



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

## NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

### OFFERTA TECNICA



### 08 - STRUTTURE - OPERE D'ARTE MINORI

Descrizione elaborato

#### Muro di sostegno - Relazione di calcolo

Data  
Ottobre 2023

Codice interno	Livello	Ambito	Tipo	Numero	Rev.
23074	PD	STR	R	04	01

#### Raggruppamento Temporaneo di Imprese:

Mandataria:



**CONSORZIO STABILE  
ON SITE SCARL**  
Via delle Porcellane, 5 - 50019 Sesto  
Fiorentino (FI)  
P. I.V.A.: 07226860489  
E-Mail: [info@consorziostableonsite.com](mailto:info@consorziostableonsite.com)

Mandante:



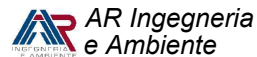
**GIUGLIANO COSTRUZIONI METALLICHE S.r.l.**  
Zona INDUSTRIALE ASI Marcianise Sud  
81025 MARCIANISE (CE)  
P. I.V.A.: 04312731211  
E-Mail: [info@giuglianocostruzionimetalliche.com](mailto:info@giuglianocostruzionimetalliche.com)

#### Redazione Offerta Tecnica e Progetto Definitivo:



**DP INGEENERIA S.R.L.**  
Società di Ingegneria Civile

DP INGEENERIA [info@dpingegneria.com](mailto:info@dpingegneria.com) - [www.dpingegneria.com](http://www.dpingegneria.com)  
ASSOCIATO  
**oice efca** European Engineering Consultancies  
SGS  
SMC  
SMC  
SMC



Prof. Ing. Stefano **Pagliara**  
Prof. Ing. Alessandro **Marradi**

Ing. Massimo **Ascoli**  
Dott. Paolo **Turin**

Consulenza:

Prof. Ing. Nunziante **Squeglia**



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

## Sommario

1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	2
2	CENNI TEORICI .....	2
3	PROGETTO .....	12

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel: 0583 351194 - P.IVA: 0248849489



Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing.  
W.  
**Salvatore**

1

Prof. Ing. N.  
**Squeglia**



## 1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

NTC 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» - D.M. 17 gennaio 2018

NTC 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

## 2 CENNI TEORICI

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Coulomb è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta  $S_t$  è applicata ad  $1/3 H$  di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_a$$

Avendo indicato con:

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

Valori limite di  $K_a$ :

$d < (b - \varphi - \varepsilon)$  secondo Muller-Breslau

$\gamma_t$  = Peso unità di volume del terreno;

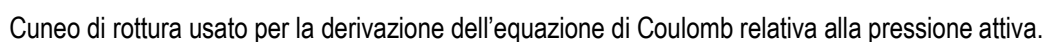
$b$  = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$j$  = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$d$  = Angolo di attrito terra-muro;

$\varepsilon$  = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

$H$  = Altezza della parete.



Se  $e = d = 0$  e  $b = 90^\circ$  (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta  $S_t$  si semplifica nella forma:

In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di  $K_a$  di Rankine si presenta come segue:

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Mononobe & Okabe riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo  $\alpha$ , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo  $\beta$ , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità  $\vartheta$  tale che:

con  $k_h$  coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  verticale.



**Calcolo coefficienti sismici**

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni (NTC 2018):

$$k_h = \beta_m \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right); \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

$\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

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

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$\beta_m = 0.38$  nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$  nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario. I valori del coefficiente  $\beta_m$  possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo § 7.11.6.3.2.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di  $\beta_m$  incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_m \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right); \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

$\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

$a_{\max}$  = Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = Accelerazione di gravità.



Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

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

$S$  = coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica  $S_S$  e di amplificazione topografica  $S_T$ .

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - PVR)}$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e  $PVR$  probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$k_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$

$a_{gR}$  = Accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante;

$\gamma_I$  = Fattore di importanza;

$S$  = Soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E);

$a_g = a_{gRYI}$  è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale  $k_v$  è definito in funzione di  $k_h$ , e vale:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica  $Z_c$  come segue:



$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

dove

$Q$  = Carico agente sul terrapieno.

Se  $Z_c < 0$  è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a  $H/2$ .

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico  $Q$ , uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Con punto di applicazione ad  $H/2$ , avendo indicato con  $K_a$  il coefficiente di spinta attiva secondo Muller-Breslau.

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot KH^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:

$H$  = Altezza muro;

$k_v$  = Coefficiente sismico verticale;

$\gamma$  = Peso per unità di volume del terreno;

$K$  = Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);

$E_{ws}$  = Spinta idrostatica dell'acqua;

$E_{wd}$  = Spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica  $E_{wd} = 0$ , ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo  $\vartheta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:



$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 + k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con  $H'$  altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

#### Spinta idrostatica

La falda con superficie distante  $H_w$  dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità  $z$ , sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $g_t$  con  $g'_t$  ( $g'_t = g_{\text{saturo}} - g_w$ ), peso efficace del materiale immerso in acqua.

#### Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\varphi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi + \epsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \epsilon)}} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di  $d$  pari a:

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenzeria.com - www.opingenzeria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 351194 - P.IVA: 02488949489Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing.  
W.  
**Salvatore**

7

Prof. Ing. N.  
**Squeglia**





$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

L'espressione di  $K_p$  secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}$$

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto  $R_d$  si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

$A' = B'L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  = Coesione non drenata;

$q$  = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  = Fattore di forma;

$s_c = 0.2 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right)$  per fondazioni rettangolari, il valore di  $s_c$  viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastriformi

$d_c$  = Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$  con  $K = \frac{D}{B}$  se  $\frac{D}{B} \leq 1$  altrimenti  $K = \arctan \frac{D}{B}$

$i_c$  = Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico  $H$ ;

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

$A_f$  = Area efficace della fondazione;

$c_a$  = Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

**VESIC - Analisi a lungo termine**

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

**Fattori di forma**

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

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

**Fattori di profondità**

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi') \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:

OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 351194 - P.IVA: 0248849489Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
**Salvatore**Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

PAGINA

9

**HANSEN - Analisi a breve termine**

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q$$

Dove:

$A' = B' \cdot L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  = Coesione non drenata;

$q$  = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  = Fattore di forma,  $s_c = 0$  per fondazioni nastriformi;

$d_c$  = Fattore di profondità;

$$d_c = 0.4 \cdot K \text{ con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$i_c$  = Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$A_f$  = Area efficace della fondazione;

$c_a$  = Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

**HANSEN- Analisi a lungo termine**

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

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

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi'$$

**Fattori di forma**

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$



$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

per forma rettangolare, quadrata o circolare.

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1$$

per fondazione nastriforme

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

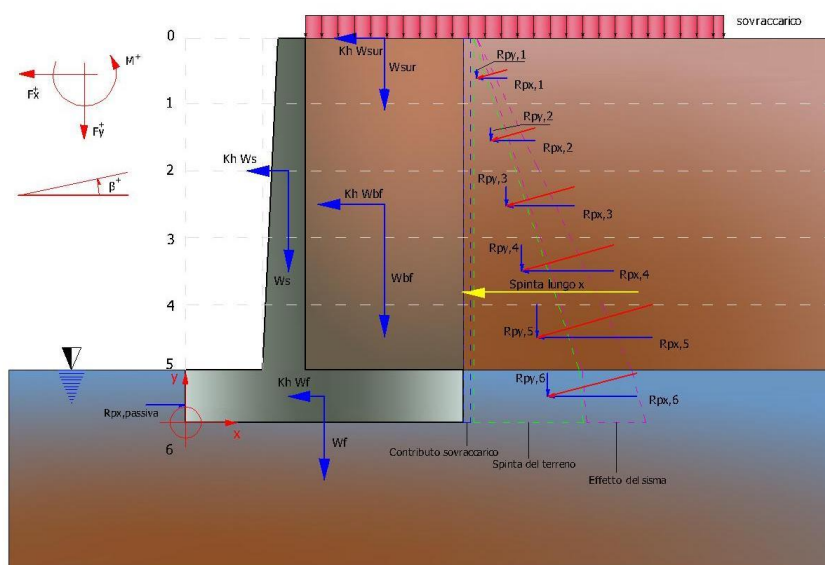
$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

Sollecitazioni muro

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni



Calcolo delle spinte per le verifiche globali

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in n-tratti.

Convenzione segni

Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;  
Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;  
Coppie positive se antiorarie;  
Angoli positivi se antiorari.

### 3 PROGETTO

#### Dati generali

Lat./Long. [WGS84]	43.781318/11.104741
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

#### Dati generali muro

Altezza muro	1010.0 cm
Spessore testa muro	15.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	20.0 cm
Sporgenza mensola a monte	525.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	100.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	100.0 cm

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0553 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

12





# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,441	2,56	0,25
S.L.D.	50,0	0,53	2,593	0,263
S.L.V.	475,0	1,255	2,39	0,297
S.L.C.	975,0	1,589	2,384	0,305

## Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Classe II

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6615	0,0	0,0	0,0
S.L.D.	0,795	0,47	0,0381	0,0191
S.L.V.	1,8825	0,38	0,073	0,0365
S.L.C.	2,333	0,0	0,0	0,0

## Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazio ne dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenz a a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizio ne	
1	1110	0	18.00	35	0.00	11	No			
2	1000	0	17.80	33	0.00	11	No			

## Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
Ciclabile	0.0	160.0	5.0	5.0	0.0
Strada	160.0	1210.0	20.0	20.0	0.0

## FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0553 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore

Prof. Ing. N.  
Squeglia

PAGINA

13



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA

CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Ciclabile	1.50
8	Strada	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1
	Ribaltamento	1

## A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Ciclabile	1.30
8	Strada	1.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1
	Ribaltamento	1

## SISMA

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0553 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

PAGINA

14



3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Ciclabile	0.00
8	Strada	0.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1
	Ribaltamento	1

## A1+M1+R1 [STR]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
1110.0	908.0	18.0	0.0	35.0	11.0	0.0	0.0	
908.0	706.0	18.0	0.0	35.0	11.0	0.0	0.0	
706.0	504.0	18.0	0.0	35.0	11.0	0.0	0.0	
504.0	436.67	18.0	0.0	35.0	11.0	0.0	0.0	
436.67	302.0	18.0	0.0	35.0	11.0	0.0	0.0	
302.0	100.0	18.0	0.0	35.0	11.0	0.0	0.0	



## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
$K_a$	Coefficiente di spinta attiva.
$K_d$	Coefficiente di spinta dinamica.
$D_k$	Coefficiente di incremento dinamico.
$K_{ax}, K_{ay}$	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
$D_{kx}, D_{ky}$	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
11.0	0.25	0.0	0.0	0.25	0.05	0.0	0.0
11.0	0.25	0.0	0.0	0.25	0.05	0.0	0.0
11.0	0.25	0.0	0.0	0.25	0.05	0.0	0.0
11.0	0.25	0.0	0.0	0.25	0.05	0.0	0.0
11.0	0.25	0.0	0.0	0.25	0.05	0.0	0.0
11.0	0.25	0.0	0.0	0.25	0.05	0.0	0.0

## Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$	Quota iniziale strato (cm)
$Q_f$	Quota finale strato (cm)
$R_{px}, R_{py}$	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
$Z(R_{px})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	1110.0	908.0	21.77	4.23	990.76	990.76
2	908.0	706.0	45.35	8.82	798.25	798.25
3	706.0	504.0	68.93	13.4	599.24	599.24
4	504.0	436.67	28.22	5.48	469.81	469.81
5	436.67	302.0	64.29	12.5	367.5	367.5
6	302.0	100.0	116.09	22.57	197.58	197.58

## CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

$P_y$	Peso del muro (kN);
$P_x$	Forza inerziale (kN);
$X_p, Y_p$	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	$P_x$	$P_y$	$X_p$	$Y_p$
908.0	0.0	7.58	27.5	1009.0
706.0	0.0	15.15	27.5	908.0



504.0	0.0	22.73	27.5	807.0
436.67	0.0	25.25	27.5	773.4
302.0	0.0	30.3	27.5	706.0
100.0	0.0	37.88	27.5	605.0

## Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
908.0	21.77	11.81	17.7	87.07
706.0	67.12	28.2	102.84	156.27
504.0	136.05	49.17	303.07	222.94
436.67	164.26	57.18	403.61	244.89
302.0	228.56	220.98	399.1	288.54
100.0	344.65	251.12	972.38	353.58

## Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8,04)	7Ø16 (14,07)	11.95	447.12	S	269.78	0.0	12.15
6Ø16 (12,06)	12Ø16 (24,13)	28.86	1406.89	S	430.59	0.0	6.29
9Ø16 (18,1)	17Ø16 (34,18)	50.35	2873.48	S	577.87	0.0	4.17
10Ø16 (20,11)	19Ø16 (38,2)	58.03	3532.92	S	625.37	0.0	3.73
11Ø16 (22,12)	22Ø16 (44,23)	225.3	5017.08	S	720.97	0.0	3.09
14Ø16 (28,15)	27Ø16 (54,29)	255.95	7534.71	S	861.77	0.0	2.45

## VERIFICHE GLOBALI

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenzeria.com - www.opingenzeria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel: 0553 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turini**

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
**Salvatore**  
  
Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

PAGINA

17





Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (560, 0/0, 0)$

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (560, 0/1110, 0)$

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0, 0/0, 0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
$\beta$	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
1110.0	908.0	18.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
908.0	706.0	18.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
706.0	504.0	18.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
504.0	302.0	18.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
302.0	100.0	18.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0	
100.0	1.0	18.0	0.0	35.0	11.0	0.0	0.0	
1.0	0.0	17.8	0.0	33.0	11.0	0.0	0.0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
35.0	0.25	0.0	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
35.0	0.25	0.0	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
35.0	0.25	0.0	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
35.0	0.25	0.0	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
35.0	0.25	0.0	0.0	0.2	0.14	0.0	0.0
11.0	0.25	0.0	0.0	0.25	0.05	0.0	0.0
11.0	0.27	0.0	0.0	0.27	0.05	0.0	0.0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	1110.0	908.0	18.03	12.62	990.76	990.76
2	908.0	706.0	37.56	26.3	798.25	798.25
3	706.0	504.0	57.09	39.98	599.24	599.24
4	504.0	302.0	76.62	53.65	398.71	398.71
5	302.0	100.0	96.16	67.33	197.58	197.58
6	100.0	1.0	55.58	35.01	49.66	50.24
7	1.0	0.0	0.59	0.36	0.5	0.5

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

$Q_i$  Quota iniziale strato (cm)  
 $Q_f$  Quota finale strato (cm)  
 $R_{px}, R_{py}$  Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Sollecitazioni totali**

$F_x$  Forza in direzione x (kN);  
 $F_y$  Forza in direzione y (kN);  
 $M$  Momento (kNm);

	$F_x$	$F_y$	$M$
Spinta terreno	341.64	235.26	26.24
Carichi esterni	0.0	146.25	-307.12
Peso muro	0.0	37.88	-10.42
Peso fondazione	0.0	140.0	-392.0
Sovraccarico	0.0	105.0	-312.38
Terr. fondazione	0.0	1240.79	-3691.34
	<b>341.64</b>	<b>1905.17</b>	<b>-4687.01</b>

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



**OP INGEGNERIA SRL**  
 Società di Ingegneria Civile  
 info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
 Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
 Tel.: 0553 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing.  
 W.  
**Salvatore**

19

Prof. Ing. N.  
**Squeglia**



Momento stabilizzante -6030.69 kNm  
Momento ribaltante 1343.69 kNm

## MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20.0	0.0	-86.93	-8.69	100.0

## Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.  
Afs Area dei ferri superiori.  
Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);  
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
Sic. VT  $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$   
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø24 (18,1)	2Ø24 (9,05)	-0.05	654.92	S	300.56	0.0	3.39

## MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
35.0	0.59	-173.25	-569.18	100.0
210.0	0.59	0.91	-571.92	100.0



## Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
6Ø24 (27,14)	12Ø24 (54,29)	0.52	1904.28	S	410.59	0.0	2.32
4Ø24 (18,1)	8Ø24 (36,19)	0.32	1284.58	S	358.7	0.0	386.93

## A2+M2+R2 [GEO+STR]

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
1110.0	908.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
908.0	706.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
706.0	504.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
504.0	436.67	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
436.67	302.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
302.0	100.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 351194 - P.IVA: 0248849489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

PAGINA

21



$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
11.0	0.32	0.0	0.0	0.31	0.06	0.0	0.0
11.0	0.32	0.0	0.0	0.31	0.06	0.0	0.0
11.0	0.32	0.0	0.0	0.31	0.06	0.0	0.0
11.0	0.32	0.0	0.0	0.31	0.06	0.0	0.0
11.0	0.32	0.0	0.0	0.31	0.06	0.0	0.0
11.0	0.32	0.0	0.0	0.31	0.06	0.0	0.0

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1110.0	908.0	22.23	4.32	991.77	991.77
2	908.0	706.0	44.99	8.75	798.48	798.48
3	706.0	504.0	67.75	13.17	599.35	599.35
4	504.0	436.67	27.64	5.37	469.82	469.82
5	436.67	302.0	62.87	12.22	367.53	367.53
6	302.0	100.0	113.28	22.02	197.62	197.62

## CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
908.0	0.0	7.58	27.5	1009.0
706.0	0.0	15.15	27.5	908.0
504.0	0.0	22.73	27.5	807.0
436.67	0.0	25.25	27.5	773.4

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGENIERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenieria.com - www.opingenieria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0553 351194 - P.IVA: 0248849489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

PAGINA

22





# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA

CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

302.0	0.0	30.3	27.5	706.0
100.0	0.0	37.88	27.5	605.0

## Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
908.0	22.23	11.9	18.3	87.07
706.0	67.22	28.22	104.16	156.27
504.0	134.98	48.96	303.57	222.94
436.67	162.62	56.86	403.21	244.89
302.0	225.49	220.38	395.59	288.54
100.0	338.77	249.97	960.01	353.58

## Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8,04)	7Ø16 (14,07)	11.95	447.12	S	269.78	0.0	11.9
6Ø16 (12,06)	12Ø16 (24,13)	28.86	1406.89	S	430.59	0.0	6.28
9Ø16 (18,1)	17Ø16 (34,18)	49.72	2872.91	S	577.86	0.0	4.2
10Ø16 (20,11)	19Ø16 (38,2)	58.03	3532.92	S	625.36	0.0	3.77
11Ø16 (22,12)	22Ø16 (44,23)	224.88	5016.59	S	720.96	0.0	3.14
14Ø16 (28,15)	27Ø16 (54,29)	254.94	7533.24	S	861.6	0.0	2.49

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (560,0/0,0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (560,0/1110,0)

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



DP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@dpingegneria.com - www.dpingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

PAGINA

23



Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
1110.0	908.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
908.0	706.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
706.0	504.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
504.0	302.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
302.0	100.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
100.0	1.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
1.0	0.0	17.8	0.0	27.45	11.0	0.0	0.0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
29.26	0.31	0.0	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.0	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.0	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.0	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
29.26	0.31	0.0	0.0	0.27	0.15	0.0	0.0
11.0	0.32	0.0	0.0	0.31	0.06	0.0	0.0
11.0	0.34	0.0	0.0	0.33	0.06	0.0	0.0

## Spinte risultanti e punto di applicazione

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing. W. Salvatore  
Prof. Ing. N. Squeglia

PAGINA

24



Qi Quota iniziale strato (cm)  
Qf Quota finale strato (cm)  
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1110.0	908.0	19.09	10.69	991.77	991.77
2	908.0	706.0	38.64	21.64	798.48	798.48
3	706.0	504.0	58.19	32.59	599.35	599.35
4	504.0	302.0	77.73	43.54	398.77	398.77
5	302.0	100.0	97.28	54.49	197.62	197.62
6	100.0	1.0	55.95	28.4	49.69	50.19
7	1.0	0.0	0.6	0.29	0.5	0.5

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)  
Qf Quota finale strato (cm)  
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	347.48	191.66	303.35
Carichi esterni	0.0	146.25	-307.12
Peso muro	0.0	37.88	-10.42
Peso fondazione	0.0	140.0	-392.0
Sovraccarico	0.0	91.0	-270.72
Terr. fondazione	0.0	954.45	-2839.49
	<b>347.48</b>	<b>1561.24</b>	<b>-3516.41</b>



Momento stabilizzante	-4893.06 kNm
Momento ribaltante	1376.66 kNm

## Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	347.48 kN
Sommatoria forze verticali	1561.24 kN
Coefficiente di attrito	0.52
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	1561.24 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	347.48 kN
Resistenza terreno	811.1 kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>2.33</b>
<b>Traslazione verificata Csd&gt;1</b>	

## Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-4893.06 kNm
Momento ribaltante	1376.66 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>3.55</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv&gt;1</b>	

## Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	347.48 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	1561.24 kN
Somma momenti	-3516.41 kNm
Larghezza fondazione	560.0 cm
Lunghezza	250.0 cm
Eccentricità su B	54.77 cm
Peso unità di volume	17.8 kN/m³
Angolo di resistenza al taglio	27.45 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	100.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.0 kN/m³
Nq	13.86
Nc	24.76
Ng	15.45
Fattori di forma	
sq	1.29
sc	1.31
sg	0.78
Inclinazione carichi	

A.T.I.



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

PAGINA

26



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

iq	0.71
ic	0.69
ig	0.55
Fattori di profondità	
dq	1.07
dc	1.09
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	2297.12 kN
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>1.47</b>

**Carico limite verificato  $Csq > 1$**

## Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	225.23 cm
Larghezza della fondazione	560.0 cm
x = 0.0 cm	442.39 kPa
x = 560.0 cm	115.20 kPa

## MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20.0	0.0	-82.31	-8.23	100.0

## Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0553 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing.  
W.  
**Salvatore**  
  
Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

27



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø24 (18,1)	2Ø24 (9,05)	-0.05	654.92	S	300.56	0.0	3.58

## MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
35.0	0.6	104.64	-1354.31	100.0
210.0	0.6	215.08	-920.63	100.0

## Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.  
 Afs Area dei ferri superiori.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
 Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
 Sic. VT  $\min\{Vrd; Vwd\}/V_{sdu}$   
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
6Ø24 (27,14)	12Ø24 (54,29)	0.52	1904.28	S	410.59	0.0	3.85
4Ø24 (18,1)	8Ø24 (36,19)	0.32	1284.58	S	358.7	0.0	1.64

## SISMA [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.073  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0.0365

## CALCOLO SPINTE

### Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato (cm);

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGENIERIA SRL  
 Società di Ingegneria Civile  
 info@opingenieria.com - www.opingenieria.com  
 Via San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
 Tel. 0583 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
 W.  
 Salvatore  
 Prof. Ing. N.  
 Squeglia

PAGINA

28



G	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
1110.0	908.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
908.0	706.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
706.0	504.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
504.0	436.67	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
436.67	302.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
302.0	100.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
11.0	0.32	0.37	0.06	0.31	0.06	0.06	0.01
11.0	0.32	0.37	0.06	0.31	0.06	0.06	0.01
11.0	0.32	0.37	0.06	0.31	0.06	0.06	0.01
11.0	0.32	0.37	0.06	0.31	0.06	0.06	0.01
11.0	0.32	0.37	0.06	0.31	0.06	0.06	0.01
11.0	0.32	0.37	0.06	0.31	0.06	0.06	0.01

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
----	----	-----	-----	--------	--------





1	1110.0	908.0	13.63	2.65	975.33	975.33
2	908.0	706.0	40.88	7.95	795.78	795.78
3	706.0	504.0	68.13	13.24	598.27	598.27
4	504.0	436.67	28.77	5.59	469.74	469.74
5	436.67	302.0	66.62	12.95	367.29	367.29
6	302.0	100.0	122.63	23.84	197.26	197.26

## CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py      Peso del muro (kN);  
Px      Forza inerziale (kN);  
Xp, Yp      Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
908.0	0.55	7.58	27.5	1009.0
706.0	1.11	15.15	27.5	908.0
504.0	1.66	22.73	27.5	807.0
436.67	1.84	25.25	27.5	773.4
302.0	2.21	30.3	27.5	706.0
100.0	2.76	37.88	27.5	605.0

## Sollecitazioni sul muro

Quota      Origine ordinata minima del muro (cm).  
Fx      Forza in direzione x (kN);  
Fy      Forza in direzione y (kN);  
M      Momento (kNm);  
H      Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
908.0	14.18	10.22	9.53	87.07
706.0	55.61	25.74	74.84	156.27
504.0	124.29	46.56	250.96	222.94
436.67	153.24	54.68	343.81	244.89
302.0	220.23	218.93	326.05	288.54
100.0	343.42	250.34	888.95	353.58

## Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv      Area dei ferri lato valle.  
Afm      Area dei ferri lato monte.  
Nu      Sforzo normale ultimo (kN);  
Mu      Momento flettente ultimo (kNm);

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGENGERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingenzeria.com - www.opingenzeria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore  
  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

30



Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/V_{sdu}$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø16 (8,04)	7Ø16 (14,07)	10.49	446.59	S	269.75	0.0	18.66
6Ø16 (12,06)	12Ø16 (24,13)	26.27	1405.22	S	430.55	0.0	7.59
9Ø16 (18,1)	17Ø16 (34,18)	47.23	2870.62	S	577.83	0.0	4.56
10Ø16 (20,11)	19Ø16 (38,2)	55.97	3530.84	S	625.33	0.0	4.0
11Ø16 (22,12)	22Ø16 (44,23)	223.23	5014.65	S	720.94	0.0	3.21
14Ø16 (28,15)	27Ø16 (54,29)	255.44	7533.98	S	861.65	0.0	2.46

## VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (560, 0/0, 0)$

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (560, 0/1110, 0)$

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0, 0/0, 0)$

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
1110.0	908.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
908.0	706.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
706.0	504.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
504.0	302.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
302.0	100.0	18.0	0.0	29.26	29.26	0.0	0.0	
100.0	1.0	18.0	0.0	29.26	11.0	0.0	0.0	
1.0	0.0	17.8	0.0	27.45	11.0	0.0	0.0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

A.T.I.



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin



CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore  
Prof. Ing. N.  
Squeglia

PAGINA

31



$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
$K_a$	Coefficiente di spinta attiva.
$K_d$	Coefficiente di spinta dinamica.
$D_k$	Coefficiente di incremento dinamico.
$K_{ax}, K_{ay}$	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
$D_{kx}, D_{ky}$	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$	$K_{ax}$	$K_{ay}$	$D_{kx}$	$D_{ky}$
29.26	0.31	0.36	0.07	0.27	0.15	0.06	0.03
29.26	0.31	0.36	0.07	0.27	0.15	0.06	0.03
29.26	0.31	0.36	0.07	0.27	0.15	0.06	0.03
29.26	0.31	0.36	0.07	0.27	0.15	0.06	0.03
29.26	0.31	0.36	0.07	0.27	0.15	0.06	0.03
11.0	0.32	0.37	0.06	0.31	0.06	0.06	0.01
11.0	0.34	0.39	0.07	0.33	0.06	0.06	0.01

## Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$	Quota iniziale strato (cm)
$Q_f$	Quota finale strato (cm)
$R_{px}, R_{py}$	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
$Z(R_{px})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	1110.0	908.0	11.98	6.71	975.33	975.33
2	908.0	706.0	35.93	20.13	795.78	795.78
3	706.0	504.0	59.89	33.55	598.27	598.27
4	504.0	302.0	83.85	46.97	398.19	398.19
5	302.0	100.0	107.8	60.39	197.26	197.26
6	100.0	1.0	61.98	33.52	49.63	50.19
7	1.0	0.0	0.66	0.35	0.5	0.5

## Spinte risultanti e punto di applicazione

$Q_i$	Quota iniziale strato (cm)
$Q_f$	Quota finale strato (cm)
$R_{px}, R_{py}$	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
$Z(R_{px})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
--	-------	-------	----------	----------	-------------	-------------



1 100.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

## Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	362.09	201.61	209.36
Carichi esterni	0.0	146.25	-307.12
Peso muro	2.76	37.88	6.31
Peso fondazione	10.22	140.0	-386.89
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	69.67	954.45	-2417.96
	<b>444.75</b>	<b>1480.18</b>	<b>-2896.29</b>

Momento stabilizzante -4678.04 kNm  
Momento ribaltante 1781.75 kNm

## Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 444.75 kN  
Sommatoria forze verticali 1480.18 kN  
Coefficiente di attrito 0.52  
Adesione 0.0 kPa  
Angolo piano di scorrimento -360.0 °  
Forze normali al piano di scorrimento 1480.18 kN  
Forze parall. al piano di scorrimento 444.75 kN  
Resistenza terreno 768.99 kN  
**Coeff. sicurezza traslazione Csd 1.73**

**Traslazione verificata Csd>1**

## Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -4678.04 kNm  
Momento ribaltante 1781.75 kNm  
**Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 2.63**

**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

## Carico limite verticale VESIC

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel: 0583 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore

33

Prof. Ing. N.  
Squeglia



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA

CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

Somma forze in direzione x (Fx)	444.75 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	1480.18 kN
Somma momenti	-2896.29 kNm
Larghezza fondazione	560.0 cm
Lunghezza	250.0 cm
Eccentricità su B	84.33 cm
Peso unità di volume	17.8 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	27.45 °
Coesione	0.0 kPa
Terreno sulla fondazione	100.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.0 kN/m <sup>3</sup>
Nq	13.86
Nc	24.76
Ng	15.45
Fattori di forma	
sq	1.33
sc	1.36
sg	0.74
Inclinazione carichi	
iq	0.61
ic	0.58
ig	0.43
Fattori di profondità	
dq	1.08
dc	1.1
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	1519.9 kN
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>1.03</b>

**Carico limite verificato  $Csq > 1$**

## Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	195.67 cm
Larghezza della fondazione	560.0 cm
$x = 0.0$ cm	503.14 kPa
$x = 560.0$ cm	25.50 kPa

## MENSOLA A VALLE

Xprogr.      Ascissa progressiva (cm);  
Fx              Forza in direzione x (kN);

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGEGNERIA S.R.L.  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel: 0583 351194 - P.IVA: 02488949489



Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
**Salvatore**  
  
Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

PAGINA

34



Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
20.0	0.0	-93.92	-9.49	100.0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi Area dei ferri inferiori.  
Afs Area dei ferri superiori.  
Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);  
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);  
Sic. VT  $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$   
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø24 (18,1)	2Ø24 (9,05)	-0.05	654.92	S	300.56	0.0	3.14

**MENSOLA A MONTE**

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
35.0	0.66	124.25	-1756.4	100.0
210.0	0.66	313.75	-1206.81	100.0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)**

Afi Area dei ferri inferiori.  
Afs Area dei ferri superiori.  
Nu Sforzo normale ultimo (kN);  
Mu Momento flettente ultimo (kNm);  
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);  
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel.: 0583 351194 - P.IVA: 0248849489



Prof. Ing. A. Marradi | Prof. Ing. S. Pagliara | Ing. M. Ascoli | Dott. P. Turin

CONSULENZA:

PAGINA

Prof. Ing.  
W.  
Salvatore

35

Prof. Ing. N.  
Squeglia



# REGIONE TOSCANA

Direzione mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale  
Settore viabilità regionale ambiti Firenze-Prato e Pistoia

NUOVO PONTE SUL FIUME ARNO E RELATIVI COLLEGAMENTI VIARI TRA LO SVINCOLO DELLA SGC FI-PI-LI DI LASTRA A SIGNA E DI SIGNA  
CIG: 95482064DA - CUP: D91B21005300001

Sic. VT       $\min\{V_{rd}; V_{wd}\}/V_{sdu}$   
V<sub>sdu</sub>      Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
6Ø24 (27,14)	12Ø24 (54,29)	0.52	1904.28	S	410.6	0.0	3.24
4Ø24 (18,1)	8Ø24 (36,19)	0.68	1284.72	S	358.71	0.0	1.12

A.T.I.

MANDATARIA



MANDANTE



REDAZIONE DI GARA E PROGETTO DEFINITIVO:



OP INGEGNERIA SRL  
Società di Ingegneria Civile  
info@opingegneria.com - www.opingegneria.com  
Viale San Concordia, 1188 - 55100 LUCCA  
Tel: 0583 351194 - P.IVA: 0248849489



Prof. Ing. A. **Marradi** | Prof. Ing S. **Pagliara** | Ing. M. **Ascoli** | Dott. P. **Turin**

CONSULENZA:

Prof. Ing.  
W.  
**Salvatore**

Prof. Ing. N.  
**Squeglia**

PAGINA

36