

daniela leopardi  
ingegnere  
c.so baccarini ,15 48018 faenza (ra)  
tel: 0546.667745 fax: 0546.692610  
cell. 335 7059250  
e-mail: daniela.leopardi@guests.it



**Adeguamento e messa in sicurezza Strada  
Provinciale n°16 e realizzazione pista ciclo-  
pedonale Faenza-Borgo Tuliero**

Comune di Faenza

Ing. Barchi Patrizia

Ing. Daniela Leopardi

committente

progettista  
architettonico

Progettista strutturale

L'ipotesi di progetto prevede la realizzazione di una pista a lato della S.P. Marzeno (lato ovest), larga 2,50 m, che si svilupperà tra 36 e 45 m s.l.m.. Nel tratto iniziale della pista sono previste opere di sostegno necessarie a mantenere la stessa quota della strada provinciale. Nel tratto intermedio la pista seguirà il piano campagna, mentre in corrispondenza dell'intersezione con il rio Tombarelle, è prevista la realizzazione di un ponte con passerella in legno.

La presente relazione è inerente la progettazione strutturale di manufatti in c.a. per la realizzazione di pista Ciclabile.

Lo sviluppo della pista ciclo-pedonale è prevista alla stessa quota della Provinciale, per cui essendo la Provinciale per alcuni tratti in rilevato rispetto al piano di campagna si devono prevedere opere in c.a., muri a sostegno del terreno a riempimento per realizzare la pista o strutture in c.a..

Per il dimensionamento dei muri e delle strutture si è fatto riferimento alla relazione geologica fornita dalla Committenza redatta dal geologo Dott. Alessandro Poggiali.

## **2. Normativa di riferimento**

- D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. N° 617/2009

## **3. Inquadramento geografico**

Il sito d'intervento si estende dalla periferia sud del Comune di Faenza, presso il cosiddetto "Ponte Rosso", lungo la S.P.

Marzeno (Modiglianese), fino al bivio con la strada comunale che conduce alla frazione di Borgo Tuliero.

Le coordinate geografiche WGS84 dell'estremità nord e dell'estremità sud dell'area di studio, sono:

- vertice nord: latitudine: 44,27744 [°] Longitudine: 11,877752 [°]
- vertice sud: latitudine: 44,263857 [°] Longitudine: 11,874061 [°].

## **5. Sismicità**

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20 marzo 2003 "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni, il Comune di Faenza è stato classificato in zona sismica 2. Tale classificazione prevede 4 classi a pericolosità sismica decrescente (zona 1: elevata sismicità, zona 2: media sismicità, ecc.) e ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

## **6. Indagini geognostiche e geofisiche di approfondimento**

La campagna di indagine è stata eseguita in funzione dell'ubicazione delle opere d'arte (muri e ponte) previste nel progetto di fattibilità della nuova pista ciclabile messo a disposizione dal Settore Lavori Pubblici del Comune di Faenza.

Nella zona in cui sono previsti i muri di sostegno sono state eseguite n. 5 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU), in modo da ottenere una verticale di indagine specifica in corrispondenza di ogni singolo tratto di muro in progetto. Nei pressi del punto di prova n. 2 è stata eseguita una indagine geofisica integrata (Re-Mi e HVSR).

Nella zona in cui è previsto il ponte per l'attraversamento del rio Tombarelle, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU 6-7) in corrispondenza della sommità di entrambe le sponde. Nel corso di tali prove sono stati prelevati n. 2 campioni indisturbati di terreno da sottoporre a specifiche prove di laboratorio.

Nell'alveo del rio, alla base del ponte della S.P. Marzeno, causa l'impossibilità di accedere con mezzi cingolati, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM), utili per determinare la profondità di raggiungimento del rifiuto alla penetrazione. In prossimità del punto di prova n. CPTU-6 è stata eseguita la seconda indagine geofisica integrata (Re-Mi e HVSR).

La seguente tabella sintetizza le massime profondità raggiunte durante tutte le prove penetrometriche prima dell'ottenimento del rifiuto alla penetrazione e la profondità della falda idrica.

PROVA	MAX. PROFONDITÀ RAGGIUNTA DAL P.C.	SOGGIACENZA FALDA IDRICA SOTTERRANEA DAL P.C.
CPTU-1	3,6 m.	-
CPTU-2	2,8 m.	-
CPTU-3	3,8 m.	-
CPTU-4	3,4 m.	-
CPTU-5	4,4 m.	-
CPTU-6	12,4 m.	8,2
CPTU-7	5,2 m.	-
DPM-1	2,7 m.	-
DPM-2	2,6 m.	-

Per quanto riguarda la zona in cui sono previsti i muri di sostegno, i risultati delle indagini in sito confermano quanto desunto dalla consultazione delle banche dati geognostici disponibili, ossia la presenza del banco ghiaioso a pochi metri di profondità rispetto al piano campagna (tra 2,8-4,4 m). Non è stata rinvenuta falda idrica sotterranea, che, sempre sulla base dei dati d'archivio a disposizione, in questo settore ha una soggiacenza media intorno a 10 metri di profondità.

Nella zona in cui è previsto il ponte i risultati ottenuti mostrano una sostanziale disomogeneità stratigrafica tra la sponda in destra e la sponda in sinistra idrografica rispetto al corso d'acqua.

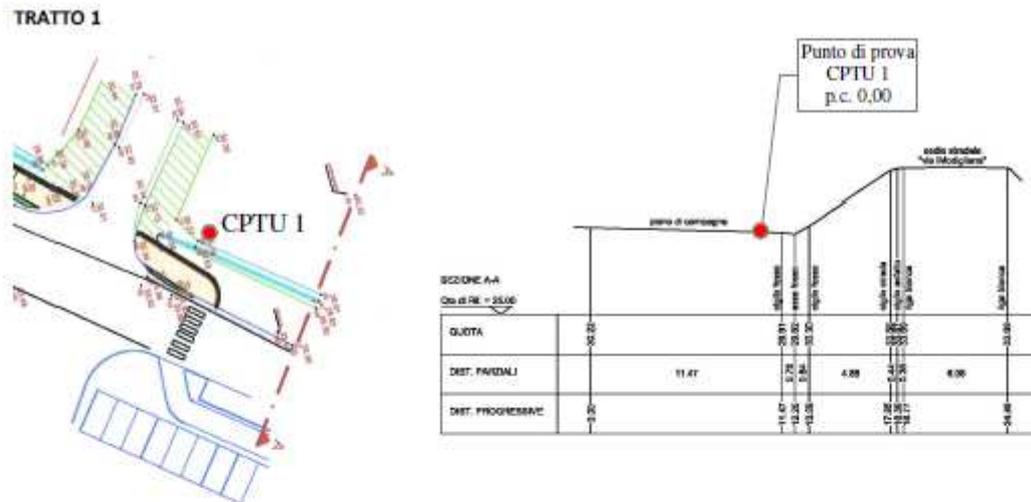
In corrispondenza della sponda destra (CPTU-7), i risultati indicano la presenza di un banco ghiaioso ad una profondità di poco superiore a 5 m, a conferma di quanto già riscontrato.

Nella sponda sinistra (CPTU-6), invece, il banco ghiaioso si intercetta a profondità ben superiore (> 11 m), mentre tra 5 e 9 m di profondità sono presenti intercalazioni di sottili strati di limi e argille a consistenza molto variabile. Tale disomogeneità "laterale" è comune nei depositi di origine alluvionale, dove le migrazioni d'alveo e la variabilità del regime dei corsi d'acqua (erosione/deposizione) danno luogo a corpi lenticolari a granulometria differente giustapposti sia verticalmente che orizzontalmente.

Durante la prova CPTU-6 è stato rinvenuto il livello della falda idrica sotterranea, soggiacente ad una profondità di m. 8,2 dal piano campagna locale.

Di seguito, per ogni tratto di muro in progetto e per il tratto in cui è previsto il ponte, si riporta una scheda con indicati l'ubicazione e la quota del punto di prova, l'interpretazione stratigrafica del primo sottosuolo, unitamente al valore medio (matematico) di una serie di parametri geotecnici ricavati dall'elaborazione dei risultati delle indagini in sito. Per quanto riguarda l'area del ponte, in allegato si riporta anche una sezione geologica specifica.

## 7. Modello geologico del sito



U. Lit.	Prof.		Descrizione	Qt (MPa)	Fs kPa	Dr (%)	$\phi$ (°)	Ey MPa	Cu kPa	M Ed MPa	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
	da	a									
TA-R	0,00	1,90	Terreno alterato e/o rimaneggiato a scarsa consistenza di natura argillosa	0,93	49,40	-	-	-	53,04	7,50	17,25
U1	1,90	3,10	Lim. sabbiosi	2,59	62,49	25	23	32,40	-	10,30	18,00
U2	3,10	3,60	Sabbie	9,08	201,40	42	27	58,51	-	38,55	19,60
U3	3,60	rifiuto	Ghiaie	-	-	98	34	119,30	-	-	20,00

Dove:

Qt = resistenza alla punta normalizzata

Fs = resistenza laterale

Dr = densità relativa

$\phi^*$  = angolo di resistenza al taglio

Ey = modulo di Young

c<sub>u</sub> = coesione non drenata

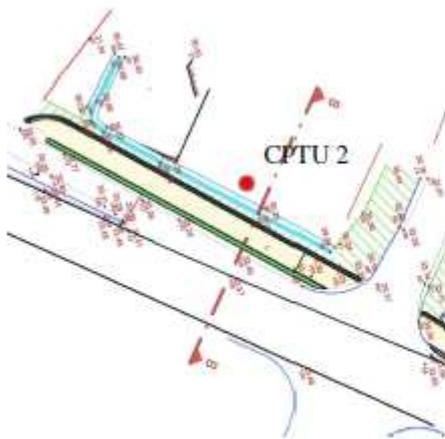
M Ed = modulo edometrico

$\gamma$  = peso di volume naturale

### Indicazioni progettuali:

La traccia del muro in progetto ricade sulla scarpata del rilevato stradale. Per la scelta della profondità del piano di posa delle fondazioni, tralasciando il materiale costituente il rilevato stradale, si consiglia di oltrepassare lo strato di terreno alterato superficiale e prendere in considerazione i terreni a partire dall'unità litologica U1, raggiungibili, eventualmente, con opere di sottofondazione. Aumentando la profondità, le unità U2 e U3 garantiscono caratteristiche di resistenza via via migliori. In tutti i casi il piano di posa delle fondazioni dovrà essere previsto ad una profondità tale da garantire il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza, previa opportune verifiche geotecniche, nel rispetto della Normativa vigente in materia di Costruzioni.

## TRATTO 2



U. Lit.	Prof.		Descrizione	Qt (MPa)	Fs kPa	Dr (%)	$\phi$ (°)	Ey MPa	Cu kPa	M Ed MPa	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
	da	a									
TA-R	0,0	1,8	Terrano alterato a/o rimaneggiato a scarsa consistenza di natura argillosa	1,13	52,97	-	-	-	67,82	9,17	17,52
U1	1,8	2,8	Sabbie	6,18	51,35	54	40	45,69	-	24,50	18,20
U2	2,8	rifuto	Ghiaie	-	-	98	34	119,30	-	-	20,00

Dove:

Qt = resistenza alla punta normalizzata

Fs = resistenza laterale

Dr = densità relativa

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio

Ey = modulo di Young

c<sub>u</sub> = coesione non drenata

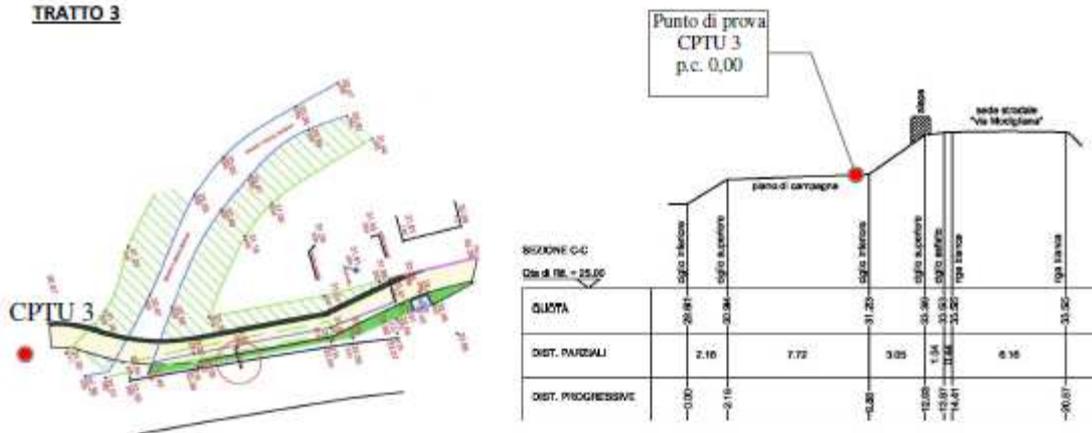
M Ed = modulo edometrico

$\gamma$  = peso di volume naturale

### Indicazioni progettuali:

La traccia del muro in progetto ricade sulla scarpata del rilevato stradale. Per la scelta della profondità del piano di posa delle fondazioni, tralasciando il materiale che costituisce il rilevato, si consiglia di oltrepassare lo strato di terreno alterato superficiale e prendere in considerazione i terreni a partire dall'unità litologica U1, caratterizzata da uno spesso strato di sabbie con addensamento medio e buone caratteristiche di resistenza. In tutti i casi il piano di posa delle fondazioni dovrà essere previsto ad una profondità tale da garantire il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza, previe opportune verifiche geotecniche, nel rispetto della Normativa vigente in materia di Costruzioni.

### TRATTO 3



U. Lit.	Prof.		Descrizione	Qt (MPa)	Fs kPa	Dr (%)	$\phi$ (°)	Ey MPa	Cu kPa	M Ed MPa	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
	da	a									
TA-R	0,0	0,6	Terreno alterato e/o rimaneggiato a scarsa consistenza di natura argilloso-limosa	0,94	25,18	-	-	-	16,84	7,69	17,24
U1	0,6	3,5	Argille limose	1,75	54,27	-	-	-	68,21	14,13	17,69
U2	3,5	3,8	Sabbie	13,19	167,47	68	42	90,24	-	44,89	19,57
U3	3,6	rifuto	Ghiaie	-	-	98	34	119,30	-	-	20,00

Dove:

Qt = resistenza alla punta normalizzata

Fs = resistenza laterale

Dr = densità relativa

$\phi^*$  = angolo di resistenza al taglio

Ey = modulo di Young

c<sub>u</sub> = coesione non drenata

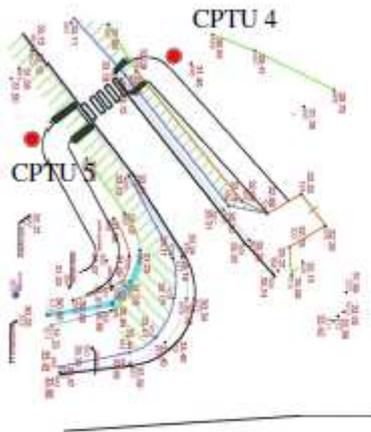
M Ed = modulo edometrico

$\gamma$  = peso di volume naturale

#### Indicazioni progettuali:

La prova è stata realizzata ad una estremità del tratto del muro in progetto, nel punto dove era possibile accedere con il penetrometro cingolato. La traccia del muro in progetto ricade sulla scarpata del rilevato stradale, oltrepassa l'argine del fiume Lamone e degrada verso il vigneto fino a piano campagna. Per la scelta della profondità del piano di posa delle fondazioni, si consiglia di oltrepassare lo strato di terreno alterato superficiale e prendere in considerazione i terreni a partire dall'unità litologica U1, a partire da almeno 1,2 m di profondità, per evitare, trattandosi di argille, l'influenza negativa degli agenti atmosferici sul tasso di umidità interna (variazioni stagionale del contenuto d'acqua che inducono alternanze di aumenti e ritiri di volume). In tutti i casi il piano di posa delle fondazioni dovrà essere previsto ad una profondità tale da garantire il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza, *prévies* opportune verifiche geotecniche, nel rispetto della Normativa vigente in materia di Costruzioni.

**TRATTI 4-5**



**Rampa 1 per raccordo con via Sarna (CPTU 4)**

U. Lit.	Prof.		Descrizione	Qt (MPa)	Fs kPa	Dr (%)	$\phi$ (°)	Ey MPa	Cu kPa	M Ed MPa	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
	da	a									
TA-R	0,0	0,9	Terreno alterato e/o rimaneggiato a scarsa consistenza di natura limosa-sabbiosa	0,93	8,94	34	32	9,18	-	5,40	15,21
U1	0,9	1,4	Sabbie	8,06	95,37	67	40	48,07	-	30,25	18,49
U2	1,4	2,0	Argille limose	1,19	43,08	-	-	-	58,74	12,92	18,02
U3	2,0	3,4	Lim. sabbiosi	3,23	61,82	32	29	39,16	-	12,92	18,02
U4	3,4	rifiuto	Ghiale	-	-	98	34	119,30	-	-	20,00

Dove:

Qt = resistenza alla punta normalizzata

Fs = resistenza laterale

Dr = densità relativa

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio

Ey = modulo di Young

c<sub>v</sub> = coesione non drenata

M Ed = modulo edometrico

$\gamma$  = peso di volume naturale

**Indicazioni progettuali:**

La prova è stata realizzata in prossimità della rampa che servirà a raccordare la pista ciclabile alla quota della strada che conduce a Sarna. Tale rampa necessita di un muretto di contenimento che dovrà essere realizzato in prossimità della scarpata sul Lamone. Il piano di posa della fondazione potrà essere impostato in corrispondenza dello strato sabbioso U1, ad una profondità tale che consenta di evitare scalzamenti al piede causati da un'eventuale evoluzione della scarpata stessa. In tutti i casi il piano di posa delle fondazioni dovrà essere previsto ad una profondità tale da garantire il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza, previa opportune verifiche geotecniche, nel rispetto della Normativa vigente

in materia di Costruzioni. In fase progettuale si consiglia di valutare la possibilità di prevedere il consolidamento della scarpata con opere di ingegneria naturalistica, allo scopo di proteggerla da eventuali interferenze del F. Lamone.

#### Rampa 2 per raccordo con via Sarna (CPTU 5)

U. Lit.	Prof.		Descrizione	Qt (MPa)	Fs kPa	Dr (%)	$\phi$ (°)	Ey MPa	Cu kPa	M Ed MPa	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
	da	a									
TA-R	0,0	1,0	Terreno alterato e/o rimaneggiato a scarsa consistenza di natura limoso-sabbiosa	1,97	54,35	51	35	22,28	-	8,30	17,54
U1	1,0	2,1	Argille	1,13	77,02	-	-	-	78,74	9,09	17,97
U2	2,1	4,0	Argille limose	1,57	61,16	-	-	-	108,16	11,69	17,86
U3	4,0	4,4	Sabbie	5,67	45,28	39	33	48,79	-	39,32	17,96
U4	4,4	rifiuto	Ghiaie	-	-	98	34	119,30	-	-	20,00

Dove:

Qt = resistenza alla punta normalizzata

Fs = resistenza laterale

Dr = densità relativa

$\phi^*$  = angolo di resistenza al taglio

Ey = modulo di Young

c<sub>u</sub> = coesione non drenata

M Ed = modulo edometrico

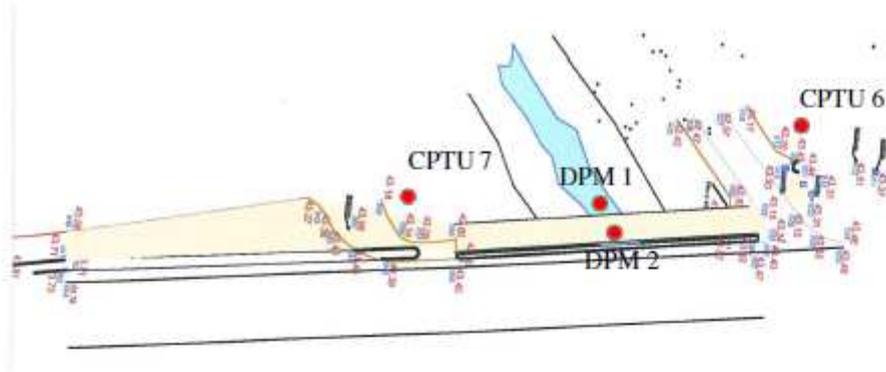
$\gamma$  = peso di volume naturale

#### Indicazioni progettuali:

La prova è stata realizzata in prossimità della successiva rampa che sarà realizzata per raccordare la strada con il sottostante appezzamento agricolo, dove la pista ciclabile proseguirà alla quota del piano campagna fino alla zona del ponte sul rio Tombarelle. Anche in questo caso la rampa necessita di un muretto di contenimento, ma non vi sono criticità geomorfologiche che ne pregiudichino la realizzazione. La profondità del piano di posa della fondazione potrà essere impostata in corrispondenza dello strato argilloso U1, a partire da 1,6 m di profondità, per oltrepassare un livello di terreni con basse caratteristiche di resistenza. In tutti i casi il piano di posa delle fondazioni dovrà essere previsto ad una profondità tale da garantire il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza, previa opportune verifiche geotecniche, nel rispetto della Normativa vigente in materia di Costruzioni.

Oltrepassato questo tratto è presente la zona di ristagno idrico superficiale menzionata nel paragrafo 4.5. Dal momento che la pista seguirà la quota del piano campagna, innanzitutto è necessario ripristinare la funzionalità dell'attraversamento stradale sotto la provinciale; inoltre si consiglia di prevedere un adeguato spessore drenante (inerti grossolani) alla base del cassonetto stradale, al fine di evitare cedimenti.

**TRATTO 6 (ponte sul rio Tombarelle)**



**Parametri ricavati dalle prove CPTU 6, CPTU 7, DPM 1 e DPM2**

U. Lit.	Prof. (m)		Descrizione	Qt (MPa)	Fs kPa	Dr (%)	$\phi$ (°)	Ey MPa	Cu kPa	M Ed MPa	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>
	da	a									
TA-R	0,0	0,5 - 0,6	Terrano alterato e/o rimaneggiato a scarsa consistenza di natura argillosa	0,75	31,73	-	-	-	23,25	6,11	16,72
U1	0,5 - 0,6	2,3 - 2,7	Limi	2,07	86,48	-	-	-	89,41	16,84	18,27
U2	2,3 - 2,7	5,0 - 5,2	Argille	1,89	111,98	-	-	-	112,18	15,02	18,52
U3 dx	5,2	rifiuto	Ghiaie	-	-	-	43	53,44	-	-	18,05
U3 sx	5,0	9,0	Intercalazioni sottili di argille e limi a consistenza variabile	3,69	140,07	-	-	-	159,82	29,19	19,04
U4	9,0	10,0	Sabbie limose	13,64	224,55	51	39	134,37	-	46,97	20,17
U5	10,0	11,4	Argille organiche	1,43	61,02	-	-	-	84,85	10,08	17,69
U6	11,4	12,4	Sabbie e ghiaie	10,21	61,62	41	36	79,53	-	36,63	18,34

Dove:

Qt = resistenza alla punta normalizzata

Fs = resistenza laterale

Dr = densità relativa

$\phi^*$  = angolo di resistenza al taglio

Ey = modulo di Young

c<sub>u</sub> = coesione non drenata

M Ed = modulo edometrico

$\gamma$  = peso di volume naturale

#### Indicazioni progettuali:

Le due prove CPTU sono state realizzate nei pressi della sommità delle sponde; in entrambe le prove è stato prelevato un campione indisturbato di terreno per essere sottoposto alle prove di laboratorio. Le prove DPM sono state eseguite in prossimità dell'alveo del rio, sotto il ponte della strada provinciale. Per quanto riguarda i terreni di fondazione, su entrambe le sponde, a partire dalla profondità di 2,3-2,7 metri (unità U2) rispetto alla quota della sommità, si riscontrano idonee caratteristiche di resistenza dei terreni. Sulla sponda in destra idrografica il banco ghiaioso si raggiunge a 5,2 metri di profondità rispetto alla sommità e a 2,6-2,7 metri di profondità rispetto alla quota dell'alveo attuale del rio. Sulla sponda in sinistra idrografica, rispetto alla quota della sommità, il banco ghiaioso (con maggiore componente sabbioso) affiora a oltre 11 metri di profondità, ma a partire da 6,5 metri di profondità sono presenti alternanze di litotipi argillosi e limosi consistenti con buone caratteristiche di resistenza. A tal proposito si rimanda alla sezione geologica della zona del ponte allegata alla presente relazione (Allegato 6).

Per quanto riguarda la determinazione della spinta laterale del terreno sulle strutture di sostegno della passerella in legno, si possono considerare i parametri geotecnici determinati con le prove di laboratorio:

SPONDA	ID CAMPIONE	C' (kPa)	$\phi'$ (°)
destra	CPTU-6/C1	-	32,99
sinistra	CPTU-7/C2	8,08	31,4

Essendo stata riscontrata una disomogeneità stratigrafica fra le due sponde del corso d'acqua si dovranno valutare con attenzione gli eventuali assestamenti differenziali dell'opera e, qualora risultasse necessario, considerare l'opportunità di adottare fondazioni profonde o comunque soluzioni progettuali che consentano il rispetto delle prestazioni progettuali attese in condizioni di esercizio.

#### CONCLUSIONI

La ricostruzione litostratigrafica dei terreni è stata effettuata esclusivamente sulla base delle indagini e valutazioni eseguite per la validazione del modello geologico. Per quanto riguarda il modello geotecnico, il progettista strutturale potrà valutare la necessità di integrare l'indagine con ulteriori analisi e prove certificate.

Sulla base di quanto riscontrato con il presente studio, non sussistono impedimenti di tipo geologico alla realizzazione dell'intervento in progetto, per il quale si esprime giudizio favorevole alla fattibilità.

Se si verificassero localmente delle situazioni litologiche e/o di addensamento dei terreni discordanti da quelle descritte nella presente relazione, occorrerà avvertire lo scrivente che, dopo la valutazione del caso, indicherà gli opportuni interventi.

## 8. Dimensionamento di massima

- ^ verifica muro di sostegno su palificata

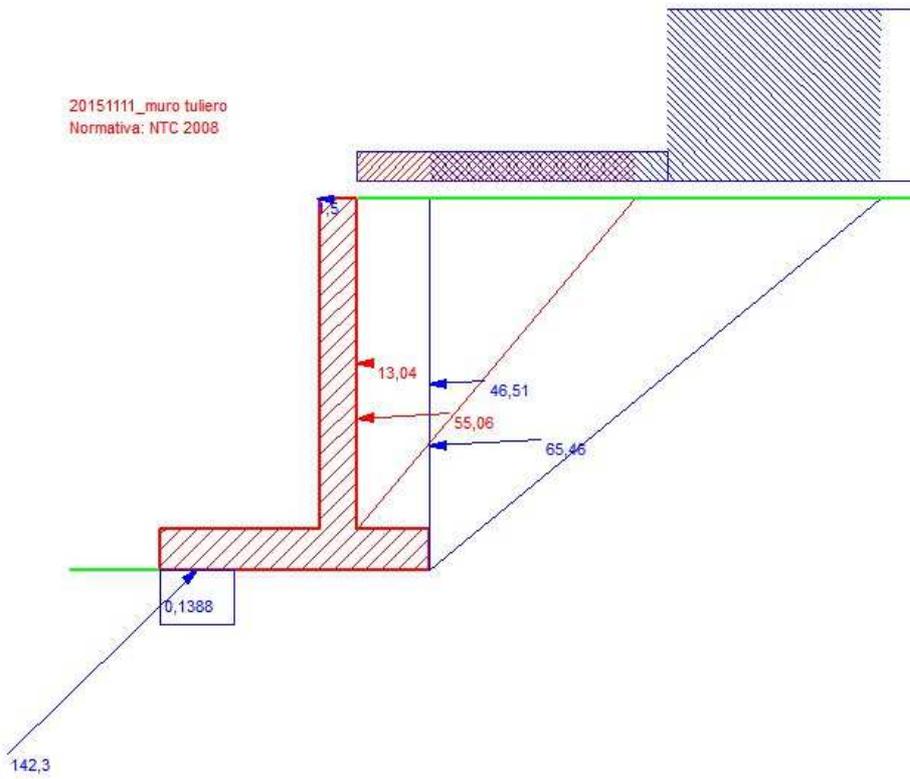


Titolo : 20151111\_muro tuliero

Altezza paraghiaia (m)	h1	<input type="text" value="0"/>	Angolo attrito interno	$\varphi^{\circ}$	<input type="text" value="20"/>	Impalcato Ni <input type="text" value="0"/> dN <input type="text" value="0"/> Vi <input type="text" value="1.5"/> kN												
Spessore paraghiaia (m)	s1	<input type="text" value="0"/>	Ang. attrito terra-muro	$\delta^{\circ}$	<input type="text" value="3"/>													
Inclinazione parete (%)	i	<input type="text" value="0"/>	Ang. attrito fondazione	$\varphi_f^{\circ}$	<input type="text" value="10"/>													
Altezza parete (m)	h2	<input type="text" value="3.2"/>	Peso spec. terre [kN/m3]	$\gamma_t$	<input type="text" value="18"/>	Zoom												
Spessore in testa (m)	s2	<input type="text" value="0.35"/>	Peso spec. muro [kN/m3]	$\gamma_m$	<input type="text" value="25"/>													
Spessore alla base (m)	s3	<input type="text" value="0.35"/>	Dati Sisma	$K_v$	<input type="text" value="0.0090"/>	$K_h$	<input type="text" value="0.0181"/>											
Altezza fondazione (m)	h3	<input type="text" value="0.4"/>	N° lati terreno	<input type="text" value="2"/>														
Sbalzo fond. contro terra	L1	<input type="text" value="0.7"/>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Lungh.</th> <th>Dislivello</th> <th>q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lato 1</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Lato 2</td> <td>2,5</td> <td>0</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>					Lungh.	Dislivello	q	Lato 1	3	0	5	Lato 2	2,5	0	30
	Lungh.	Dislivello	q															
Lato 1	3	0	5															
Lato 2	2,5	0	30															
Larghezza totale fond.	L2	<input type="text" value="2.6"/>	<input type="button" value="Calcolo"/>	<input type="button" value="Visualizza"/>														

<b>Parete</b>		<b>Fondazione</b>							
St	<input type="text" value="55,06"/> kN	<b>Ribaltamento</b>		<b>Scorrimento</b>		<b>Schiacciamento</b>		<b>Sbalzi Fondazione</b>	
Sq	<input type="text" value="13,04"/> kN	St	<input type="text" value="65,46"/> ?1	St	<input type="text" value="59,65"/> ?1	St	<input type="text" value="59,65"/> ?1	M valle	<input type="text" value="106,6"/>
Ss	<input type="text" value="0"/> kN	Sq	<input type="text" value="46,51"/>	Sq	<input type="text" value="40,17"/>	Sq	<input type="text" value="40,17"/>	M monte	<input type="text" value="16,56"/>
Si	<input type="text" value="0"/> kN	Ss	<input type="text" value="0"/>	Ss	<input type="text" value="0"/>	Ss	<input type="text" value="0"/>	$\sigma_{t, valle}$	<input type="text" value="0,1388"/> MPa
M	<input type="text" value="86,06"/> kNm	Si	<input type="text" value="0"/>	Si	<input type="text" value="0"/>	Si	<input type="text" value="0"/>	$\sigma_{t, monte}$	<input type="text" value="0"/>
N	<input type="text" value="28,76"/> kN	Mr	<input type="text" value="154,9"/>	V	<input type="text" value="101,6"/>	M	<input type="text" value="93,72"/>	% comp.	<input type="text" value="27,58"/>
V	<input type="text" value="70,25"/> kN	Ms	<input type="text" value="155,5"/>	N	<input type="text" value="99,54"/>	N	<input type="text" value="99,54"/>	<input type="button" value="Verifiche più gravose"/>	
<input type="text" value="71"/>		Ms/Mr	<input type="text" value="1,004"/>	c. scor.	<input type="text" value="0,1382"/>	V	<input type="text" value="101,6"/>		

20151111\_muro tuliero  
Normativa: NTC 2008



**Dati**

$\varphi = 20^\circ$   
 $\delta = 3^\circ$   
 $\varphi f = 10^\circ$   
 $\gamma t = 18 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma m = 25 \text{ kN/m}^3$   
 $k_h = 0,0181; k_v = 0,009$   
 $N_i = 0$   
 $dN = 0$   
 $V_i = 1,5$   
 $V_r = 1,5$

**Sollecitazioni Parete**

$St = 55,06$   
 $Sq = 13,04$   
 $Ss = 0$   
 $Si = 0$   
 $M = 86,06$   
 $N = 28,76$   
 $V = 70,25$

**Sollecitazioni Fondazione per Ribaltamento**

$St = 65,46$   
 $Sq = 46,51$   
 $Ss = 0$   
 $Si = 0$   
 $Mr = 154,9$

**Verifiche Fondazione**

Sicurezza ribaltamento = 1,004  
Sicurezza scorrimento = 0,1382  
 $M = 93,72$   
 $N = 99,54$   
 $\sigma t, valle = 0,1388 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma t, monte = 0 \text{ N/mm}^2$   
 $M \text{ sbalzo valle} = 106,6$   
 $M \text{ sbalzo monte} = 16,56$

**CARATTERISTICHE**

peso calcestruzzo	gc=	<b>2500</b>	daN/mc
coesione drenata terreno	cu=	<b>0</b>	daN/cm <sup>2</sup>
peso materiale terreno	gt=	<b>1800</b>	daN/mc
angolo di attrito	fi=	<b>20</b>	
carico accidentale	q=	<b>500</b>	daN/mq

altezza parete	h1=	3,20	m
altezza ciabatta	h2=	0,40	m
mensola a valle	A=	1,60	m
spessore parete	B=	0,35	m
mensola a monte	C=	0,70	
lunghezza totale ciabatta a+b+c	D=	2,65	m
peso ciabatta d*h2*gc	Pc=	2650	daN
peso parete b*h1*gc	Pp=	2800	daN
peso terreno su mensola (c*h1*gt)	Pt=	4032	daN
distanza centro palo monte	br palo 2=	0,5	m
diametro palo 2	dp2=	0,4	m
peso palo 2	Pp2=	157	daN
braccio palo 2	brp2=	2,1	m

**VERIFICA RIBALTAMENTO****(EQU)**

braccio ciabatta (d/2)	bc=	1,325	m
braccio parete (a+b/2)	bp=	1,775	m
braccio terreno (a+b+c/2)	bt=	2,3	m
g permanenti favorevoli	gperm=	0,9	
g perm sfavorevoli (terreno)	gperms=	1,1	

**calcolo della spinta**

coefficiente sicurezza fi	G=	1,25	
fi per verifica di equilibrio arctan(tanfi/g)	fi=	16,23	
	(45-fi/2)=	36,88	
ka=tan <sup>2</sup> (45-fi/2)	ka=	0,56	
h1=q/gt	h1=	0,42	m
gaccidentali	gacc=	1,5	
S=1/2 * gt * (h1+h2) <sup>2</sup> * Ka*(1+2h1/h)		<b>8896</b>	daN
braccio della spinta (h1+h2)/3	bs=	1,20	m
spinta su parapetto	q1=	150	daN/m
braccio (bp=h1+h2h parapetto)	bp=	4,7	m
braccio palo 2	brp2=	37,445878936	m
momento stabilizzante	<b>MS=</b>	<b>16276</b>	<b>daNm</b>
momento ribaltante	<b>MR=</b>	<b>14935</b>	<b>daNm</b>
coefficiente sicurezza	<b>MS/MR=</b>	<b>1,09</b>	

## CARICO SU PALI (GEO)

distanza centro palo valle da parete	brp 1=	1,4	m
distanza centro palo monte	brp 2=	0,5	m
braccio ciabatta (d/2)	bc=	0,35	m
braccio parete (a+b/2)	bp=	1,4	m
braccio terreno (brpalo1+b+c/2)	bt=	2,1	m
lunghezza palo 2	L2=	1,9	m
diámetro palo 2	dp2=	0,4	m
peso palo 2	Pp2=	596,6	daN
braccio palo 2	brp2=	1,9	m
g permanenti favorevoli	gperm=	1	
g perm sfavorevoli (terreno)	gperms=	1,3	
coefficiente sicurezza fi	G=	1	
fi arctan(tanfi/g)	fi=	20,00	
	(45-fi/2)=	35,00	
ka=tan^2 (45-fi/2)	ka=	0,49	
h1=q/gt	h1=	0,36	m
gaccidentali	gacc=	1,3	
S=1/2 * gt * (h1+h2)^2 * Ka*(1+2h1/h)		<b>8926</b>	daN
braccio della spinta (h1+h2)/3	bs=	1,20	m
spinta su parapetto	q1=	150	daN/m
braccio (bp=h1+h2h parapetto)	bp=	4,7	m
momento stabilizzante	<b>MS=</b>	<b>13315</b>	<b>daNm</b>
momento ribaltante	<b>MR=</b>	<b>14841</b>	<b>daNm</b>
coefficiente sicurezza	<b>MS/MR=</b>	<b>0,90</b>	
interasse pali	i=	1,2	m
<b>reazione vincolare su palo 2 (MS-MR)/brp2</b>	<b>V1=</b>	<b>-964</b>	<b>daN</b>
<b>reazione vincolare su palo 1</b>	<b>V2=</b>	<b>9689</b>	<b>daN</b>
<b>MOMENTI MASSIMI AL MURO</b>			
mensola a valle Mm=V2*brp1	<b>Mm=</b>	<b>13564</b>	<b>daNm</b>
momento massimo alla parete Mp=S*Bs	<b>Mp=</b>	<b>10578</b>	<b>daNm</b>
spinta in mezzaria	S'=	2131	daN
braccio in mezzaria	bs'=	0,53	m
momento alla parete in mezzaria	<b>Mp'=</b>	<b>3655</b>	<b>daNm</b>
moemnto massimo alla trave di collegamento pali q1^2/10	<b>Mt=</b>	<b>1395</b>	<b>daNm</b>

verifica mensola a valle

Verifica C.A. S.L.U. - File

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	14,07	35
2	8,04	5

Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN

M<sub>xEd</sub>   kNm

M<sub>yEd</sub>

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup>

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

Tipo Sezione

Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.

Sezione C.A.

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd

L<sub>0</sub>  cm

Materials

B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰

f<sub>yd</sub>  N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>  ‰

E<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?

ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>

σ<sub>s,adm</sub>  N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>

verifica parete

Verifica C.A. S.L.U. - File

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	35

N°	As [cm²]	d [cm]
1	11,97	30
2	3,93	5

Sollecitazioni

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN

M<sub>xEd</sub>   kNm

M<sub>yEd</sub>

P.to applicazione N

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup>

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

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.

Calcola MRd

L<sub>0</sub>  cm

Materials

B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰

f<sub>yd</sub>  N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>  ‰

E<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?

ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>

σ<sub>s,adm</sub>  N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>

verifica parete mezzaria

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	35

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,93	30
2	3,93	5

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Materiali

B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$ 67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391,3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3,5 ‰
$E_s$ 200.000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 14,17
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0,8 ?
$\epsilon_{syd}$ 1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9,75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0,6
	$\tau_{c1}$ 1,829

M<sub>xRd</sub> 50,38 kN m

$\sigma_c$  -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  35,78 ‰  
 d 30 cm  
 x 2,673 x/d 0,08911  
 $\delta$  0,7

### ^ verifica a scorrimento

forza massima a scorrimento: 101KN  
 trascuro attrito terreno ciabatta e assegno tutte le forze ai pali.  
 Adotto 2 pali /120  
 RVEd a taglio palo per rottura tipo palo intermedio 65,71 KN  
 RVEd= 65,71\*2/1,2=109,5 KN  
**verificato**

▲ verifica trave di collegamento palificata

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,03	35
2	6,03	5

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

Sezione C.A.  
 File

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd

L<sub>0</sub>  cm

Materiali

B450C		C25/30	
ε <sub>su</sub>	67,5 ‰	ε <sub>c2</sub>	2 ‰
f <sub>yd</sub>	391,3 N/mm²	ε <sub>cu</sub>	3,5 ‰
E <sub>s</sub>	200.000 N/mm²	f <sub>cd</sub>	14,17
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0,8
ε <sub>syd</sub>	1,957 ‰	σ <sub>c,adm</sub>	9,75
σ <sub>s,adm</sub>	255 N/mm²	τ <sub>co</sub>	0,6

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 20,76 ‰  
 d 35 cm  
 x 5,049 x/d 0,1442

^ verifica muro di sostegno per altezza massima 190cm

Muro/Spalla - Unità di misura [kN, m] - File: 20151111\_sezione c1

File Armature Impostazioni Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : 20151111\_muro tuliero

Altezza paraghiaia (m) h1 0 Angolo attrito interno  $\varphi^{\circ}$  20  
 Spessore paraghiaia (m) s1 0 Ang. attrito terra-muro  $\delta^{\circ}$  3  
 Inclinazione parete (%) i 0 Ang. attrito fondazione  $\varphi_f^{\circ}$  15  
 Altezza parete (m) h2 1,8 Peso spec. terre [kN/m3]  $\gamma_t$  18  
 Spessore in testa (m) s2 0,35 Peso spec. muro [kN/m3]  $\gamma_m$  25  
 Spessore alla base (m) s3 0,35 Dati Sisma  $K_v$  0,0090  $K_h$  0,0181

Impalcato  
 Ni 0 dN 0  
 Vi 1,5 kN

Zoom

Altezza fondazione (m) h3 0,4 N° lati terreno 2

	Lungh.	Dislivello	q
Lato 1	3	0	5
Lato 2	2,5	0	30

Sbalzo fond. contro terra L1 0,8  
 Larghezza totale fond. L2 2,2

Calcolo Visualizza

**Parete**

St 17,42 kN  
 Sq 7,332 kN  
 Ss 0 kN  
 Si 0 kN  
 M 20,85 kNm  
 N 15,47 kN  
 V 26,97 kN  
 ?1

**Fondazione**

Ribaltamento		Scorrimento		Schiacciamento	
St	26,02 ?1	St	23,66 ?1	St	23,66 ?1
Sq	8,962	Sq	7,767	Sq	7,767
Ss	0	Ss	0	Ss	0
Si	0	Si	0	Si	0
Mr	29,82	V	33,33	M	8,226
Ms	81,13	N	65,31	N	65,31
Ms/Mr	2,720	c. scor.	0,4200	V	33,33

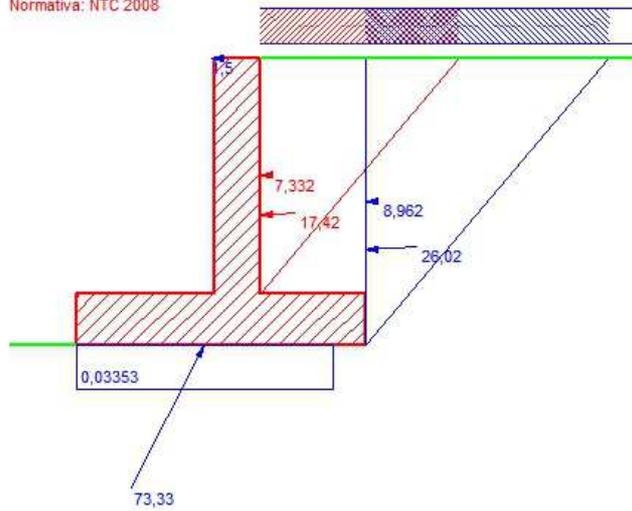
Sbalzi Fondazione

M valle 12,97  
 M monte 8,532

$\sigma_{t, valle}$  0,03353 MPa  
 $\sigma_{t, monte}$  0  
 % comp. 88,55

Verifiche più gravose

20151111\_muro tuliero  
Normativa: NTC 2008



**Dati**

$\phi = 20^\circ$   
 $\delta = 3^\circ$   
 $\phi f = 15^\circ$   
 $\gamma t = 18 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma m = 25 \text{ kN/m}^3$   
 $kh = 0,0181; kv = 0,009$   
 $Ni = 0$   
 $dN = 0$   
 $Vi = 1,5$   
 $Vl = 1,5$

**Sollecitazioni Parete**

$St = 17,42$   
 $Sq = 7,332$   
 $Ss = 0$   
 $Si = 0$   
 $M = 20,85$   
 $N = 15,47$   
 $V = 26,97$

**Sollecitazioni Fondazione per Ribaltamento**

$St = 26,02$   
 $Sq = 8,962$   
 $Ss = 0$   
 $Si = 0$   
 $Mr = 29,82$

**Verifiche Fondazione**

Sicurezza ribaltamento = 2,720  
Sicurezza scorrimento = 0,4200  
 $M = 8,226$   
 $N = 65,31$   
 $\sigma t, valle = 0,03353 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma t, monte = 0 \text{ N/mm}^2$   
 $M \text{ sbalzo valle} = 12,97$   
 $M \text{ sbalzo monte} = 8,532$

**CARATTERISTICHE**

peso calcestruzzo	gc=	<b>2500</b>	daN/mc
coesione drenata terreno	cu=	<b>0</b>	daN/cm <sup>2</sup>
peso materiale terreno	gt=	<b>1800</b>	daN/mc
angolo di attrito	fi=	<b>20</b>	
carico accidentale	q=	<b>500</b>	daN/mq

altezza parete	h1=	1,90	m
altezza ciabatta	h2=	0,35	m
mensola a valle	A=	1,05	m
spessore parete	B=	0,35	m
mensola a monte	C=	0,90	
lunghezza totale ciabatta a+b+c	D=	2,3	m
peso ciabatta d*h2*gc	Pc=	2012,5	daN
peso parete b*h1*gc	Pp=	1662,5	daN
peso terreno su mensola (c*h1*gt)	Pt=	3078	daN
distanza centro palo monte	br palo 2=	0	m
diámetro palo 2	dp2=	0	m
peso palo 2	Pp2=	0	daN
braccio palo 2	brp2=	0	m

**VERIFICA RIBALTAMENTO**

<b>(EQU)</b>	<b>M2</b>	
braccio ciabatta (d/2)	bc=	1,15 m
braccio parete (a+b/2)	bp=	1,225 m
braccio terreno (a+b+c/2)	bt=	1,85 m
g permanenti favorevoli	gperm=	0,9
g perm sfavorevoli (terreno)	gperms=	1,1

**calcolo della spinta**

coefficiente sicurezza fi	G=	1,25	
fi per verifica di equilibrio arctan(tanfi/g)	fi=	16,23	
	(45-fi/2)=	36,88	
ka=tan <sup>2</sup> (45-fi/2)	ka=	0,56	
h1=q/gt	h1=	0,42	m
gaccidentali	gacc=	1,5	
S=1/2 * gt * (h1+h2) <sup>2</sup> * Ka*(1+2h1/h)		<b>3867</b>	daN
braccio della spinta (h1+h2)/3	bs=	0,75	m
spinta su parapetto	q1=	150	daN/m
braccio (bp=h1+h2h parapetto)	bp=	3,35	m
braccio palo 2	brp2=	37,445878936	m
<b>momento stabilizzante</b>	<b>MS=</b>	<b>9041</b>	<b>daNm</b>
<b>momento ribaltante</b>	<b>MR=</b>	<b>4524</b>	<b>daNm</b>
<b>coefficiente sicurezza</b>	<b>MS/MR=</b>	<b>2,00</b>	

VERIFICA SCORRIMENTO			
	(STR)	apporccio2	M1
g permanenti favorevoli	gperm=	1	
g perm sfavorevoli	gperms=	1,3	
calcolo della spinta			
coefficiente sicurezza fi	G=	1	
fi per verifica di equilibrio arctan(tanfi/g)	fi=	20,00	
	(45-fi/2)=	35,00	
ka=tan^2 (45-fi/2)	ka=	0,49	
h1=q/gt	h1=	0,42	m
gaccidentali	gacc=	1,5	
S=1/2 * gt * (h1+h2)^2 * Ka*(1+2h1/h)		<b>3980</b>	daN
spinta su parapetto	q1=	150	daN/m
<b>SPINTA TOTALE</b>	<b>S=</b>	<b>4205</b>	<b>daN</b>

VERIFICA SCORRIMENTO CON DENTE			
angolo di scorrimento	A=	15	°
N totale muro	P=	6753	daN
spinta terreno totale	S=	4205	daN
peso su piano inclinato (Pcosa+S sina)	P'=	7611	
<b>spinta su piano inclinato (Scos a-Psin a)</b>	<b>S'=</b>	<b>2314</b>	<b>daN</b>
S*1,1	<b>S=</b>	<b>2545</b>	daN
angolo di attrito terreno fondazione	fit=	20	
<b>attrito totale (P*tan fit)</b>	<b>A=</b>	<b>2770</b>	<b>daN</b>
<b>Attrito massimo totale con coefficiente 0,5</b>	<b>Amax=</b>	<b>3806</b>	<b>daN</b>
	<b>R3 COEFF. SIC</b>	<b>1,1</b>	

VERIFICA A SCHIACCIAMENTO			
eccentricità (MS-MR)/P	e=	0,67	m
	L/6	0,38	m
MS-MR	M=	4517	daNm
peso totale	P=	6753	daN
eccentricità (MS-MR)/P	e=	0,6688401197	m
	L/6	0,3833333333	m
<b>per e&lt;L/6</b>			
<b>pmax=N/B*H+6M/BH^2</b>	<b>pmax=</b>	<b>0,81</b>	<b>daN/cmq</b>
<b>pmin=N/B*H-6M/BH^2</b>	<b>pmax=</b>	<b>-0,22</b>	<b>daN/cmq</b>
<b>per e&gt;L/6</b>			
u=b/2-e	u=	0,4811598803	m
<b>pmax=2N/3Bu</b>	<b>pmax=</b>	<b>0,94</b>	<b>daN/cmq</b>

Faenza, 02 Dicembre 2015

Il Progettista Strutturale

Ing. Daniela Leopardi