3912,41	3028,84	-25130,29	-104433,79	-48840,52	-158044,63	-177536,87	-34442,18	-226182,00
A III <sub>4</sub>	3912,41	2359,79	-25130,29	-104433,79	-57857,53	-150352,23	-177536,87	-62848,08	-226182,00
A IV <sub>1</sub>	4650,26	3552,01	-27100,52	-109429,66	-54336,86	-168536,83	-186852,59	-38812,75	-239868,29
A IV <sub>2</sub>	4650,26	2882,96	-27100,52	-109429,66	-63353,87	-160844,44	-186852,59	-67218,65	-239868,29
A IV <sub>3</sub>	3912,41	3028,84	-25130,29	-104433,79	-48840,52	-158044,63	-177536,87	-34442,18	-226182,00
A IV <sub>4</sub>	3912,41	2359,79	-25130,29	-104433,79	-57857,53	-150352,23	-177536,87	-62848,08	-226182,00
A V Z <sup>+</sup> /X <sup>+</sup>	4748,95	2847,47	-22197,53	-104433,79	-40142,91	-136222,00	-177536,87	-34699,84	-198033,76
A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>+</sup>	3799,91	3607,34	-22053,35	-104433,79	-41579,31	-139383,69	-177536,87	-34699,84	-201144,87
A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	3799,91	1781,29	-22053,35	-104433,79	-38706,51	-129342,11	-177536,87	-34699,84	-201144,87
A V Z <sup>-</sup> /X <sup>+</sup>	4748,95	2847,47	-25849,64	-104433,79	-40456,71	-156963,41	-177536,87	-45386,08	-230903,65
A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>+</sup>	3799,91	3607,34	-25705,46	-104433,79	-41893,11	-160125,09	-177536,87	-45386,08	-234014,77
A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	3799,91	1781,29	-25705,46	-104433,79	-39020,31	-150083,52	-177536,87	-45386,08	-234014,77

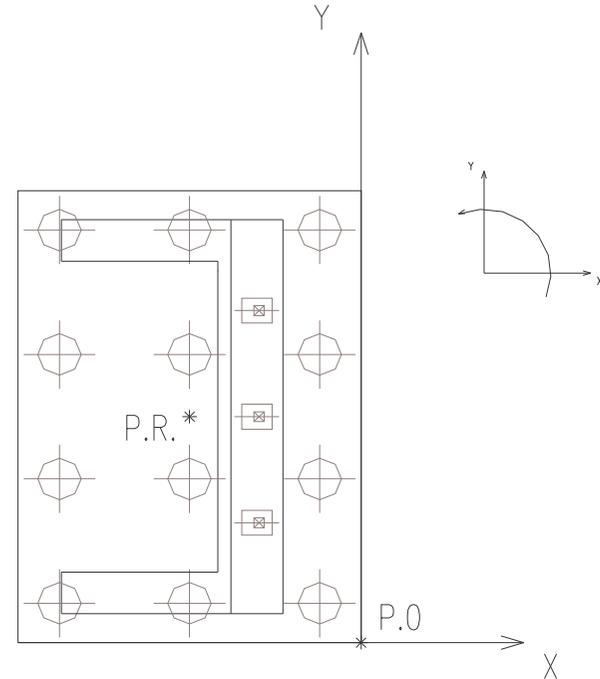
Coordinate Punto di Riferimento (P.R.):

X <sub>R</sub> (m)	Y <sub>R</sub> (m)
-8,84	5,70

(Baricentro palificata)

**13. Azioni totali sull'intradosso fondazione per combinazione di carico (momenti rispetto a P.R.)**

	Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
A I <sub>1</sub>	3912,41	3126,28	-23879,41	-13585,25	-5582,15
A I <sub>2</sub>	3912,41	2262,35	-23879,41	-3792,04	-5582,15
A II <sub>1</sub>	4650,26	3619,87	-27100,52	-14872,18	-292,91
A II <sub>2</sub>	4650,26	2815,10	-27100,52	-5716,72	-292,91
A II <sub>3</sub>	3912,41	3096,70	-25130,29	-15604,73	-4023,98
A II <sub>4</sub>	3912,41	2291,93	-25130,29	-6449,27	-4023,98
A III <sub>1</sub>	4650,26	3552,01	-27100,52	-14140,65	-292,91
A III <sub>2</sub>	4650,26	2882,96	-27100,52	-6448,25	-292,91
A III <sub>3</sub>	3912,41	3028,84	-25130,29	-14873,20	-4023,98
A III <sub>4</sub>	3912,41	2359,79	-25130,29	-7180,80	-4023,98
A IV <sub>1</sub>	4650,26	3552,01	-27100,52	-14140,65	-292,91
A IV <sub>2</sub>	4650,26	2882,96	-27100,52	-6448,25	-292,91
A IV <sub>3</sub>	3912,41	3028,84	-25130,29	-14873,20	-4023,98
A IV <sub>4</sub>	3912,41	2359,79	-25130,29	-7180,80	-4023,98
A V Z <sup>+</sup> /X <sup>+</sup>	4748,95	2847,47	-22197,53	-9758,99	-1802,06
A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>+</sup>	3799,91	3607,34	-22053,35	-13742,09	-6187,76
A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	3799,91	1781,29	-22053,35	-3700,51	-6187,76
A V Z <sup>-</sup> /X <sup>+</sup>	4748,95	2847,47	-25849,64	-9693,68	-2386,33
A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>+</sup>	3799,91	3607,34	-25705,46	-13676,77	-6772,04
A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	3799,91	1781,29	-25705,46	-3635,20	-6772,04



## **S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”**

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA MOBILE S2**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

#### **ALLEGATO 2**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 5	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE**

**OPERA:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
**OGGETTO:** SPALLA MOBILE S2

**1. Dati platea di fondazione**

Diametro del palo D = 1,20 m  
 Modulo di Young del palo  $E_p$  = 25000 Mpa  
 Momento di inerzia del palo  $I_p$  = 0,1018 m<sup>4</sup>  
 Numero di pali n = 12  
 Tratto non reagente dal p.c. Lnr = 0,00 m  
 Numero di vertici della platea nv = 4  
 Tipo di terreno di base Argilla/Limo  
 Coesione non drenata media cum = 50,00 kPa

**2. Sollecitazioni all'intradosso platea di fondazione per combinazione di carico**

(Azioni applicate nel baricentro della palificata)

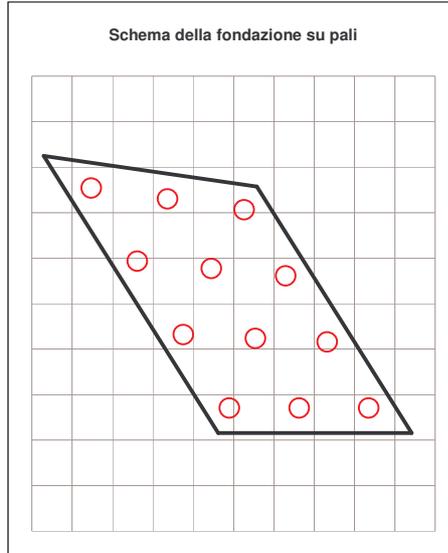
Comb.	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Descrizione
1	3912,41	3126,28	-23879,41	-13585,25	-5582,15	A I1
2	3912,41	2262,35	-23879,41	-3792,04	-5582,15	A I2
3	4650,26	3619,87	-27100,52	-14872,18	-292,91	A II1
4	4650,26	2815,10	-27100,52	-5716,72	-292,91	A II2
5	3912,41	3096,70	-25130,29	-15604,73	-4023,98	A II3
6	3912,41	2291,93	-25130,29	-6449,27	-4023,98	A II4
7	4650,26	3552,01	-27100,52	-14140,65	-292,91	A III1
8	4650,26	2882,96	-27100,52	-6448,25	-292,91	A III2
9	3912,41	3028,84	-25130,29	-14873,20	-4023,98	A III3
10	3912,41	2359,79	-25130,29	-7180,80	-4023,98	A III4
11	4650,26	3552,01	-27100,52	-14140,65	-292,91	A IV1
12	4650,26	2882,96	-27100,52	-6448,25	-292,91	A IV2
13	3912,41	3028,84	-25130,29	-14873,20	-4023,98	A IV3
14	3912,41	2359,79	-25130,29	-7180,80	-4023,98	A IV4
15	4748,95	2847,47	-22197,53	-9758,99	-1802,06	A V Z+/X+
16	3799,91	3607,34	-22053,35	-13742,09	-6187,76	A V Z+/Y+
17	3799,91	1781,29	-22053,35	-3700,51	-6187,76	A V Z+/Y-
18	4748,95	2847,47	-25849,64	-9693,68	-2386,33	A V Z-/X+
19	3799,91	3607,34	-25705,46	-13676,77	-6772,04	A V Z-/Y+
20	3799,91	1781,29	-25705,46	-3635,20	-6772,04	A V Z-/Y-

**3. Geometria palificata rispetto al baricentro palificata**

N° pali	Xi (m)	Yi (m)	Xi <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Yi <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	ΣXi <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	ΣYi <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
1	6,71	-4,60	45,04	21,13	176,00	141,62
2	4,65	-1,70	21,65	2,88		
3	2,59	1,21	6,73	1,46		
4	0,54	4,11	0,29	16,92		
5	3,26	-4,60	10,63	21,13		
6	1,09	-1,53	1,18	2,34		
7	-1,09	1,53	1,18	2,35		
8	-3,26	4,60	10,63	21,13		
9	-0,19	-4,60	0,04	21,13		
10	-2,48	-1,37	6,15	1,88		
11	-4,77	1,86	22,73	3,45		
12	-7,05	5,08	49,76	25,80		

Xi = Coordinata X rispetto al baricentro della palificata

Yi = Coordinata Y rispetto al baricentro della palificata



**4. Azioni massime e minime in testa ai pali per combinazione di carico (Matlock&Reese)**

Comb.	Nmin kN	Nmax kN	Vmax kN	Mtot kNm	Descrizione
1	-1746,60	-2346,56	417,34	990,68	A I1
2	-1468,89	-2597,89	376,62	894,02	A I2
3	-2093,61	-2531,80	491,09	1165,76	A II1
4	-1896,00	-2710,93	453,00	1075,33	A II2
5	-1491,04	-2382,94	415,80	987,04	A II3
6	-1231,16	-2618,12	377,86	896,97	A II4
7	-2112,13	-2515,23	487,64	1157,56	A III1
8	-1916,46	-2692,41	455,95	1082,34	A III2
9	-1470,58	-2401,45	412,32	978,77	A III3
10	-1251,63	-2599,61	380,75	903,83	A III4
11	-2112,13	-2515,23	487,64	1157,56	A IV1
12	-1916,46	-2692,41	455,95	1082,34	A IV2
13	-1470,58	-2401,45	412,32	978,77	A IV3
14	-1251,63	-2599,61	380,75	903,83	A IV4
15	-1564,85	-2240,70	461,43	1095,36	A V Z+/X+
16	-1545,53	-2239,28	436,62	1036,47	A V Z+/Y+
17	-1340,83	-2424,53	349,73	830,18	A V Z+/Y-
18	-1843,44	-2569,45	461,43	1095,36	A V Z-/X+
19	-1824,11	-2568,02	436,62	1036,47	A V Z-/Y+
20	-1619,41	-2753,27	349,73	830,18	A V Z-/Y-



Sforzo normale massimo di compressione



Sforzo normale minimo di compressione



Sforzo normale massimo di trazione

**5. Azioni in testa ai pali per la verifica a presso-flessione e taglio****Combinazione con Momento massimo:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
-2475,74	491,09	1165,76	1	3

**Combinazione con Sforzo normale minimo a compressione:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
-1231,16	377,86	896,97	12	6

**Combinazione con Sforzo normale massimo a compressione:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
-2753,27	349,73	830,18	1	20

**Combinazione con Sforzo normale massimo a trazione:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
0,00	0,00	0,00	0	0

**Combinazione con Taglio massimo:**

Nk	Vk	Mk	N° palo	N° comb
kN	kN	kNm		
-2475,74	491,09	1165,76	1	3

## SPALLA IN C.A.: VERIFICA STRUTTURALE DEL PALO DI FONDAZIONE

OPERA: S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
 OGGETTO: SPALLA MOBILE S2

### Verifica a presso-flessione della sezione di sommità del palo

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica palo - grotticelle2 - Mmax

Titolo: Verifica palo - Grotticelle S2 - Mmax

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 120 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 12
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 4 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipologia sezione:
 

- Rettan.re
- Trapezi
- a T
- Circolare
- Rettangoli
- Coord.

Diagramma della sezione circolare cava con assi x e y e punto N.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub>: 2486,64 kN  
 M<sub>xSd</sub>: 1748,6 kNm  
 M<sub>ySd</sub>: 0

P.to applicazione N:
 

- Centro
- Baricentro cls
- Coord.[cm] xN: 0, yN: 0

Tipologia rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali: FeB44k, C25/30

$\epsilon_{su}$ : 10 ‰,  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $f_{yd}$ : 373,9 N/mm<sup>2</sup>,  $f_{cd}$ : 15,63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>,  $\alpha$ : 0,85  
 $E_s/E_c$ : 15,  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,870 ‰,  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{co}$ : 0,6,  $\tau_{c1}$ : 1,829

M<sub>xRd</sub>: 3,998 kNm

$\sigma_c$ : -13,22 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 373,9 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 1,863 ‰  
 $\epsilon_s$ : 10,00 ‰  
 d: 236,0 cm  
 x: 37,06, x/d: 0,1570  
 $\delta$ : 0,7000

Metodo di calcolo:
 

- S.L.U. +
- S.L.U. -
- Metodo n

Tipologia flessione:
 

- Retta
- Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso: Predeformazione acciaio: 0 ‰

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica palo - grotticelle2 - Nmax(-)

Titolo: Verifica palo - Grotticelle S2 - Nmax(-)

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 120 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 12
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 4 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipologia sezione:
 

- Rettan.re
- Trapezi
- a T
- Circolare
- Rettangoli
- Coord.

Diagramma della sezione circolare cava con assi x e y e punto N.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub>: 2763,57 kN  
 M<sub>xSd</sub>: 1245,3 kNm  
 M<sub>ySd</sub>: 0

P.to applicazione N:
 

- Centro
- Baricentro cls
- Coord.[cm] xN: 0, yN: 0

Tipologia rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali: FeB44k, C25/30

$\epsilon_{su}$ : 10 ‰,  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $f_{yd}$ : 373,9 N/mm<sup>2</sup>,  $f_{cd}$ : 15,63 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>,  $\alpha$ : 0,85  
 $E_s/E_c$ : 15,  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,870 ‰,  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{co}$ : 0,6,  $\tau_{c1}$ : 1,829

M<sub>xRd</sub>: 4,257 kNm

$\sigma_c$ : -13,27 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 373,9 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 1,941 ‰  
 $\epsilon_s$ : 10,00 ‰  
 d: 236,0 cm  
 x: 38,36, x/d: 0,1625  
 $\delta$ : 0,7000

Metodo di calcolo:
 

- S.L.U. +
- S.L.U. -
- Metodo n

Tipologia flessione:
 

- Retta
- Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso: Predeformazione acciaio: 0 ‰

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica palo - grotticelle2 - Nmin(-)

Titolo: Verifica palo - Grotticelle S2 - Nmin(-)

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 120 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 12  
 Diametro barre: 2 [cm]  
 Coprifero (baric.): 4 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub>: 1209,34 [kN]  
 M<sub>xSd</sub>: 1245,3 [kNm]  
 M<sub>ySd</sub>: 0 [kNm]

P.to applicazione N:  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>: 2.765 [kNm]

Materiali: FeB44k C25/30

ε<sub>su</sub>: 10 ‰ ε<sub>cu</sub>: 3,5  
 f<sub>yd</sub>: 373,9 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>: 15,63  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm<sup>2</sup> α: 0,95  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0,9  
 ε<sub>syd</sub>: 1,870 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9,75  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>: 0,6  
 τ<sub>c1</sub>: 1,829

σ<sub>c</sub>: -12,38 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>: 373,9 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>: 1,479 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 10,00 ‰  
 d: 236,0 cm  
 x: 30,40 x/d: 0,1288  
 δ: 0,7000

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

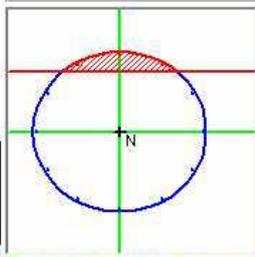
Tipo flessione:  
 Retta  Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

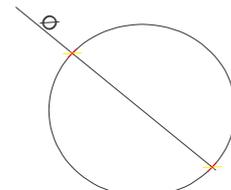
L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso:  
 Predeformazione acciaio: 0 ‰



**Verifica a Taglio della sezione di sommità del palo**

V <sub>k</sub> =	491,09 KN	Taglio massimo agente sulla sezione
V <sub>sd</sub> =	736,63 KN	Taglio ultimo agente sulla sezione
N <sub>k</sub> =	-2475,74 KN	Sforzo normale dovuto a carichi o precompressione (compressione positiva)
N <sub>sd</sub> =	-2475,741 KN	Sforzo normale ultimo dovuto a carichi o precompressione (compressione positiva)
D =	1000 mm	Diametro della sezione
A <sub>c</sub> =	785398 mm <sup>2</sup>	Area sezione
f <sub>ck</sub> =	25 Mpa	Resistenza caratteristica del cls
f <sub>cd</sub> =	16 Mpa	Resistenza di calcolo del cls
f <sub>yk</sub> =	430 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
f <sub>yd</sub> =	374 Mpa	Tensione di calcolo di snervamento
d =	707 mm	Altezza utile della sezione
b =	707 mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
τ <sub>rd</sub> =	0,28 Mpa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento (γ <sub>c</sub> = 1,6)
k =	1,00	
A <sub>S<sub>tr</sub></sub> =	2412 mm <sup>2</sup>	Area delle armature di trazione
ρ <sub>l</sub> =	0,004823	
v =	0,575	Fattore di efficienza
V <sub>rd1</sub> =	-41,03 KN	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura
V <sub>rd2</sub> =	2021,48 KN	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse



**E' necessaria armatura a taglio**

cot θ =	2	
V <sub>rd2</sub> =	1617,19 KN	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse
A <sub>sw</sub> /s =	0,1548 cm <sup>2</sup> /cmxcm	Armatura di progetto
A <sub>sw</sub> /s,min =	0,0877 cm <sup>2</sup> /cmxcm	Armatura minima di normativa
nb =	2	Numero braccia staffa
φ =	14 mm	Diametro staffa
A <sub>s,st</sub> =	3,08 cm <sup>2</sup>	Area staffa
s =	19,89 cm	Passo minimo staffa
	19 cm	<b>Passo staffe di progetto</b>

**Armatura di Taglio pari a Ø14/19**

## **S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”**

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA MOBILE S2**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

#### **ALLEGATO 3**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 7	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: CALCOLO DEL MURO FRONTALE****OPERA:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST**OGGETTO:** SPALLA MOBILE S2 - H = 5,5 m**DATI GEOMETRICI:**

Lunghezza platea:	(LP)	<b>9,6</b> m	Sbalzo platea inferiore:	(SPI)	1,10 m
Spessore platea:	(HP)	<b>2</b> m	Lunghezza terreno superiore:	(LTS)	<b>5,23</b> m
Lunghezza terreno su platea:	(LTI)	<b>5,23</b> m	Sbalzo platea superiore:	(SPS)	1,10 m
Spessore inferiore muro:	(SMI)	<b>3,27</b> m	Incremento di altezza terrapieno:	(HT)	0,00 m
Spessore superiore muro:	(SMS)	<b>3,27</b> m	Altezza tot. terreno dietro platea:	(HTOT)	7,50 m
Altezza muro:	(HM)	<b>5,5</b> m	Inclinazione interna muro:	(BETAM)	0,0000 rad
Inclinazione interna muro:		<b>0,000</b> ° (>=0)	Inclinazione esterna muro:	(IEM)	0,0000 rad (>=0)
Inclinazione terrapieno:		<b>0,000</b> ° (>=0)	Inclinazione terrapieno:	(IT)	0,0000 rad
Inclinazione base magrone:		<b>0</b> ° (>=0)	Inclinazione base magrone:	(IBM)	0,0000 rad
Volume di terreno a monte	(VTM)	<b>0,00</b> m <sup>3</sup>	Dist. asse paraghiaia-filo esterno muro		<b>0,86</b> m
Altezza paraghiaia	(HPG)	<b>2,80</b> m	Spessore paraghiaia	(SPG)	<b>0,60</b> m

**CALCOLO DELLE SPINTE DEL TERRENO:****Dati di ingresso:**

coeff. sismico orizzontale	<b>0,04</b>
coeff. sismico verticale	<b>0,08</b>
attrito interno	<b>32</b> °
attrito muro-terreno	<b>21,33</b> °
coesione terreno	<b>0,00</b> t/m <sup>2</sup>
peso specifico terreno	<b>1,90</b> t/m <sup>3</sup>

**Coefficienti di spinta:**

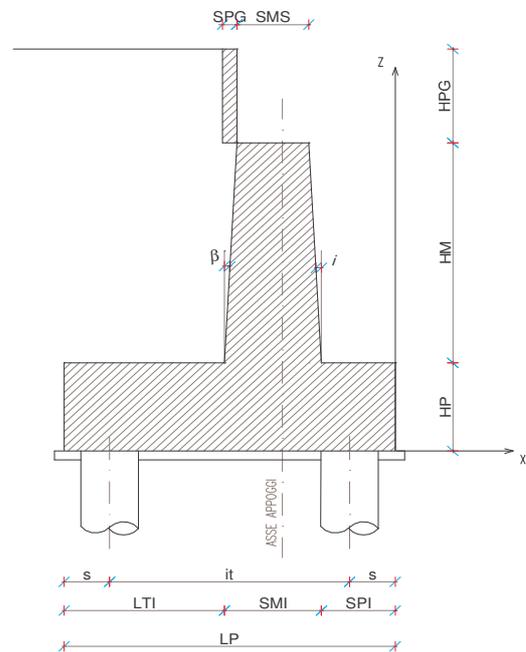
Ko =	0,47008
Ka,stat =	0,27502 (δ ≠ 0)
Ka,sism =	0,30726 (δ = 0)
Kae =	0,33228
ΔKae =	0,02502 (= Kae - Ka,sism)
I =	<b>1</b> Coefficiente di protezione sismica

**Dati di calcolo:**

psi =	0,043451 rad
fi =	0,55851 rad
delta =	0,37234 rad
beta =	0,00000 rad
i =	0,00000 rad

**SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO**

Combinazioni	Fx t/m	Fz t/m	My tm/m
A I1	25,40	-54,88	58,30
A I2	25,40	-54,88	58,30
A II1	30,21	-56,76	71,55
A II2	30,21	-56,76	71,55
A II3	30,21	-56,76	71,55
A II4	30,21	-56,76	71,55
A III1	30,21	-56,76	71,55
A III2	30,21	-56,76	71,55
A III3	30,21	-56,76	71,55
A III4	30,21	-56,76	71,55
A IV1	30,21	-56,76	71,55
A IV2	30,21	-56,76	71,55
A IV3	30,21	-56,76	71,55
A IV4	30,21	-56,76	71,55
A V Z+/X+	19,75	-48,38	47,39
A V Z+/Y+	19,75	-48,38	47,39
A V Z+/Y-	19,75	-48,38	47,39
A V Z-/X+	19,75	-48,38	47,39
A V Z-/Y+	19,75	-48,38	47,39
A V Z-/Y-	19,75	-48,38	47,39
Fessurazione	28,77	-56,20	67,57



**SCARICHI DELL'IMPALCATO SU UN APPOGGIO DELLA SPALLA PER CONDIZIONE DI CARICO**  
(APPOGGIO MULTIDIREZIONALE SPALLA S2)

Condizioni	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My
		(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)
Peso proprio struttura	g1	0,00	0,00	-1066,71	0,00	0,00
Carichi permanenti portati	g2	0,00	0,00	-431,28	0,00	0,00
Altre azioni permanenti	g3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Distorsioni e presollecitazioni	ε1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ritiro del calcestruzzo	ε2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Variazioni termiche	ε3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Scorrimenti viscosi	ε4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cedimenti vincolari	ε5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Carichi mobili Nmax	(q1+q2) <sub>Nmax</sub>	0,00	0,00	-1227,80	0,00	0,00
Carichi mobili Mxmax	(q1+q2) <sub>Mxmax</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frenamento	q3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azione centrifuga	q4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azione del vento scarico	q5scar.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azione del vento carico	q5car.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sismica lungo X		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sismica lungo Y	q6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sismica lungo Z		0,00	0,00	360,00	0,00	0,00
Attrito appoggi	q7	112,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Urto	q8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Altre variabili	q9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**SCARICHI DELL'IMPALCATO SU UN APPOGGIO DELLA SPALLA PER COMBINAZIONE DI CARICO**

Combinazioni		Fx	Fy	Fz	Mx	My
		(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)
1	A I <sub>1</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	0,00
2	A I <sub>2</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	0,00
3	A II <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	0,00
4	A II <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	0,00
5	A II <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	0,00
6	A II <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	0,00
7	A III <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	0,00
8	A III <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	0,00
9	A III <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	0,00
10	A III <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	0,00
11	A IV <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	0,00
12	A IV <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	0,00
13	A IV <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	0,00
14	A IV <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	0,00
15	A V Z <sup>+</sup> /X <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1137,99	0,00	0,00
16	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1137,99	0,00	0,00
17	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>-</sup>	0,00	0,00	-1137,99	0,00	0,00
18	A V Z <sup>-</sup> /X <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1857,99	0,00	0,00
19	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1857,99	0,00	0,00
20	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	0,00	0,00	-1857,99	0,00	0,00

**DATI DI CALCOLO SPERONE DEL MURO FRONTALE DELLA SPALLA**

Dimensione sperone lungo X	h =	<b>3,27</b> m
Dimensione sperone lungo Y	b =	<b>1,64</b> m
Larghezza spalla	B =	<b>12,23</b> m
Distanza lungo X baricentro sezione sperone e asse appoggio	dx =	<b>0,49</b> m
Distanza lungo Y baricentro sezione sperone e asse appoggio	dy =	<b>0,00</b> m
Quota applicazione delle azioni appoggio dallo spiccato di fondazione	z =	<b>5,98</b> m

**SCARICHI DELL'IMPALCATO SU UN APPOGGIO APPLICATE AL BARICENTRO SEZIONE SPERONE**

Combinazioni		Fx	Fy	Fz	Mx	My
		(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)
1	A I <sub>1</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	1402,27
2	A I <sub>2</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	1402,27
3	A II <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	2000,21
4	A II <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	2000,21
5	A II <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	1402,27
6	A II <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	1402,27
7	A III <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	2000,21
8	A III <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	2000,21
9	A III <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	1402,27
10	A III <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	1402,27
11	A IV <sub>1</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	2000,21
12	A IV <sub>2</sub>	112,50	0,00	-2725,79	0,00	2000,21
13	A IV <sub>3</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	1402,27
14	A IV <sub>4</sub>	112,50	0,00	-1497,99	0,00	1402,27
15	A V Z <sup>+</sup> /X <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1137,99	0,00	554,20
16	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1137,99	0,00	554,20
17	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>-</sup>	0,00	0,00	-1137,99	0,00	554,20
18	A V Z <sup>-</sup> /X <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1857,99	0,00	904,84
19	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>+</sup>	0,00	0,00	-1857,99	0,00	904,84
20	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	0,00	0,00	-1857,99	0,00	904,84

**AZIONI TOTALI (SPALLA + IMPALCATO) APPLICATE AL BARICENTRO SEZIONE SPERONE**

Combinazioni		Fx	Fy	Fz	Mx	My
		(KN)	(KN)	(KN)	(KNm)	(KNm)
1	A I <sub>1</sub>	1665,43	0,00	-4853,95	0,00	4967,48
2	A I <sub>2</sub>	1665,43	0,00	-4853,95	0,00	4967,48
3	A II <sub>1</sub>	1959,96	0,00	-6196,78	0,00	6375,39
4	A II <sub>2</sub>	1959,96	0,00	-6196,78	0,00	6375,39
5	A II <sub>3</sub>	1959,96	0,00	-4968,98	0,00	5777,45
6	A II <sub>4</sub>	1959,96	0,00	-4968,98	0,00	5777,45
7	A III <sub>1</sub>	1959,96	0,00	-6196,78	0,00	6375,39
8	A III <sub>2</sub>	1959,96	0,00	-6196,78	0,00	6375,39
9	A III <sub>3</sub>	1959,96	0,00	-4968,98	0,00	5777,45
10	A III <sub>4</sub>	1959,96	0,00	-4968,98	0,00	5777,45
11	A IV <sub>1</sub>	1959,96	0,00	-6196,78	0,00	6375,39
12	A IV <sub>2</sub>	1959,96	0,00	-6196,78	0,00	6375,39
13	A IV <sub>3</sub>	1959,96	0,00	-4968,98	0,00	5777,45
14	A IV <sub>4</sub>	1959,96	0,00	-4968,98	0,00	5777,45
15	A V Z <sup>+</sup> /X <sup>+</sup>	1207,69	0,00	-4096,21	0,00	3451,86
16	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>+</sup>	1207,69	0,00	-4096,21	0,00	3451,86
17	A V Z <sup>+</sup> /Y <sup>-</sup>	1207,69	0,00	-4096,21	0,00	3451,86
18	A V Z <sup>-</sup> /X <sup>+</sup>	1207,69	0,00	-4816,21	0,00	3802,50
19	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>+</sup>	1207,69	0,00	-4816,21	0,00	3802,50
20	A V Z <sup>-</sup> /Y <sup>-</sup>	1207,69	0,00	-4816,21	0,00	3802,50

**COMBINAZIONI PIU' GRAVOSE**

Combinazione per momento totale massimo		Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
<b>3</b>	A II1	1959,96	0,00	-6196,78	0,00	6375,39

Combinazione per sforzo normale massimo		Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
<b>3</b>	A II1	1959,96	0,00	-6196,78	0,00	6375,39

Combinazione per sforzo normale minimo		Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
<b>15</b>	A V Z+/X+	1207,69	0,00	-4096,21	0,00	3451,86

Combinazione per taglio massimo lungo X		Fx (KN)	Fy (KN)	Fz (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
<b>5</b>	A II3	1959,96	0,00	-4968,98	0,00	5777,45

## SPALLA IN C.A.: VERIFICA STRUTTURALE DELLA SEZIONE DELLO SPERONE

OPERA: S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
 OGGETTO: SPALLA MOBILE S2

### Verifica a presso-flessione della sezione di base dello sperone

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica sperone - grotticelle2 - Mmax

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

**Titolo:** Verifica sperone - Grotticelle2 - Mmax

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	163,5	327,5

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	5
2	45,24	322,5

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub> 6196,78 0 kN  
 M<sub>xSd</sub> 9563,08 0 kNm  
 M<sub>ySd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Materiali**  
 FeB44k C25/30  
 $\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3,5  
 $f_{yd}$  373,9 N/mm²  $f_{cd}$  15,63  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $\alpha$  0,85  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,9  
 $\epsilon_{syd}$  1,870 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd 14,155 kN m  
 $\sigma_c$  -13,26 N/mm²  
 $\sigma_s$  373,9 N/mm²  
 $\epsilon_c$  1,915 ‰  
 $\epsilon_s$  10,00 ‰  
 d 322,5 cm  
 x 51,84 x/d 0,1607  
 $\delta$  0,7000

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso: Predeformazione acciaio 0 ‰

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica sperone - grotticelle2 - Nmax(-)

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

**Titolo:** Verifica sperone - Grotticelle2 - Nmax(-)

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	163,5	327,5

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	5
2	45,24	322,5

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Sd</sub> 6196,78 0 kN  
 M<sub>xSd</sub> 9563,08 0 kNm  
 M<sub>ySd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Materiali**  
 FeB44k C25/30  
 $\epsilon_{su}$  10 ‰  $\epsilon_{cu}$  3,5  
 $f_{yd}$  373,9 N/mm²  $f_{cd}$  15,63  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $\alpha$  0,85  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,9  
 $\epsilon_{syd}$  1,870 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

**M** xRd 14,155 kN m  
 $\sigma_c$  -13,26 N/mm²  
 $\sigma_s$  373,9 N/mm²  
 $\epsilon_c$  1,915 ‰  
 $\epsilon_s$  10,00 ‰  
 d 322,5 cm  
 x 51,84 x/d 0,1607  
 $\delta$  0,7000

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso: Predeformazione acciaio 0 ‰

Verifica C.A. S.L.U. - File: Verifica sperone - grotticelle2 - Nmin(-)

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

**Titolo:** Verifica sperone - Grotticelle2 - Nmin(-)

N\* figure elementari  Zoom N\* strati barre  Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	163,5	327,5

N*	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	4
2	45,24	322,5

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Sd</sub>  kN  
M<sub>xSd</sub>  kNm  
M<sub>ySd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Materiali**  
**FeB44k** **C25/30**  
 $\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s$   N/mm²  $\alpha$   ?  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    $\tau_{c1}$

**Tipo rottura**  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

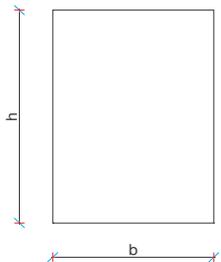
**M<sub>xRd</sub>**  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   $\delta$

**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
N\* rett.   
L<sub>0</sub>  cm **Col. modello**

Precompresso:  
Predeformazione acciaio  ‰

**Verifica a Taglio della sezione di base dello sperone**

F <sub>x</sub> =	<b>1959,96</b> KN	Taglio massimo agente sulla sezione
V <sub>sd</sub> =	<b>2939,94</b> KN	Taglio ultimo agente sulla sezione
N <sub>k</sub> =	<b>4968,98</b> KN	Sforzo normale dovuta a carichi o precompressione (compressione positiva)
A <sub>c</sub> =	5200000 mm <sup>2</sup>	Area sezione
f <sub>ck</sub> =	<b>25</b> Mpa	Resistenza caratteristica del cls
f <sub>cd</sub> =	<b>16</b> Mpa	Resistenza di calcolo del cls
f <sub>yk</sub> =	<b>430</b> Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
f <sub>yd</sub> =	<b>374</b> Mpa	Tensione di calcolo di snervamento
c =	<b>40</b> mm	Copriferro
d =	<b>3210</b> mm	Altezza utile della sezione
b =	<b>1600</b> mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
$\tau_{rd}$ =	0,28 Mpa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento ( $\gamma_c = 1,6$ )
k =	1,00	
A <sub>s,r</sub> =	<b>452400</b> mm <sup>2</sup>	Area delle armature di trazione
$\rho_l$ =	0,0880841	
v =	0,575	Fattore di efficienza
V <sub>rd1</sub> =	<b>7541,92</b> KN	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura
V <sub>rd2</sub> =	<b>20764,69</b> KN	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse



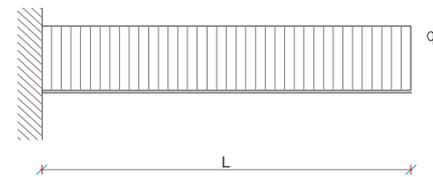
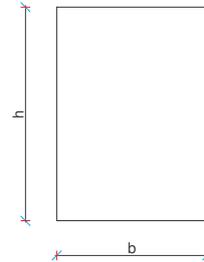
**Non è necessaria armatura specifica a taglio**

**SPALLA IN C.A.: VERIFICA A FLESSIONE DEL PARAMENTO DEL MURO FRONTALE**

**OPERA:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
**OGGETTO:** SPALLA MOBILE S2

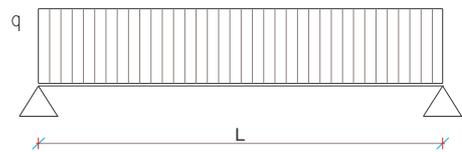
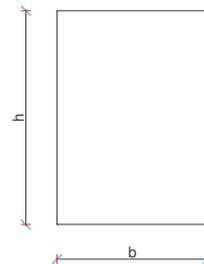
**CALCOLO DELL'ARMATURA A FLESSIONE TRATTI DI ESTREMITA' (MENSOLA INCASTRATA)**

L =	<b>2,00</b> m	Lunghezza mensola
q =	<b>326,66</b> kN/m	Carico distribuito sulla mensola
Mk =	<b>653,32</b> KNm	Momento massimo negativo agente sulla sezione
Msd =	<b>979,98</b> KNm	Momento ultimo agente sulla sezione
fck =	<b>25</b> Mpa	Resistenza caratteristica del cls
fcd =	<b>16</b> Mpa	Resistenza di calcolo del cls
fyk =	<b>430</b> Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
fyd =	<b>374</b> Mpa	Tensione di calcolo di snervamento
b =	<b>1,00</b> m	
d =	<b>0,95</b> m	
$\mu$ =	0,06949	Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\omega_0$ =	0,074324	Rapporto meccanico di armatura
As <sub>0</sub> =	29,51 cm <sup>2</sup>	Armatura di calcolo necessaria
As <sub>min</sub> =	14,25 cm <sup>2</sup>	Armatura minima
$\phi$ =	<b>20</b> mm	Diametro armatura
<b>As =</b>	<b>29,51 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 10Ø20/m</b>



**CALCOLO DELL'ARMATURA A FLESSIONE TRATTO CENTRALE (TRAVE APPOGGIATA)**

L =	<b>4,00</b> m	Lunghezza trave
q =	<b>326,66</b> kN/m	Carico distribuito sulla trave
Mk =	<b>653,32</b> KNm	Momento massimo negativo agente sulla sezione
Msd =	<b>979,98</b> KNm	Momento ultimo agente sulla sezione
fck =	<b>25</b> Mpa	Resistenza caratteristica del cls
fcd =	<b>16</b> Mpa	Resistenza di calcolo del cls
fyk =	<b>430</b> Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
fyd =	<b>374</b> Mpa	Tensione di calcolo di snervamento
b =	<b>1,00</b> m	
d =	<b>0,95</b> m	
$\mu$ =	0,06949	Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\omega_0$ =	0,074324	Rapporto meccanico di armatura
As <sub>0</sub> =	29,51 cm <sup>2</sup>	Armatura di calcolo necessaria
As <sub>min</sub> =	14,25 cm <sup>2</sup>	Armatura minima
$\phi$ =	<b>20</b> mm	Diametro armatura
<b>As =</b>	<b>29,51 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 10Ø20/m</b>



## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA MOBILE S2**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

#### **ALLEGATO 4**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 4	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: CALCOLO DEL MURO DI RISVOLTO**

**OGGETTO:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
**OPERA:** SPALLA MOBILE S2

**DATI GEOMETRICI:**

Lunghezza platea:	(LP)	<b>10,7</b> m	Sbalzo platea inferiore:	(SPI)	<b>0,60</b> m
Spessore platea:	(HP)	<b>2</b> m	Lunghezza terreno superiore:	(LTS)	<b>9,78</b> m
Lunghezza platea a monte:	(LTI)	<b>8,95</b> m	Sbalzo platea superiore:	(SPS)	<b>0,60</b> m
Spessore inferiore muro:	(SMI)	<b>1,15</b> m	Incremento di altezza terrapieno:	(HT)	<b>0,00</b> m
Spessore superiore muro:	(SMS)	<b>0,33</b> m	Altezza tot. terreno dietro platea:	(HTOT)	<b>10,25</b> m
Altezza muro:	(HM)	<b>8,25</b> m	Inclinazione interna muro:	(BETAM)	<b>0,0997</b> rad
Inclinazione interna muro:		<b>5,711</b> °(>=0)	Inclinazione esterna muro:	(IEM)	<b>0,0000</b> rad (>=0)
Inclinazione terrapieno:		<b>0,000</b> °(>=0)	Inclinazione terrapieno:	(IT)	<b>0,0000</b> rad

**CALCOLO DELLE SPINTE DEL TERRENO:****Dati di ingresso:**

coeff. sismico orizzontale	<b>0,04</b>
coeff. sismico verticale	<b>0,00</b>
attrito interno	<b>32</b> °
attrito muro-terreno	<b>21,333</b> °
coesione terreno	<b>0,00</b> t/m <sup>2</sup>
peso specifico terreno	<b>1,90</b> t/m <sup>3</sup>

**Coefficienti di spinta:**

Ko =	0,47008
Ka,stat =	0,31820 (δ ≠ 0)
Ka,sism =	0,34739 (δ = 0)
Kae =	0,37054
ΔKae =	0,02315 (= Kae - Ka,sism)
I =	<b>1</b> Coefficiente di protezione sismica

**Dati di calcolo:**

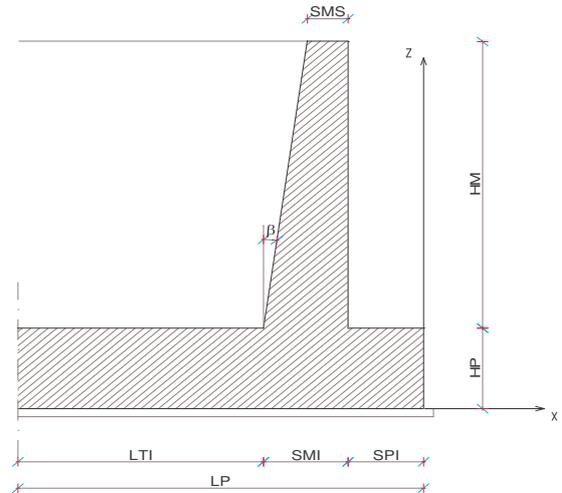
psi =	0,039979 rad
fi =	0,55851 rad
delta =	0,37234 rad
beta =	0,09968 rad
i =	0,00000 rad

**COMBINAZIONI DI CALCOLO:**

Combinazioni	Regime (1=attivo; 2=a riposo)	Tipo (1=statica; 2=sismica)	Variabile	Svio
Statica	<b>2</b>	<b>1</b>	0	0
Statica + variabile	<b>2</b>	<b>1</b>	1	0
Statica + variabile + svio	<b>2</b>	<b>1</b>	1	<b>1</b>
Sismica	<b>2</b>	<b>2</b>	0	0
Fessurazione	<b>2</b>	<b>1</b>	0,7	0

**SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAMENTO**

Combinazioni	Fx t/m	Fz t/m	M tm/m
Statica	27,07	-29,03	74,45
Statica + variabile	33,98	-32,56	102,94
Statica + variabile + svio	35,98	-32,56	121,24
Sismica	21,95	-26,10	64,39
Fessurazione	31,91	-31,50	94,39

**COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA:**

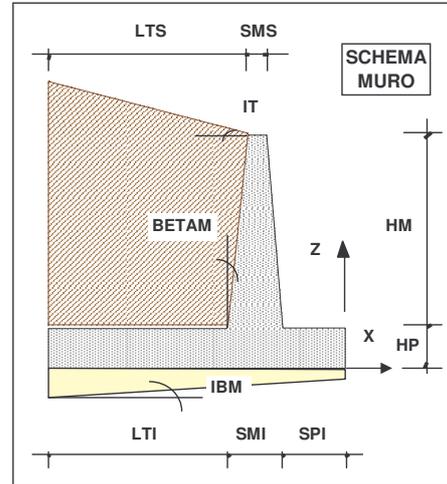
Combinazioni	Fx t/m	Fz t/m	M tm/m
Statica + variabile + svio	<b>35,98</b>	<b>-32,56</b>	<b>121,24</b>

**COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA:****Statica + variabile + svio****DATI MECCANICI:**

Coeff. di spinta [Fz(IT,BETAM)]:	(KS)	<b>0,470</b>	Angolo di attrito muro-terreno:	(DELTAM)	0,3723 rad
Angolo di attrito muro-terreno:		<b>21,33 °</b>	Angolo di attrito platea-magrone:	(DELTAC)	0,6109 rad
Peso di volume terreno:	(PTER)	<b>1,90 tf/m<sup>3</sup></b>	Angolo di attrito magrone-terreno:	(DELTAT)	0,3840 rad
Peso di volume calcestruzzo:	(PCLS)	<b>2,5 tf/m<sup>3</sup></b>	Inclinazione spinta su muro:	(ISM)	0,4720 rad
Angolo di attrito platea- magrone:		<b>35,00 °</b>	Inclinazione spinta su platea:	(IST)	0,3723 rad
Angolo di attrito magrone-terreno:		<b>22,00 °</b>			

**DATI DI CARICO:**

Acc sismica orizzontale:	(ASO)	<b>0 g</b>
Acc sismica vert. (+ verso alto):	(ASV)	<b>0 g</b>
Incremento sismico spinta:	(DKS)	<b>0,00000</b>
Acc.orizz.su terreno sopra platea:	(AOT)	<b>0 (1= si, 0= no)</b>
Sovraccarico a monte:	(QSM)	<b>2 tf/m<sup>2</sup></b>
Carico equivalente terreno:	(CET)	<b>0,00 tf/m<sup>2</sup></b>
Percentuale sovr. su platea:	(SSP)	<b>100 (0 -100%)</b>
Sovraccarico a valle:	(QSV)	<b>0 tf/m<sup>2</sup></b>
Livello acqua falda:	(ZWF)	<b>0 m (da estr. platea)</b>
Press. idrostatica dietro muro:	(ADM)	<b>0 (1= si, 0= no)</b>
Forze in cima al muro:		
Forza verticale (verso l'alto):	(FZM)	<b>0 tf/m</b>
Forza orizzontale (verso valle):	(FXM)	<b>2 tf/m</b>
Coppia (oraria):	(MYM)	<b>0 tfm/m</b>
Braccio da estradosso muro:	(EZM)	<b>0,9 m (&gt;0 in alto)</b>
Braccio da filo est. sup. muro:	(EXM)	<b>0 m (&gt;0 a valle)</b>

**SOLLECITAZIONI SU PARAMENTO MURO:**

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	S (cm)	Xg (m)	qh (tf/m <sup>2</sup> )	qv (in alto) (tf/m <sup>2</sup> )	Vk (tf/m)	Nk (tf/m)	Mk (tfm/m)
0	0,00	8,25	33	0,762	0,84	-1,24	2,0	0,0	1,8
1	0,83	7,43	41	0,804	1,49	-1,78	3,0	-1,2	3,8
2	1,65	6,60	49	0,845	2,15	-2,32	4,5	-2,9	6,8
3	2,48	5,78	57	0,886	2,81	-2,86	6,5	-5,1	11,3
4	3,30	4,95	66	0,927	3,46	-3,41	9,1	-7,7	17,7
5	4,13	4,13	74	0,969	4,12	-3,95	12,2	-10,7	26,5
6	4,95	3,30	82	1,010	4,78	-4,49	15,9	-14,2	38,0
7	5,78	2,48	90	1,051	5,43	-5,03	20,1	-18,1	52,8
8	6,60	1,65	99	1,092	6,09	-5,57	24,9	-22,5	71,4
9	7,43	0,83	107	1,134	6,74	-6,11	30,1	-27,3	94,0
10	8,25	0,00	115	1,175	7,40	-6,65	36,0	-32,6	121,2

**LEGENDA:**

- Z da PS quota sezione da estradosso platea
- Z da MS quota sezione da estradosso muro
- S = spessore sezione
- Xg = distanza baricentro sezione da filo esterno platea
- qh = carico distribuito orizzontale dietro muro (+ verso valle)
- qv = carico distribuito verticale dietro muro (+ verso l'alto)
- Nk = sforzo normale caratt. (compressione negativa)
- Vk = sforzo di taglio caratt.
- Mk = momento flettente caratt. (positivo per trazione a monte)

**VERIFICHE A S.L.U DEL PARAMENTO DEL MURO****Combinazione più gravosa: Statica + variabile + svio****PARAMETRI DI RESISTENZA:**

Resistenza caratt. cls:	Rck =	300,0 kgf/cm <sup>2</sup>	v fcd =	89,9 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione di calcolo cls:	fcd =	155,6 kgf/cm <sup>2</sup>	$\tau_{rd}$ =	2,84 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo cls:	fctd =	11,4 kgf/cm <sup>2</sup>	$\theta$ =	27,0 °
Tens. snervamento di calcolo armat. long.:	fyd1 =	3826,1 kgf/cm <sup>2</sup>	$\theta$ =	0,4712 rad
Tens. snervamento di calcolo staffe:	fyd2 =	3826,1 kgf/cm <sup>2</sup>		
Distanza asse armatura da filo spalla:	c =	4,2 cm		

**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	Nsd (tf/m)	Msd (tfm/m)	$\mu_{sd}$	$\omega_{sd}$	As, nec (cm <sup>2</sup> /m)	As, min. (cm <sup>2</sup> /m)	As, disp. (cm <sup>2</sup> /m)	h da estr. platea (m)
0	32,5	28,3	0,0	2,7	0,02166	0,02213	2,6	4,2	20,1	8,25
1	40,8	36,6	-1,2	5,7	0,02845	0,02926	4,0	5,5	20,1	7,43
2	49,0	44,8	-2,9	10,3	0,03474	0,03594	5,8	6,7	20,1	6,60
3	57,3	53,1	-5,1	17,0	0,04162	0,04335	8,1	8,0	20,1	5,78
4	65,5	61,3	-7,7	26,6	0,04920	0,05163	10,9	9,2	20,1	4,95
5	73,8	69,6	-10,7	39,7	0,05741	0,06070	14,4	10,4	20,1	4,13
6	82,0	77,8	-14,2	57,1	0,06611	0,07048	18,7	11,7	20,1	3,30
7	90,3	86,1	-18,1	79,3	0,07522	0,08088	23,7	12,9	65,3	2,48
8	98,5	94,3	-22,5	107,0	0,08466	0,09182	29,5	14,1	65,3	1,65
9	106,8	102,6	-27,3	141,0	0,09436	0,10326	36,1	15,4	65,3	0,83
10	115,0	110,8	-32,6	181,9	0,10427	0,11515	43,6	16,6	65,3	0,00

**LEGENDA:**

Nsd = sforzo normale ultimo	$\mu_{sd}$ = momento ridotto, riferito all'armatura tesa
Msd = momento flettente ultimo	$\omega_{sd}$ = percentuale meccanica di armatura
As,nec = area di armatura tesa necessaria	As, min = area di armatura tesa minima (= 0.15% bw d)
As, disp = area effettivamente disposta	$\theta$ = inclinazione bielle compresse (verifica a taglio)

**VERIFICHE A TAGLIO:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	Vsd (tf/m)	Vrd1 (tf/m)	$\theta$ (rad)	Vrd2 (tf/m)	Vrd3 (tf/m)	As/s nec. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	As/s disp. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	h da estr. platea (m)
0	32,5	28,3	3,0	15,7	0,7854	114,5	0,0	0,0	0,0	8,25
1	40,8	36,6	4,4	18,2	0,7854	147,9	0,0	0,0	0,0	7,43
2	49,0	44,8	6,7	20,2	0,7854	181,3	0,0	0,0	0,0	6,60
3	57,3	53,1	9,8	21,8	0,7854	214,7	0,0	0,0	0,0	5,78
4	65,5	61,3	13,6	23,2	0,7854	248,1	0,0	0,0	0,0	4,95
5	73,8	69,6	18,3	26,0	0,7854	281,5	0,0	0,0	0,0	4,13
6	82,0	77,8	23,8	28,8	0,7854	314,8	0,0	0,0	0,0	3,30
7	90,3	86,1	30,2	36,8	0,7854	348,2	0,0	0,0	0,0	2,48
8	98,5	94,3	37,3	39,6	0,7854	381,6	0,0	0,0	0,0	1,65
9	106,8	102,6	45,2	42,4	0,4712	335,7	45,2	6,5	0,0	0,83
10	115,0	110,8	54,0	45,2	0,4712	362,8	54,0	7,2	7,0	0,00

**LEGENDA:**

Vsd = sforzo di taglio ultimo	Vrd2 = resistenza biella compressa
Vrd1 = resistenza a taglio senza armature specifiche	Vrd3 = sollecitazione su armature a taglio
As/s,nec = area a taglio necessaria	As/s, disp = area a taglio effettivamente disposta

**VERIFICHE A FESSURAZIONE**Apertura massima fessure:  $w_k = 0,1$  mm

Elem.	Sez. n.	Dist. (m)	Spess. (m)	Nk (tf/m)	Mk (tfm/m)	/Mfes/ (tfm/m)	Ast (cm <sup>2</sup> )	$\phi t$ (mm)	$(c+\phi/2)t$ (cm)	Asc (cm <sup>2</sup> )	$(c+\phi/2)c$ (cm)	X (cm)	$\sigma_s$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{sr}$	K <sub>2</sub>	$\rho_r$	$\beta_2$	s <sub>rm</sub> (mm)	$\epsilon_{sm}$	w <sub>k</sub> (mm)	Verifica fess.
muro	0	8,25	0,33	0,00	0,00	4,53	20,11	20	4,2	20,11	4,2	9,2	0	904	0,775	0,0259	0,5	169,6	0,0E+0	0,000	si
muro	1	7,43	0,41	-1,14	0,27	7,20	20,11	20	4,2	20,11	4,2	18,9	18	1065	0,759	0,0277	0,5	159,8	0,0E+0	0,000	si
muro	2	6,60	0,49	-2,73	1,39	10,53	20,11	20	4,2	20,11	4,2	17,1	110	1223	0,835	0,0191	0,5	224,5	0,0E+0	0,000	si
muro	3	5,78	0,57	-4,76	3,81	14,52	20,11	20	4,2	20,11	4,2	17,6	283	1376	0,867	0,0191	0,5	231,2	0,0E+0	0,000	si
muro	4	4,95	0,66	-7,24	7,96	19,20	20,11	20	4,2	20,11	4,2	18,5	538	1524	0,888	0,0191	0,5	235,5	0,0E+0	0,000	si
muro	5	4,13	0,74	-10,17	14,29	24,59	20,11	20	4,2	20,11	4,2	19,6	874	1666	0,903	0,0191	0,5	238,6	0,0E+0	0,000	si
muro	6	3,30	0,82	-13,54	23,26	30,70	20,11	20	4,2	20,11	4,2	20,6	1293	1802	0,914	0,0191	0,5	241,0	1,8E-5	0,007	si
muro	7	2,48	0,90	-17,36	35,31	37,56	65,35	20	4,2	65,35	4,2	31,9	570	614	0,910	0,0622	0,5	108,5	1,1E-4	0,021	si
muro	8	1,65	0,99	-21,63	50,88	45,18	65,35	24	4,2	65,35	4,2	33,7	755	655	0,919	0,0622	0,5	120,9	2,2E-4	0,046	si
muro	9	0,83	1,07	-26,34	70,43	53,58	65,35	24	4,2	65,35	4,2	35,4	965	694	0,926	0,0622	0,5	121,5	3,4E-4	0,070	si
muro	10	0,00	1,15	-31,50	94,39	62,78	65,35	24	4,2	65,35	4,2	37,1	1202	733	0,933	0,0622	0,5	121,9	4,7E-4	0,097	si

**LEGENDA:**

Nk = sforzo normale caratteristico  
Mk = momento flettente caratteristico  
Mfes= momento di fessurazione  
Ast = area tesa di acciaio  
 $\phi t$  = diametro delle armature tese  
Asc = area compressa di acciaio  
X = distanza asse neutro da lembo compresso  
 $c+\phi/2$  distanza tra asse armature e filo muro

$\sigma_s$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata  
 $\sigma_{sr}$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata sotto la condizione di calcolo che induce la prima fessura  
 $\beta_2$  = coefficiente per carichi ripetuti  
 $\rho_r$  = rapporto di armatura efficace  
K<sub>2</sub> = coefficiente relativo alla forma del diagramma delle deformazioni  
s<sub>rm</sub> = distanza media finale tra le fessure  
 $\epsilon_{sm}$  = deformazione media

## S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA MOBILE S2**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

### **ALLEGATO 5**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 4
Redatto	Verificato
	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

**SPALLA IN C.A.: CALCOLO DEL PARAGHIAIA**

**OGGETTO:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
**OPERA:** SPALLA MOBILE S2

**DATI GEOMETRICI:**

Larghezza spalla:	(LS)	<b>1,00</b> m	Sbalzo platea inferiore:	(LPI)	<b>0,40</b> m
Altezza fittizia spalla	(HS)	<b>0,01</b> m	Lunghezza terreno superiore:	(LTS)	0,00 m
Sbalzo a monte	(SM)	<b>0,00</b> m	Sbalzo platea superiore:	(LPS)	0,40 m
Spessore inferiore paraghiaia:	(SPI)	<b>0,60</b> m	Incremento di altezza terrapieno:	(HT)	0,00 m
Spessore superiore paraghiaia:	(SPS)	<b>0,60</b> m	Altezza tot. terreno dietro platea:	(HTOT)	2,81 m
Altezza paraghiaia:	(HPG)	<b>2,80</b> m	Inclinazione interna muro:	(BETAM)	0,0000 rad
Inclinazione interna muro:		<b>0,000</b> ° (>=0)	Inclinazione esterna muro:	(IEM)	0,0000 rad (>=0)
Inclinazione terrapieno:		<b>0,000</b> ° (>=0)	Inclinazione terrapieno:	(IT)	0,0000 rad

**CALCOLO DELLE SPINTE DEL TERRENO:****Dati di ingresso:**

coeff. sismico orizzontale	<b>0,04</b>
coeff. sismico verticale	<b>0,00</b>
attrito interno	<b>32</b> °
attrito muro-terreno	<b>21,33</b> °
coesione terreno	<b>0,00</b> t/m <sup>2</sup>
peso specifico terreno	<b>1,90</b> t/m <sup>3</sup>

**Coefficienti di spinta:**

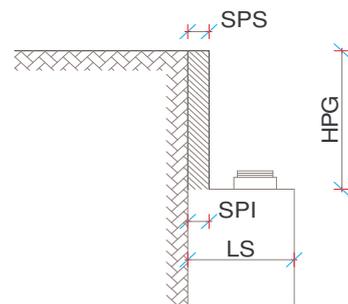
Ko =	0,47008
Ka,stat =	0,27502 (δ ≠ 0)
Ka,sism =	0,30726 (δ = 0)
Kae =	0,33021
ΔKae =	0,02295 (= Kae - Ka,sism)
l =	<b>1</b> Coefficiente di protezione sismica

**Dati di calcolo:**

psi =	0,04 rad
fi =	0,55851 rad
delta =	0,37234 rad
beta =	0,00000 rad
i =	0,00000 rad

**COMBINAZIONI DI CALCOLO:**

Combinazioni	Regime (1=attivo; 2=a riposo)	Tipo (1=statica; 2=sismica)	Variabile (1=si; 2=no)	Frenatura (1=si; 2=no)
Statica	<b>2</b>	1	0	0
Statica + variabile	<b>2</b>	1	1	0
Statica + variabile + frenatura	<b>2</b>	1	1	<b>1</b>
Sismica	<b>2</b>	2	0	0
Fessurazione	<b>2</b>	1	0,7	0

**SOLLECITAZIONI AL PIEDE DEL PARAGHIAIA**

Combinazioni	Fx t/m	Fz t/m	M tm/m
Statica	4,02	-9,26	5,16
Statica + variabile	6,47	-10,22	8,60
Statica + variabile + frenatura	6,47	-10,22	8,60
Sismica	3,22	-8,88	4,64
Fessurazione	5,73	-9,93	7,57

**COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA:**

	Fx t/m	Fz t/m	M tm/m
<b>Statica + variabile + frenatura</b>	<b>6,47</b>	<b>-10,22</b>	<b>8,60</b>

**COMBINAZIONE PIU' GRAVOSA:****Statica + variabile + frenatura****DATI MECCANICI:**

Coeff. di spinta [Fz(IT,BETAM)]:	(KS)	<b>0,470</b>	Angolo di attrito muro-terreno:	(DELTAM)	0,3723 rad
Angolo di attrito muro-terreno:		<b>21,33 °</b>	Angolo di attrito platea-magrone:	(DELTAC)	0,6109 rad
Peso di volume terreno:	(PTER)	<b>1,90 tf/m<sup>3</sup></b>	Angolo di attrito magrone-terreno:	(DELTAT)	0,3840 rad
Peso di volume calcestruzzo:	(PCLS)	<b>2,5 tf/m<sup>3</sup></b>	Inclinazione spinta su muro:	(ISM)	0,3723 rad
Angolo di attrito platea- magrone:		<b>35,00 °</b>	Inclinazione spinta su platea:	(IST)	0,3723 rad
Angolo di attrito magrone-terreno:		<b>22,00 °</b>			

**DATI DI CARICO:**

Acc sismica orizzontale:	(ASO)	<b>0 g</b>	Carico su ruota:	100 KN
Acc sismica vert. (+ verso alto):	(ASV)	<b>0 g</b>	Area di impronta:	0,3 m
Incremento sismico spinta:	(DKS)	<b>0,00000</b>	Interasse ruote:	1,5 m
Acc.orizz.su terreno sopra platea:	(AOT)	<b>0 (1= si, 0= no)</b>	Larghezza di diffusione:	7,4 m
Sovraccarico a monte:	(QSM)	<b>2 tf/m<sup>2</sup></b>	Carico ruote sul metro lineare:	27,03 KN/m
Carico equivalente terreno	(CET)	<b>0,00 tf/m<sup>2</sup></b>	Coefficiente dinamico:	<u><b>1,40</b></u>
Percentuale sovr. su platea:	(SSP)	<b>100 (0 -100%)</b>		<b>3,78 tf/m</b>
Sovraccarico a valle:	(QSV)	<b>0 tf/m<sup>2</sup></b>	Azione di frenatura:	<b>0,76 tf/m</b>
Livello acqua falda:	(ZWF)	<b>0 m (da estr. platea)</b>		
Press. idrostatica dietro muro:	(ADM)	<b>0 (1= si, 0= no)</b>		
Forze in cima al muro:				
Forza verticale (verso l'alto):	(FZM)	<b>-3,78 tf/m</b>		
Forza orizzontale (verso valle):	(FXM)	<b>0,76 tf/m</b>		
Coppia (oraria):	(MYM)	<b>0 tfm/m</b>		
Braccio da estradosso muro:	(EZM)	<b>0 m (&gt;0 in alto)</b>		
Braccio da filo est. sup. muro:	(EXM)	<b>-0,3 m (&gt;0 a valle)</b>		

**SOLLECITAZIONI SUL PARAGHIAIA:**

SEZIONE	Z da MS (m)	Z da PS (m)	S (cm)	Xg (m)	qh (tf/m <sup>2</sup> )	qv (in alto) (tf/m <sup>2</sup> )	Vk (tf/m)	Nk (tf/m)	Mk (tfm/m)
0	0,00	2,80	60	0,700	0,88	-1,84	0,8	-3,8	0,0
1	0,28	2,52	60	0,700	1,11	-1,93	1,0	-4,3	0,2
2	0,56	2,24	60	0,700	1,34	-2,02	1,4	-4,9	0,6
3	0,84	1,96	60	0,700	1,57	-2,11	1,8	-5,4	1,0
4	1,12	1,68	60	0,700	1,81	-2,21	2,3	-6,1	1,6
5	1,40	1,40	60	0,700	2,04	-2,30	2,8	-6,7	2,3
6	1,68	1,12	60	0,700	2,27	-2,39	3,4	-7,3	3,2
7	1,96	0,84	60	0,700	2,51	-2,48	4,1	-8,0	4,2
8	2,24	0,56	60	0,700	2,74	-2,57	4,8	-8,7	5,5
9	2,52	0,28	60	0,700	2,97	-2,66	5,6	-9,5	6,9
10	2,80	0,00	60	0,700	3,21	-2,75	6,5	-10,2	8,6

**LEGENDA:**

Z da PS quota sezione da estradosso platea

Z da MS quota sezione da estradosso muro

S = spessore sezione

Xg = distanza baricentro sezione da filo esterno platea

qh = carico distribuito orizzontale dietro muro (+ verso valle)

qv = carico distribuito verticale dietro muro (+ verso l'alto)

Nk = sforzo normale caratt. (compressione negativa)

Vk = sforzo di taglio caratt.

Mk = momento flettente caratt. (positivo per trazione a monte)

**VERIFICHE A S.L.U. DEL PARAGHIAIA****Combinazione di carico più gravosa: Statica + variabile + frenatura****PARAMETRI DI RESISTENZA:**

Resistenza caratt. cls:	Rck =	300,0 kgf/cm <sup>2</sup>	v fcd =	89,9 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione di calcolo cls:	fcd =	155,6 kgf/cm <sup>2</sup>	$\tau_{rd}$ =	2,84 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo cls:	fctd =	11,4 kgf/cm <sup>2</sup>	$\theta$ =	27,0 °
Tens. snervamento di calcolo armat. long.:	f <sub>yd1</sub> =	3826,1 kgf/cm <sup>2</sup>	$\theta$ =	0,4712 rad
Tens. snervamento di calcolo staffe:	f <sub>yd2</sub> =	3826,1 kgf/cm <sup>2</sup>		
Distanza asse armatura da filo spalla:	c =	4,7 cm		

**VERIFICHE A PRESSOFLESSIONE:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	N <sub>sd</sub> (tf/m)	M <sub>sd</sub> (tfm/m)	$\mu_{sd}$	$\omega_{sd}$	As, nec (cm <sup>2</sup> /m)	As, min. (cm <sup>2</sup> /m)	As, disp. (cm <sup>2</sup> /m)	h da estr. platea (m)
0	60,0	55,3	-3,8	0,0	0,00201	0,00202	0,0	8,3	10,1	2,80
1	60,0	55,3	-4,3	0,4	0,00308	0,00309	0,0	8,3	10,1	2,52
2	60,0	55,3	-4,9	0,9	0,00443	0,00445	0,0	8,3	10,1	2,24
3	60,0	55,3	-5,4	1,5	0,00613	0,00617	0,0	8,3	10,1	1,96
4	60,0	55,3	-6,1	2,4	0,00823	0,00830	0,3	8,3	10,1	1,68
5	60,0	55,3	-6,7	3,4	0,01080	0,01091	0,7	8,3	10,1	1,40
6	60,0	55,3	-7,3	4,7	0,01387	0,01407	1,2	8,3	10,1	1,12
7	60,0	55,3	-8,0	6,3	0,01753	0,01784	1,9	8,3	10,1	0,84
8	60,0	55,3	-8,7	8,2	0,02182	0,02229	2,7	8,3	10,1	0,56
9	60,0	55,3	-9,5	10,4	0,02680	0,02751	3,7	8,3	10,1	0,28
10	60,0	55,3	-10,2	12,9	0,03252	0,03358	4,9	8,3	10,1	0,00

**LEGENDA:**

N <sub>sd</sub> = sforzo normale ultimo	$\mu_{sd}$ = momento ridotto, riferito all'armatura tesa
M <sub>sd</sub> = momento flettente ultimo	$\omega_{sd}$ = percentuale meccanica di armatura
As, nec = area di armatura tesa necessaria	As, min = area di armatura tesa minima (= 0.15% bw d)
As, disp = area effettivamente disposta	$\theta$ = inclinazione bielle compresse (verifica a taglio)

**VERIFICHE A TAGLIO:**

SEZIONE	SPESS. (cm)	d (cm)	V <sub>sd</sub> (tf/m)	V <sub>rd1</sub> (tf/m)	$\theta$ (rad)	V <sub>rd2</sub> (tf/m)	V <sub>rd3</sub> (tf/m)	As/s nec. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	As/s disp. (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	h da estr. platea (m)
0	60,0	55,3	1,1	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	2,80
1	60,0	55,3	1,6	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	2,52
2	60,0	55,3	2,1	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	2,24
3	60,0	55,3	2,7	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	1,96
4	60,0	55,3	3,4	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	1,68
5	60,0	55,3	4,2	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	1,40
6	60,0	55,3	5,1	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	1,12
7	60,0	55,3	6,1	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	0,84
8	60,0	55,3	7,2	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	0,56
9	60,0	55,3	8,4	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	0,28
10	60,0	55,3	9,7	20,9	0,7854	223,8	0,0	0,0	0,0	0,00

**LEGENDA:**

V <sub>sd</sub> = sforzo di taglio ultimo	V <sub>rd2</sub> = resistenza biella compressa
V <sub>rd1</sub> = resistenza a taglio senza armature specifiche	V <sub>rd3</sub> = sollecitazione su armature a taglio
As/s, nec = area a taglio necessaria	As/s, disp = area a taglio effettivamente disposta

**VERIFICHE A FESSURAZIONE**Apertura massima fessure:  $w_k = 0,1 \text{ mm}$ 

Elem.	Sez. n.	Dist. (m)	Spess. (m)	Nk (tf/m)	Mk (tfm/m)	/Mfes/ (tfm/m)	Ast (cm <sup>2</sup> )	$\phi t$ (mm)	(c+ $\phi/2$ )t (cm)	Asc (cm <sup>2</sup> )	(c+ $\phi/2$ )c (cm)	X (cm)	$\sigma_s$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{sr}$	K <sub>2</sub>	$\rho_r$	$\beta_2$	s <sub>rm</sub> (mm)	$\epsilon_{sm}$	w <sub>k</sub> (mm)	Verifica fess.
muro	0	2,80	0,60	-3,78	0,00	15,83	10,05	16	4,7	10,05	4,7	60,0	-9	2873	0,500	0,0214	0,5	124,8	0,0E+0	0,000	si
muro	1	2,52	0,60	-4,28	0,24	15,88	10,05	16	4,7	10,05	4,7	60,0	-6	2859	0,500	0,0214	0,5	124,8	0,0E+0	0,000	si
muro	2	2,24	0,60	-4,81	0,54	15,93	10,05	16	4,7	10,05	4,7	57,8	-1	2844	0,500	0,0214	0,5	124,8	0,0E+0	0,000	si
muro	3	1,96	0,60	-5,36	0,93	15,98	10,05	16	4,7	10,05	4,7	42,1	12	2828	0,672	0,0168	0,5	177,6	0,0E+0	0,000	si
muro	4	1,68	0,60	-5,94	1,43	16,04	10,05	16	4,7	10,05	4,7	30,3	48	2812	0,802	0,0102	0,5	302,5	0,0E+0	0,000	si
muro	5	1,40	0,60	-6,54	2,04	16,10	10,05	16	4,7	10,05	4,7	23,6	120	2795	0,839	0,0086	0,5	363,6	0,0E+0	0,000	si
muro	6	1,12	0,60	-7,16	2,79	16,16	10,05	16	4,7	10,05	4,7	19,9	225	2778	0,853	0,0086	0,5	369,2	0,0E+0	0,000	si
muro	7	0,84	0,60	-7,82	3,70	16,23	10,05	16	4,7	10,05	4,7	17,8	364	2760	0,861	0,0086	0,5	372,0	0,0E+0	0,000	si
muro	8	0,56	0,60	-8,50	4,79	16,30	10,05	16	4,7	10,05	4,7	16,3	537	2741	0,865	0,0086	0,5	373,7	0,0E+0	0,000	si
muro	9	0,28	0,60	-9,20	6,07	16,37	10,05	16	4,7	10,05	4,7	15,4	748	2722	0,868	0,0086	0,5	374,8	0,0E+0	0,000	si
muro	10	0,00	0,60	-9,93	7,57	16,44	10,05	16	4,7	10,05	4,7	14,6	1000	2702	0,871	0,0086	0,5	375,6	0,0E+0	0,000	si

**LEGENDA:**

Nk = sforzo normale caratteristico  
Mk = momento flettente caratteristico  
Mfes= momento di fessurazione  
Ast = area tesa di acciaio  
 $\phi t$  = diametro delle armature tese  
Asc = area compressa di acciaio  
X = distanza asse neutro da lembo compresso  
c+ $\phi/2$  distanza tra asse armature e filo muro

$\sigma_s$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata  
 $\sigma_{sr}$  = tensione nelle armature tese calcolata nella sezione fessurata sotto la condizione di calcolo che induce la prima fessura  
 $\beta_2$  = coefficiente per carichi ripetuti  
 $\rho_r$  = rapporto di armatura efficace  
K<sub>2</sub> = coefficiente relativo alla forma del diagramma delle deformazioni  
s<sub>rm</sub> = distanza media finale tra le fessure  
 $\epsilon_{sm}$  = deformazione media

## **S.S. N° 640 “DI PORTO EMPEDOCLE”**

**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001 Dal Km 44+600 allo svincolo con l’A19**

### **PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D’ARTE MAGGIORI – PONTI  
OPERE D’ARTE SU VIABILITA’ INTERFERITA**

**CAVALCAFERROVIA GROTTICELLE EST  
SPALLA MOBILE S2**

### **RELAZIONE DI CALCOLO**

#### **ALLEGATO 6**

Codice Identificativo Documento: <b>LO407B-D-0501-S01-VII19-STR-RE02-A</b>	Pagine del documento: 10	
Redatto	Verificato	Approvato

n°	Data	Motivo della Revisione
A	Ottobre 2006	Emissione
B		
C		
D		

## SPALLA IN C.A.: VERIFICA DELLA PLATEA DI FONDAZIONI SU PALI

**OGGETTO:** S.S. 640 - CAVALCAFERROVIA GROTICELLE EST  
**OPERA:** SPALLA MOBILE S2

### DATI GEOMETRICI

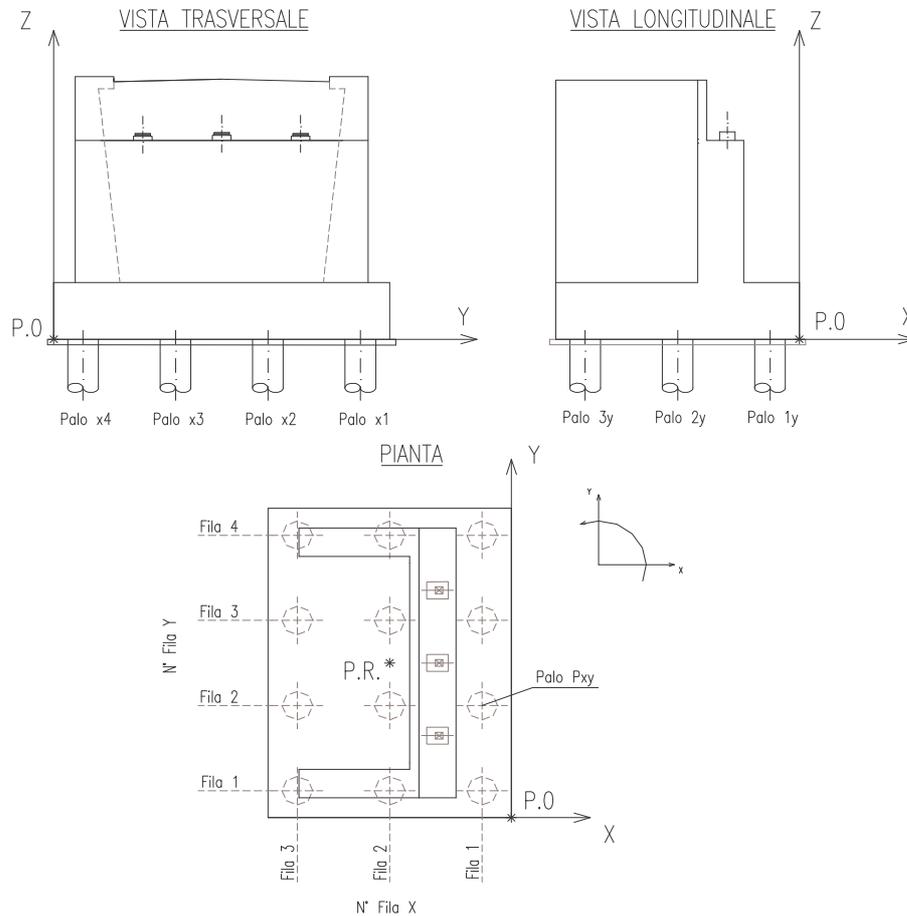
Diametro del palo	(D)	<b>1,20</b> m
Spessore platea:	(HP)	<b>2,00</b> m
Altezza muro frontale	(HM)	<b>5,50</b> m
Altezza paraghiaia	(HPG)	<b>2,80</b> m
Spessore inferiore muro frontale	(SMI)	<b>1,00</b> m
Altezza muro risolto	(HR)	<b>8,25</b> m
Spessore inferiore muro risolto	(SRI)	<b>1,15</b> m

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Resistenza caratteristica del cls del muro	(Rck)	<b>30</b> Mpa
	(fcd)	15,56 Mpa
Resistenza caratteristica del cls di fondazione	(Rck)	<b>30</b> Mpa
	(fcd)	15,56 Mpa
Resistenza caratteristica dell'acciaio	(fyk)	<b>430</b> Mpa
	(fyd)	373,91 Mpa

### CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Peso specifico del terreno di rilevato stradale	( $\gamma$ )	<b>19</b> kN/m <sup>3</sup>
---	--------------	-----------------------------



**SOLLECITAZIONI SULLA PLATEA**

Sforzo normale ultimo base muro frontale per metro lineare	-1521,30 kN/m
Momento ultimo base muro frontale per metro lineare	1565,15 kNm/m
Sforzo normale alla base muro di risvolto per metro lineare	-325,58 kN/m
Momento alla base muro di risvolto per metro lineare	1212,43 kNm/m
Larghezza spalla	<b>12,22 m</b>

**AZIONI DELLA PALIFICATA**

Comb.	P1 (kN)	P2 (kN)	P3 (kN)	P4 (kN)	P5 (kN)	P6 (kN)	P7 (kN)	P8 (kN)	P9 (kN)	P10 (kN)	P11 (kN)	P12 (kN)
1	-2356,86	-2309,21	-2261,78	-2214,18	-2065,30	-2015,08	-1964,81	-1914,63	-1773,66	-1720,81	-1667,97	-1615,12
2	-2608,19	-2402,00	-2195,64	-1989,33	-2316,63	-2098,79	-1880,96	-1663,32	-2024,99	-1795,72	-1566,45	-1337,40
3	-2486,64	-2482,72	-2479,05	-2475,20	-2264,45	-2260,42	-2256,35	-2252,32	-2042,20	-2037,97	-2033,74	-2029,46
4	-2721,83	-2569,55	-2417,16	-2264,79	-2499,64	-2338,76	-2177,88	-2017,15	-2277,38	-2108,06	-1938,74	-1769,58
5	-2333,85	-2347,21	-2360,91	-2374,37	-2072,84	-2087,11	-2101,32	-2115,56	-1811,76	-1826,79	-1841,81	-1856,76
6	-2569,03	-2434,04	-2299,02	-2163,97	-2308,03	-2165,44	-2022,85	-1880,39	-2046,95	-1896,88	-1746,82	-1596,88
7	-2505,16	-2489,56	-2474,18	-2458,63	-2282,97	-2266,59	-2250,17	-2233,80	-2060,71	-2043,49	-2026,26	-2009,00
8	-2703,31	-2562,71	-2422,03	-2281,36	-2481,12	-2332,59	-2184,06	-2035,67	-2258,86	-2102,54	-1946,22	-1790,04
9	-2352,37	-2354,05	-2356,04	-2357,81	-2091,36	-2093,28	-2095,14	-2097,04	-1830,28	-1832,31	-1834,34	-1836,30
10	-2550,52	-2427,20	-2303,89	-2180,53	-2289,51	-2159,27	-2029,02	-1898,91	-2028,43	-1891,36	-1754,30	-1617,34
11	-2505,16	-2489,56	-2474,18	-2458,63	-2282,97	-2266,59	-2250,17	-2233,80	-2060,71	-2043,49	-2026,26	-2009,00
12	-2703,31	-2562,71	-2422,03	-2281,36	-2481,12	-2332,59	-2184,06	-2035,67	-2258,86	-2102,54	-1946,22	-1790,04
13	-2352,37	-2354,05	-2356,04	-2357,81	-2091,36	-2093,28	-2095,14	-2097,04	-1830,28	-1832,31	-1834,34	-1836,30
14	-2550,52	-2427,20	-2303,89	-2180,53	-2289,51	-2159,27	-2029,02	-1898,91	-2028,43	-1891,36	-1754,30	-1617,34
15	-2251,00	-2159,54	-2068,15	-1976,67	-1994,63	-1898,06	-1801,47	-1704,99	-1738,18	-1636,55	-1534,93	-1433,36
16	-2249,57	-2177,80	-2106,19	-2034,43	-1951,38	-1875,65	-1799,88	-1724,21	-1653,09	-1573,40	-1493,71	-1414,04
17	-2434,83	-2246,19	-2057,43	-1868,70	-2136,63	-1937,35	-1738,07	-1538,97	-1838,35	-1628,61	-1418,88	-1209,34
18	-2579,75	-2480,11	-2380,54	-2280,89	-2311,91	-2206,72	-2101,50	-1996,39	-2044,00	-1933,29	-1822,58	-1711,95
19	-2578,32	-2498,37	-2418,58	-2338,66	-2268,66	-2184,30	-2099,90	-2015,61	-1958,92	-1870,14	-1781,37	-1692,62
20	-2763,57	-2566,76	-2369,83	-2172,92	-2453,92	-2246,00	-2038,09	-1830,37	-2144,17	-1925,36	-1706,54	-1487,92

**SOLLECITAZIONI SU PLATEA LUNGO X**

N° Combinazione: **4**  
 N° Fila Y: **1**

LTI = **5,22** m Lunghezza della platea a monte lungo X  
 SPI = **3,15** m Lunghezza mensola a valle lungo X  
 by = **3,00** m Larghezza collaborante lungo Y

**Azioni trasmesse dai pali**

P1 **-907,28** KN/m Sollecitazione per metro lineare P1  
 P5 **-833,21** KN/m Sollecitazione per metro lineare P5

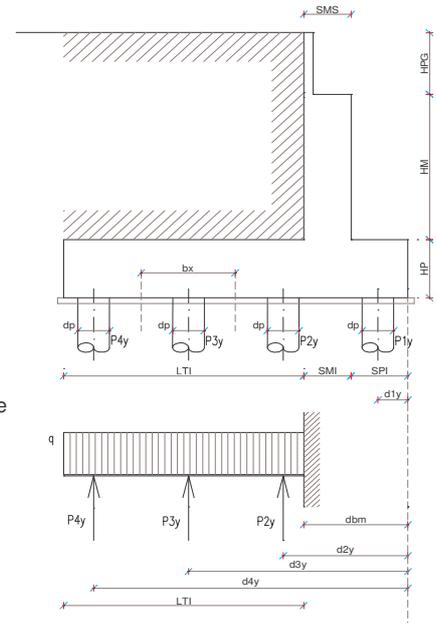
**Distanze dei pali dal bordo platea**

d1 **1,42** m Distanza bordo platea e asse palo P1  
 d5 **4,87** m Distanza bordo platea e asse palo P5  
 dbm **4,15** m Distanza bordo platea - paramento interno muro frontale

**Altre azioni sulla platea**

qt = 157,70 KN/m/m Peso per metro lineare di terreno su platea  
 qstr = **20,00** KN/m/m Carico stradale per metro lineare  
 Verifica = **0** (1=statica+variabile; 0=statica)  
 q = 157,70 KN/m/m

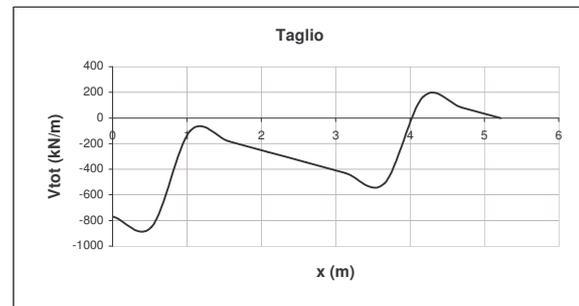
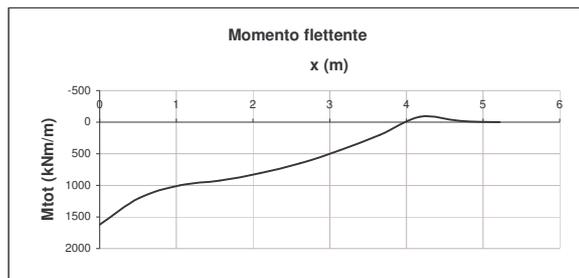
SEZIONE LUNGO X



**Diagrammi delle sollecitazioni**

x (m)	Mtot (kNm/m)	Vtot (kN/m)
0,00	1620,05	-769,15
0,52	1197,07	-851,47
1,04	1000,25	-100,57
1,57	926,26	-182,89
2,09	809,31	-265,21
2,61	649,38	-347,53
3,13	446,49	-429,85
3,65	200,62	-512,17
4,18	-85,94	164,64
4,70	-21,49	82,32
5,22	0,00	0,00

Mmax+ = 1620,05 kNm/m  
 Mmax- = -85,94 kNm/m  
 Vmax = 164,64 kN/m



**PLATEA LATO MONTE**

**Armatura superiore per momento massimo negativo:**

c = **0,04** m copriferro.  
 ϕ = **24** mm ferro di armatura trasversale.  
 δ = 0,052 m copriferro di calcolo.  
 Mk = 85,94 KNm/m Momento massimo negativo agente sulla platea per metro lineare  
 Msd = 128,91 KNm/m Momento ultimo agente sulla platea per metro lineare  
 μ = 0,00218291 Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.  
 μlim = **0,252** **Non è necessaria armatura a compressione**  
 ω0 = 0,00218768 Rapporto meccanico di armatura  
 As0 = 1,77 cm2 Armatura di calcolo necessaria  
 Asmin = 29,22 cm2 Armatura minima  
**As = 29,22 cm2 Armatura di progetto, pari a 7Ø24/m**

**Armatura inferiore per momento massimo positivo:**

c =	<b>0,04</b> m	copriferro.
$\phi$ =	<b>24</b> mm	ferro di armatura trasversale.
$\delta$ =	0,052 m	copriferro di calcolo.
Mk <sup>+</sup> =	1620,05 KNm/m	Momento massimo positivo agente sulla platea per metro lineare
Msd =	2430,07 KNm/m	Momento ultimo agente sulla platea per metro lineare
$\mu$ =	0,04114926	Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\omega_0$ =	0,04284252	Rapporto meccanico di armatura
As <sub>0</sub> =	34,74 cm <sup>2</sup>	Armatura di calcolo necessaria
Asmin =	29,22 cm <sup>2</sup>	Armatura minima

**As = 34,74 cm<sup>2</sup> Armatura di progetto, pari a 8Ø24/m**

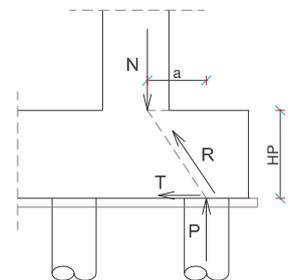
**Armatura di Taglio:**

Vk =	164,64 KN/m	Taglio massimo agente sulla platea per metro lineare
Vsd =	<b>246,96</b> KN/m	Taglio ultimo agente sulla platea per metro lineare
fck =	24,90 Mpa	Resistenza caratteristica del cls di fondazione
fcd =	15,56 Mpa	Resistenza di calcolo del cls di fondazione
d =	1948 mm	Altezza utile della sezione di fondazione
bw =	1000 mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
$\tau_{rd}$ =	0,28 Mpa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento ( $\gamma_c = 1,6$ )
k =	1,00	
As <sub>tr</sub> =	2922 mm <sup>2</sup>	Area delle armature di trazione
$\rho_l$ =	0,0015	
v =	0,5755	Fattore di efficienza
Vrd1 =	<b>686,75</b> KN/m	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura per metro lineare
Vrd2 =	7851,02 KN/m	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse

**Non è necessaria armatura specifica a taglio****MENSOLA DELLA PLATEA A VALLE (MODELLO STRUCT AND TIES)**

P1	907,28 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, non amplificato ed in valore assoluto
P1u =	1360,91 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, amplificato ed in valore assoluto
Nmuro =	1521,30 KN/m	Sforzo normale agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
Mmuro =	1565,15 KNm/m	Momento agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
$\mu$ =	0,18898591	Momento sollecitante agente all'incastro, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\xi$ =	<b>0,31597181</b>	Asse neutro adimensionalizzato
xc =	0,300 m	Asse neutro.
a =	1,84981651 m	
T =	1292,32134 KN/m	Trazione nell'acciaio.
As =	0,00345621 m <sup>2</sup> /m	Armatura di progetto per metro lineare
As =	103,69 cm <sup>2</sup>	Armatura di progetto in corrispondenza del palo
$\phi$ =	<b>24</b> mm	ferro di armatura trasversale.
<b>As =</b>	<b>103,69 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 23Ø24/larghezza collaborante palo</b>

MODELLO STRUCT AND TIES  
MENSOLA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE



## TABELLE DELLE SOLLECITAZIONI ED ARMATURE PER FILA E COMBINAZIONE DI CARICO

N° Fila Y: 1						
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo (cmq/palo)
1	814,98	-85,94	164,64	29,22	29,22	89,78
2	1224,98	-85,94	164,64	29,22	29,22	99,36
3	1236,38	-85,94	164,64	29,22	29,22	94,73
4	1620,05	-85,94	164,64	29,22	34,74	103,69
5	869,79	-85,94	164,64	29,22	29,22	88,91
6	1253,46	-85,94	164,64	29,22	29,22	97,87
7	1266,59	-85,94	164,64	29,22	29,22	95,43
8	1589,84	-85,94	164,64	29,22	34,06	102,98
9	900,00	-85,94	164,64	29,22	29,22	89,61
10	1223,25	-85,94	164,64	29,22	29,22	97,16
11	1266,59	-85,94	164,64	29,22	29,22	95,43
12	1589,84	-85,94	164,64	29,22	34,06	102,98
13	900,00	-85,94	164,64	29,22	29,22	89,61
14	1223,25	-85,94	164,64	29,22	29,22	97,16
15	748,64	-85,94	164,64	29,22	29,22	85,75
16	619,90	-85,94	164,64	29,22	29,22	85,70
17	922,11	-85,94	164,64	29,22	29,22	92,75
18	1250,30	-85,94	164,64	29,22	29,22	98,27
19	1121,56	-85,94	164,64	29,22	29,22	98,22
20	1423,77	-85,94	164,64	29,22	30,38	105,28

N° Fila Y: 2						
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo (cmq/palo)
1	946,14	-21,49	84,95	29,22	29,22	87,97
2	1079,73	-21,49	82,32	29,22	29,22	91,50
3	1481,18	-21,49	82,32	29,22	31,65	94,58
4	1606,19	-21,49	82,32	29,22	34,43	97,89
5	1122,13	-21,49	82,32	29,22	29,22	89,42
6	1247,14	-21,49	82,32	29,22	29,22	92,72
7	1491,02	-21,49	82,32	29,22	31,87	94,84
8	1596,34	-21,49	82,32	29,22	34,21	97,62
9	1131,97	-21,49	82,32	29,22	29,22	89,68
10	1237,30	-21,49	82,32	29,22	29,22	92,46
11	1491,02	-21,49	82,32	29,22	31,87	94,84
12	1596,34	-21,49	82,32	29,22	34,21	97,62
13	1131,97	-21,49	82,32	29,22	29,22	89,68
14	1237,30	-21,49	82,32	29,22	29,22	92,46
15	789,46	-21,49	113,04	29,22	29,22	82,27
16	690,34	-21,49	134,09	29,22	29,22	82,96
17	788,81	-21,49	115,68	29,22	29,22	85,57
18	1312,24	-21,49	82,32	29,22	29,22	94,48
19	1213,11	-21,49	82,32	29,22	29,22	95,17
20	1311,58	-21,49	82,32	29,22	29,22	97,78

N° Fila Y: 3						
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo (cmq/palo)
1	1075,40	-21,49	102,57	29,22	29,22	86,16
2	890,69	-21,49	136,40	29,22	29,22	83,64
3	1737,51	-21,49	82,32	29,22	37,36	94,44
4	1564,67	-21,49	82,32	29,22	33,50	92,08
5	1389,43	-21,49	82,32	29,22	29,62	89,94
6	1216,59	-21,49	82,32	29,22	29,22	87,58
7	1723,90	-21,49	82,32	29,22	37,06	94,25
8	1578,27	-21,49	82,32	29,22	33,81	92,27
9	1375,82	-21,49	82,32	29,22	29,32	89,75
10	1230,20	-21,49	82,32	29,22	29,22	87,77
11	1723,90	-21,49	82,32	29,22	37,06	94,25
12	1578,27	-21,49	82,32	29,22	33,81	92,27
13	1375,82	-21,49	82,32	29,22	29,32	89,75
14	1230,20	-21,49	82,32	29,22	29,22	87,77
15	816,12	-21,49	146,91	29,22	29,22	78,78
16	751,57	-21,49	160,65	29,22	29,22	80,23
17	615,43	-21,49	185,59	29,22	29,22	78,38
18	1359,62	-21,49	82,32	29,22	29,22	90,69
19	1295,07	-21,49	82,32	29,22	29,22	92,13
20	1158,93	-21,49	89,71	29,22	29,22	90,28

N° Fila Y: 4						
Comb.	Mmax <sup>+</sup> (kNm/m)	Mmax <sup>-</sup> (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo (cmq/palo)
1	1199,76	0,00	37,86	29,22	29,22	84,35
2	652,48	0,00	130,44	29,22	29,22	75,78
3	2002,67	0,00	0,00	29,22	43,34	94,29
4	1490,55	0,00	0,00	29,22	31,86	86,28
5	1669,47	0,00	0,00	29,22	35,84	90,45
6	1157,35	0,00	43,94	29,22	29,22	82,43
7	1962,35	0,00	0,00	29,22	42,43	93,66
8	1530,87	0,00	0,00	29,22	32,75	86,91
9	1629,15	0,00	0,00	29,22	34,94	89,82
10	1197,67	0,00	37,12	29,22	29,22	83,07
11	1962,35	0,00	0,00	29,22	42,43	93,66
12	1530,87	0,00	0,00	29,22	32,75	86,91
13	1629,15	0,00	0,00	29,22	34,94	89,82
14	1197,67	0,00	37,12	29,22	29,22	83,07
15	825,09	0,00	98,45	29,22	29,22	75,30
16	800,42	0,00	104,89	29,22	29,22	77,50
17	397,02	0,00	173,12	29,22	29,22	71,19
18	1388,44	0,00	5,59	29,22	29,60	86,89
19	1363,76	0,00	12,03	29,22	29,22	89,09
20	960,37	0,00	80,26	29,22	29,22	82,78

**SOLLECITAZIONI SU PLATEA LUNGO Y**

N° Combinazione: **4**  
 N° Fila X: **2**  
 LPL = **7,85** m Larghezza della platea tra i muri di risvolto lungo Y  
 LML = **0,83** m Lunghezza mensola lungo Y  
 bx = **2,82** m Larghezza collaborante lungo X

**Azioni trasmesse dai pali**

P5 **-886,40** KN/m Sollecitazione per metro lineare P5  
 P6 **-829,35** KN/m Sollecitazione per metro lineare P6  
 P7 **-772,30** KN/m Sollecitazione per metro lineare P7  
 P8 **-715,30** KN/m Sollecitazione per metro lineare P8

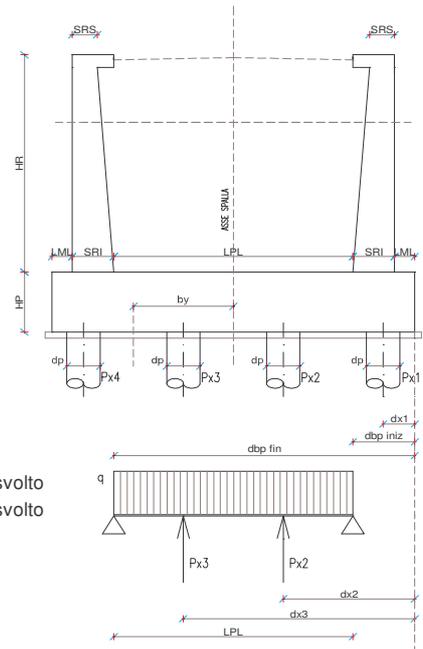
**Distanze dei pali dal brdo platea**

d5 **0,95** m Distanza bordo platea e asse palo P5  
 d6 **4,71** m Distanza bordo platea e asse palo P6  
 d7 **8,47** m Distanza bordo platea e asse palo P7  
 d8 **12,22** m Distanza bordo platea e asse palo P8  
 dbp iniz **1,98** m Distanza bordo platea e paramento interno 1° muro di risvolto  
 dbp fin **9,83** m Distanza bordo platea e paramento interno 2° muro di risvolto

**Altre azioni sulla platea**

qt = 156,75 KN/m/m Peso per metro lineare di terreno su platea  
 qstr = 20,00 KN/m/m Carico stradale per metro lineare  
 Verifica = **0** (1 = statica + variabile; 0 = statica)  
 q = 156,75 KN/m/m Peso su platea per metro lineare  
 M = 1212,43 KNm/m Momento d'incastro muro di risvolto per metro lineare

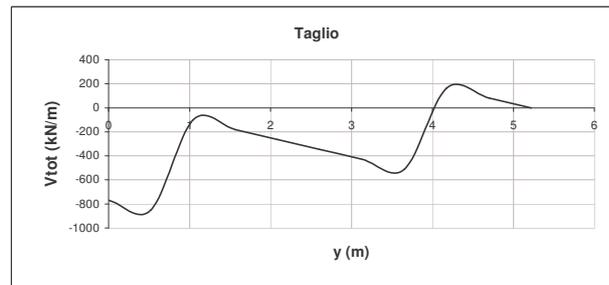
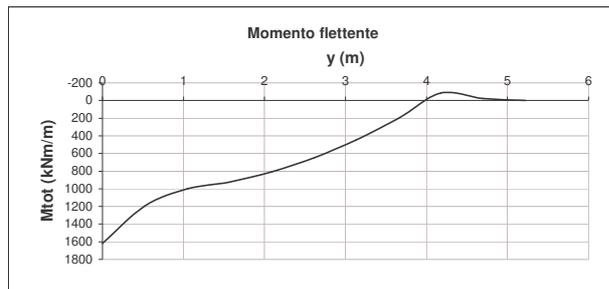
SEZIONE LUNGO Y



**Diagrammi delle sollecitazioni**

y (m)	Mtot (kNm/m)	Vtot (kN/m)
0,00	-1212,43	-60,00
0,79	-1307,83	-183,05
1,57	-1499,82	-306,10
2,36	-1788,40	-429,15
3,14	-1832,34	277,15
3,93	-1663,07	154,10
4,71	-1590,40	31,05
5,50	-1614,32	-92,00
6,28	-1734,83	-215,04
7,07	-1504,99	434,21
7,85	-1212,43	311,16

Mmax<sup>+</sup> = **0,00** kNm/m  
 Mmax<sup>-</sup> = **-1832,34** kNm/m  
 Vmax = **434,21** kN/m



**PLATEA COMPRESA TRA I MURI DI RISVOLTO**

**Armatura superiore per momento massimo negativo:**

c = 0,04 m copriferro.  
 ϕ = **24,00** mm ferro di armatura trasversale.  
 δ = 0,05 m copriferro di calcolo.  
 Mk<sup>-</sup> = 1832,34 KNm/m Momento massimo negativo agente sulla platea per metro lineare  
 Msd = 2748,51 KNm/m Momento ultimo agente sulla platea per metro lineare  
 μ = 0,04654146 Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.  
 μ<sub>lim</sub> = **0,252** **Non è necessaria armatura a compressione**  
 ω<sub>0</sub> = 0,04870757 Rapporto meccanico di armatura  
 As<sub>0</sub> = 39,49 cm<sup>2</sup> Armatura di calcolo necessaria  
 Asmin = 29,22 cm<sup>2</sup> Armatura minima  
**As = 39,49 cm<sup>2</sup> Armatura di progetto, pari a 9Ø24/m**

**Armatura inferiore per momento massimo positivo:**

c =	0,04 m	copriferro.
$\phi$ =	<b>24,00</b> mm	ferro di armatura trasversale.
$\delta$ =	0,05 m	copriferro di calcolo.
$Mk^+$ =	0,00 KNm/m	Momento massimo positivo agente sulla platea per metro lineare
$Msd$ =	0,00 KNm/m	Momento ultimo agente sulla platea per metro lineare
$\mu$ =	0	Momento agente sulla platea, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\omega_0$ =	0	Rapporto meccanico di armatura
$As_0$ =	0,00 cm <sup>2</sup>	Armatura di calcolo necessaria
$As_{min}$ =	29,22 cm <sup>2</sup>	Armatura minima
<b><math>As</math> =</b>	<b>0,00 cm<sup>2</sup></b>	<b>Armatura di progetto, pari a 0Ø24/m</b>

**Armatura a Taglio:**

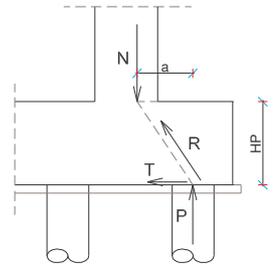
$Vk$ =	434,21 KN/m	Taglio massimo agente sulla platea per metro lineare
$Vsd$ =	<b>651,31</b> KN/m	Taglio ultimo agente sulla platea per metro lineare
$f_{ck}$ =	24,90 Mpa	Resistenza caratteristica del cls di fondazione
$f_{cd}$ =	15,56 Mpa	Resistenza di calcolo del cls di fondazione
$d$ =	1948 mm	Altezza utile della sezione di fondazione
$bw$ =	1000 mm	Larghezza minima della sezione di calcolo
$\tau_{rd}$ =	0,28 Mpa	Resistenza unitaria a Taglio di calcolo di riferimento ( $\gamma_c = 1,6$ )
$k$ =	1,00	
$As_{tr}$ =	3949 mm <sup>2</sup>	Area delle armature di trazione
$\rho_l$ =	0,00202724	
$v$ =	0,5755	Fattore di efficienza
$V_{rd1}$ =	<b>698,24</b> KN/m	Resistenza di calcolo della sezione priva di armatura per metro lineare
$V_{rd2}$ =	7851,02 KN/m	Massima forza di taglio di calcolo che può essere sopportata senza rottura delle bielle compresse

**Non è necessaria armatura specifica a taglio**

**MENSOLA 1 (MODELLO STRUCT AND TIES)**

P5	886,40 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, non amplificato ed in valore assoluto
P5u =	1329,59 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, amplificato ed in valore assoluto
Nmuro =	488,36 KN/m	Sforzo normale agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
Mmuro =	1818,65 KNm/m	Momento agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
$\mu$ =	0,13689744	Momento sollecitante agente all'incastro, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\xi$ =	<b>0,229</b>	Asse neutro adimensionalizzato
xc =	0,25 m	Asse neutro.
a =	-0,0195741 m	
T =	-13,360175 KN/m	Trazione nell'acciaio.
As =	-3,573E-05 m2/m	Armatura di progetto per metro lineare
As =	-0,34 cm2	Armatura di progetto in corrispondenza del palo
$\phi$ =	<b>20 mm</b>	Ferro di armatura trasversale.
<b>As =</b>	<b>0,00 cm2</b>	<b>armatura di progetto, pari a 0Ø20/larghezza collaborante palo</b>

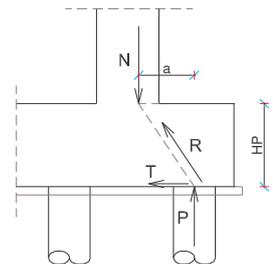
MODELLO STRUCT AND TIES  
MENSOLA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE



**MENSOLA 2 (MODELLO STRUCT AND TIES)**

P8	2017,15 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, non amplificato ed in valore assoluto
P8u =	3025,73 KN/m	Sforzo normale per metro lineare agente sul palo, amplificato ed in valore assoluto
Nmuro =	488,36 KN/m	Sforzo normale agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
Mmuro =	1818,65 KNm/m	Momento agente sulla base del paramento verticale per metro lineare, amplificato.
$\mu$ =	0,137	Momento sollecitante agente all'incastro, adimensionalizzato.
$\mu_{lim}$ =	<b>0,252</b>	<b>Non è necessaria armatura a compressione</b>
$\xi$ =	<b>0,229</b>	Asse neutro adimensionalizzato
xc =	0,25 m	Asse neutro.
a =	-0,0195741 m	
T =	-30,403418 KN/m	Trazione nell'acciaio.
As =	-8,131E-05 m2/m	Armatura di progetto per metro lineare
As =	-0,77 cm2	Armatura di progetto in corrispondenza del palo
$\phi$ =	<b>20 mm</b>	Ferro di armatura trasversale.
<b>As =</b>	<b>0,00 cm2</b>	<b>armatura di progetto, pari a 0Ø20/larghezza collaborante palo</b>

MODELLO STRUCT AND TIES  
MENSOLA DELLA PLATEA DI FONDAZIONE



**TABELLE DELLE SOLLECITAZIONI ED ARMATURE PER FILA E COMBINAZIONE DI CARICO**

N° Fila X: 1							
Comb.	Mmax+ (kNm/m)	Mmax- (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo1 (cmq/palo)	As,palo2 (cmq/palo)
1	198,84	-1506,59	696,20	32,21	29,22	0,00	0,00
2	55,53	-1589,74	670,34	34,06	29,22	0,00	0,00
3	365,21	-1595,67	796,94	34,19	29,22	0,00	0,00
4	231,10	-1673,48	772,74	35,93	29,22	0,00	0,00
5	300,94	-1516,06	740,80	32,42	29,22	0,00	0,00
6	166,84	-1593,87	716,60	34,15	29,22	0,00	0,00
7	354,65	-1601,80	795,04	34,33	29,22	0,00	0,00
8	241,66	-1667,35	774,65	35,79	29,22	0,00	0,00
9	290,39	-1522,19	738,90	32,56	29,22	0,00	0,00
10	177,39	-1587,74	718,51	34,02	29,22	0,00	0,00
11	354,65	-1601,80	795,04	34,33	29,22	0,00	0,00
12	241,66	-1667,35	774,65	35,79	29,22	0,00	0,00
13	290,39	-1522,19	738,90	32,56	29,22	0,00	0,00
14	177,39	-1587,74	718,51	34,02	29,22	0,00	0,00
15	47,46	-1430,94	606,58	30,54	29,22	0,00	0,00
16	84,27	-1437,37	623,81	30,68	29,22	0,00	0,00
17	0,00	-1498,66	604,75	32,04	0,00	0,00	0,00
18	241,36	-1612,88	753,78	34,58	29,22	0,00	0,00
19	278,18	-1619,31	771,01	34,72	29,22	0,00	0,00
20	172,54	-1680,60	751,95	36,09	29,22	0,00	0,00

N° Fila X: 2							
Comb.	Mmax* (kNm/m)	Mmax* (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo1 (cmq/palo)	As,palo2 (cmq/palo)
1	0,00	-1603,22	331,88	34,36	0,00	0,00	0,00
2	0,00	-1635,59	317,63	35,08	0,00	0,00	0,00
3	0,00	-1802,04	447,54	38,81	0,00	0,00	0,00
4	0,00	-1832,34	434,21	39,49	0,00	0,00	0,00
5	0,00	-1671,44	380,75	35,88	0,00	0,00	0,00
6	0,00	-1701,73	367,42	36,56	0,00	0,00	0,00
7	0,00	-1804,43	446,49	38,86	0,00	0,00	0,00
8	0,00	-1829,95	435,26	39,44	0,00	0,00	0,00
9	0,00	-1673,82	379,70	35,94	0,00	0,00	0,00
10	0,00	-1699,35	368,47	36,51	0,00	0,00	0,00
11	0,00	-1804,43	446,49	38,86	0,00	0,00	0,00
12	0,00	-1829,95	435,26	39,44	0,00	0,00	0,00
13	0,00	-1673,82	379,70	35,94	0,00	0,00	0,00
14	0,00	-1699,35	368,47	36,51	0,00	0,00	0,00
15	0,00	-1503,93	269,60	32,15	0,00	0,00	0,00
16	0,00	-1498,98	266,37	32,04	0,00	0,00	0,00
17	0,00	-1514,23	255,86	32,38	0,00	0,00	0,00
18	0,00	-1740,91	395,55	37,44	0,00	0,00	0,00
19	0,00	-1727,59	392,32	37,14	0,00	0,00	0,00
20	0,00	-1751,45	381,81	37,67	0,00	0,00	0,00

N° Fila X: 3							
Comb.	Mmax* (kNm/m)	Mmax* (kNm/m)	Vmax (kN/m)	As,sup (cmq/m)	As, inf (cmq/m)	As,palo1 (cmq/palo)	As,palo2 (cmq/palo)
1	0,00	-1363,33	277,52	29,22	0,00	0,00	0,00
2	0,00	-1386,34	291,86	29,55	0,00	0,00	0,00
3	0,00	-1601,32	409,38	34,32	0,00	0,00	0,00
4	0,00	-1631,91	389,11	35,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	-1443,50	321,81	30,82	0,00	0,00	0,00
6	0,00	-1474,09	301,54	31,49	0,00	0,00	0,00
7	0,00	-1603,73	407,78	34,37	0,00	0,00	0,00
8	0,00	-1629,50	390,71	34,95	0,00	0,00	0,00
9	0,00	-1445,91	320,21	30,87	0,00	0,00	0,00
10	0,00	-1471,68	303,14	31,44	0,00	0,00	0,00
11	0,00	-1603,73	407,78	34,37	0,00	0,00	0,00
12	0,00	-1629,50	390,71	34,95	0,00	0,00	0,00
13	0,00	-1445,91	320,21	30,87	0,00	0,00	0,00
14	0,00	-1471,68	303,14	31,44	0,00	0,00	0,00
15	0,00	-1322,13	272,20	29,22	0,00	0,00	0,00
16	0,00	-1305,51	265,66	29,22	0,00	0,00	0,00
17	0,00	-1292,98	276,23	29,22	0,00	0,00	0,00
18	0,00	-1507,16	329,90	32,23	0,00	0,00	0,00
19	0,00	-1462,19	308,74	31,23	0,00	0,00	0,00
20	0,00	-1486,28	302,87	31,76	0,00	0,00	0,00