

S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

VARIANTE TECNICA N°4

ai sensi dell'art. 176, comma 5, secondo periodo lettera "a" e lettera "b", del D.Lgs. N. 163/2006 e Art. 11 del CSA-NG

CONTRAENTE GENERALE



DIRETTORE DEI LAVORI  
Ing. CARLO DAMIANI

LAVORI DI RISANAMENTO  
DELLA VIA BORREMANS  
DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

MP.01 RELAZIONE DI CALCOLO

Empedocle 2 s.c.p.a.

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

6757- 63

Codice Elaborato:

PA12\_09 - V 0 0 0 G E 2 0 4 U P 0 5 6 C L 0 0 4 B

Scala:

F						
E						
D						
C						
B	Aprile 2021	AGGIORNAMENTO CARTIGLIO	G. QUARANTA	S. QUARANTA	A. ANTONELLI	A. FINAMORE
A	Dicembre 2018	EMISSIONE	G. QUARANTA	A. ANTONELLI	A. ANTONELLI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

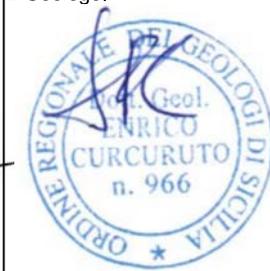
Il Progettista:



Il Consulente Progettista:



Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza:



Il Direttore dei Lavori:



Responsabile del procedimento: Ing. LUIGI MUPO



## Sommario

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>1</b>
1.1	PREMESSA .....	1
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>3</b>
3.1	TRATTO 1 .....	4
3.2	TRATTO 2 .....	6
3.3	TRATTO 3 .....	8
3.4	TRATTO 4 .....	10
3.5	TRATTO 5 .....	12
3.6	TRATTO 6 .....	14
<b>4</b>	<b>STRATIGRAFIE TERRENI .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>VERIFICHE EFFETTUATE .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>20</b>
6.1	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI.....	20
6.2	CALCESTRUZZI .....	21
6.2.1	<i>Magrone di Fondazione .....</i>	<i>22</i>
6.2.2	<i>Strutture in elevazione e in fondazione.....</i>	<i>22</i>
6.3	ACCIAIO .....	23
6.3.1	<i>Acciaio d'armatura.....</i>	<i>23</i>
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>25</b>
7.1	CARICO ACCIDENTALE (Q1) .....	25
7.1.1	<i>Muro H=4.00 ml .....</i>	<i>26</i>
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>28</b>
<b>9</b>	<b>PARAMETRI DI VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....</b>	<b>30</b>
<b>10</b>	<b>STRUMENTI DI CALCOLO .....</b>	<b>31</b>
10.1	TIPO DI ANALISI SVOLTA.....	31
10.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO .....	31
10.2.1	<i>Affidabilità dei codici di calcolo.....</i>	<i>31</i>
10.2.2	<i>Modalità di presentazione dei risultati .....</i>	<i>32</i>
10.2.3	<i>Informazioni generali sull'elaborazione .....</i>	<i>32</i>
10.2.4	<i>Giudizio motivato di accettabilità dei risultati .....</i>	<i>32</i>
<b>11</b>	<b>TABULATI DI CALCOLO .....</b>	<b>33</b>
11.1	IMPOSTAZIONI E LE METODOLOGIE DI CALCOLO .....	33
11.2	VERIFICA MURO TIPO M0.1 .....	43
11.3	VERIFICA STABILITA' MURO TIPO M0.1 .....	50
11.3.1	<i>Premessa .....</i>	<i>50</i>
11.3.2	<i>Tabulati.....</i>	<i>50</i>
11.4	VERIFICA MURO TIPO M0.2 .....	57
11.5	VERIFICA STABILITA' MURO TIPO M0.2 .....	64
11.5.1	<i>Premessa .....</i>	<i>64</i>
11.5.2	<i>Tabulati.....</i>	<i>64</i>
11.6	VERIFICA PARTICOLARE PARAMENTO .....	66



## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

**[1] Legge nr. 1086 del 05/11/1971.**

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

**[2] Legge nr. 64 del 02/02/1974.**

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

**[3] D.M. LL.PP. del 11/03/1988.**

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

**[4] D.M. LL.PP. del 14/02/1992.**

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

**[5] D.M. 9 Gennaio 1996**

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

**[6] D.M. 16 Gennaio 1996**

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

**[7] D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

**[8] Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**

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

**[9] Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

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

**[10] Circolare 617 del 02/02/2009**

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

**[11] D.M. 17 Gennaio 2018**

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

**[12] Circolare N.7 del 21/01/2019**

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al D.M 17 gennaio 2018

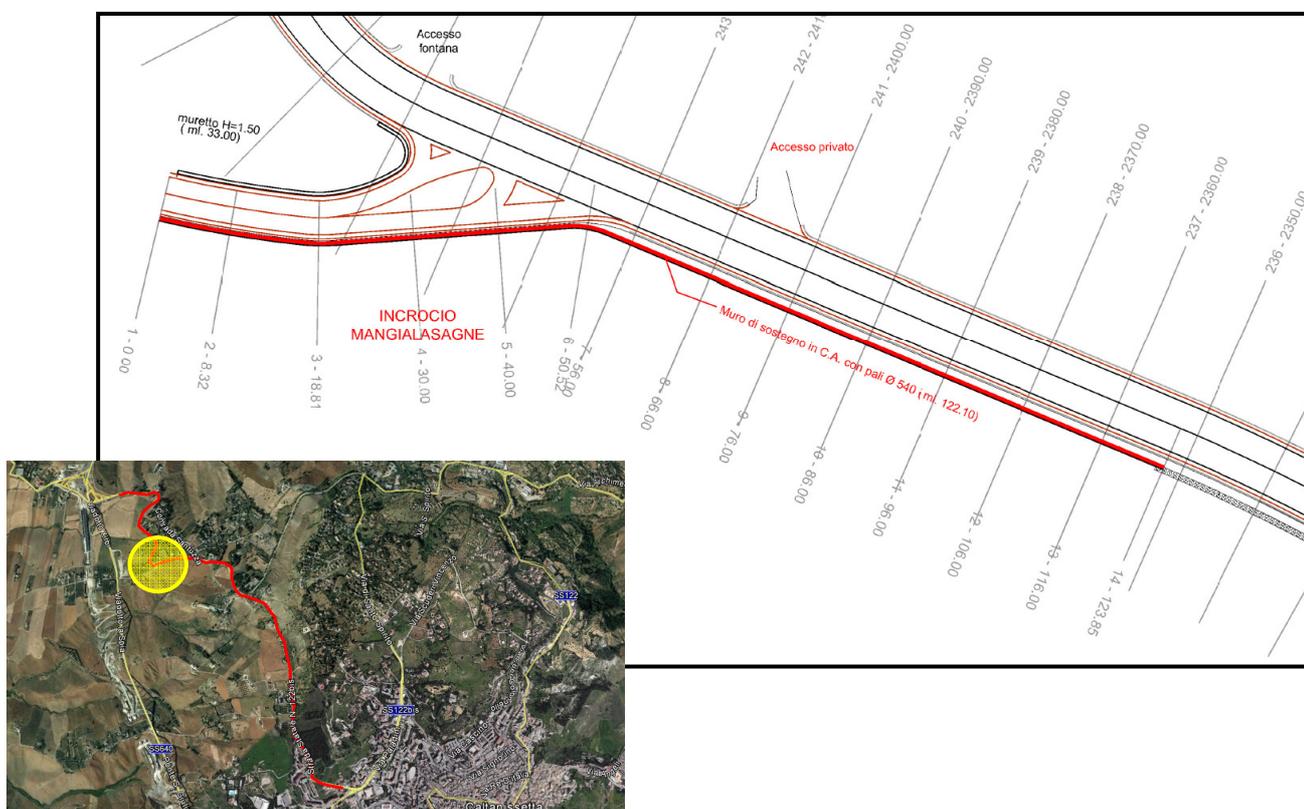
### 3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le opere in progetto saranno realizzate a protezione dell'incrocio Mangialasagne e l'asse principale.

Il muro in oggetto si svilupperà tra la sezione n°236 dell'asse principale (progressiva 2370 lato sinistro p.c.) e la sezione 1 del profilo Mangialasagne, per uno sviluppo di circa 120,00 m, secondo due distinte tipologie, rispettivamente individuate con i codici: **M.01 e M.02.**

I muri di contenimento tipo **M.01** saranno fondati su 3 pali di lunghezza 15,00ml posti ad interasse pari a 1,65 ml, la fondazione avrà spessore di 0.90 m, il paramento di altezza variabile avrà spessore di 60 cm per i primi due metri e di 30 cm per i successivi.

I muri di contenimento tipo **M.02** saranno fondati su 2 pali di lunghezza 15,00 ml posti ad interasse pari a 1,60 ml, la fondazione avrà spessore di 0.65 m, il paramento di altezza variabile avrà spessore di 50 cm per una altezza di un metro e cinquanta centimetri e di 30 cm per i successivi.



2 - Inquadramento interventi

Il muro in oggetto esecutivamente sarà separato in 6 tratti così costituiti:

- Tratto 1 16.00 ml a partire dalla progressiva 0.00 sez.1 profilo mangialasagne;
- Tratto 2 12 ml a partire dalla progressiva 16.00 profilo mangialasagne ;
- Tratto 3 24 ml a partire dalla progressiva 28.00 profilo mangialasagne .
- Tratto 4 24 ml a partire dalla progressiva 52.00 profilo mangialasagne .
- Tratto 5 24 ml a partire dalla progressiva 86.00 profilo mangialasagne .
- .Tratto 6 22 ml a partire dalla progressiva 108.00 profilo mangialasagne fino alla paratia PA.02

### 3.1 Tratto 1

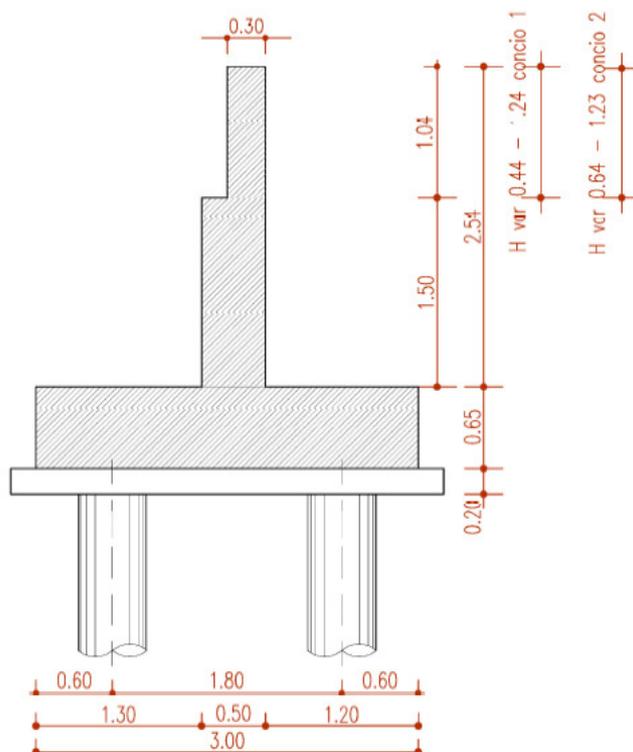
Il tratto 1 è costituito da 2 parti di lunghezza pari a 10.00 ml, 6.00 ml di due diverse tipologie:

- Concio tipo 1 Muro tipo **M.02** su 2 pali, 1 tratto curvilineo ad altezza variabile da 1.94 m a 2.74;
- Concio tipo 2 Muro tipo **M.02** su 2 pali, 1 tratto ad altezza variabile da 2.14 m a 2.73;

I muri saranno fondati su 2 pali di lunghezza 15,00 ml posti ad interasse pari a 1,60 ml, la fondazione avrà spessore di 0.65 m, il paramento di altezza variabile avrà spessore di 50 cm per una altezza di un metro e cinquanta centimetri e di 30 cm per i successivi.

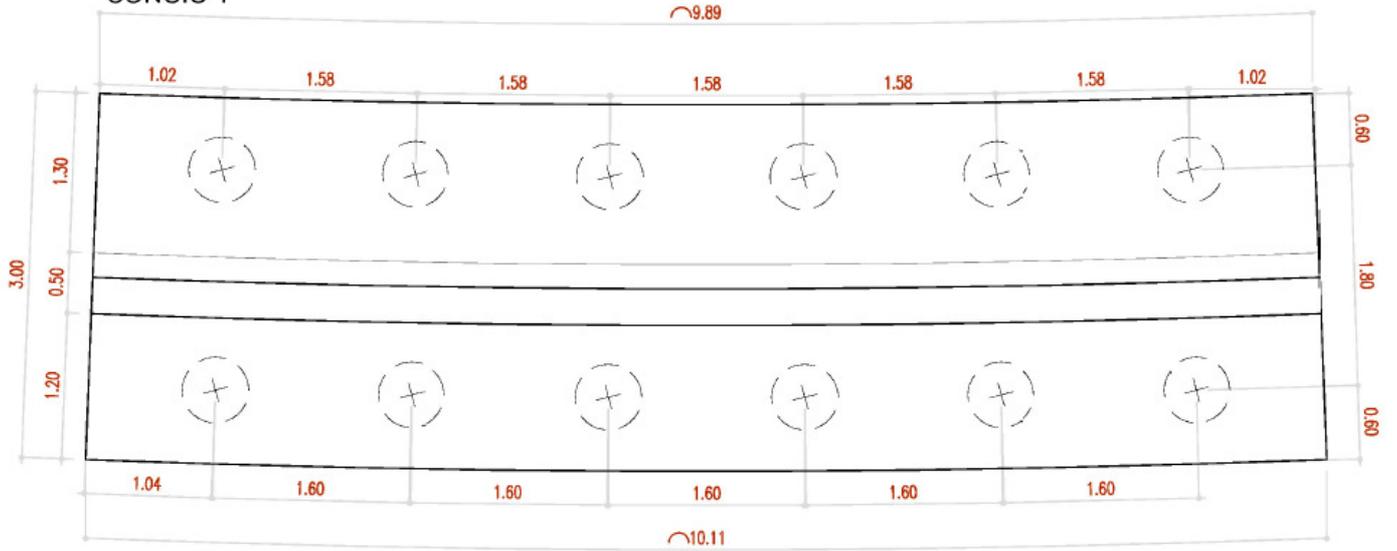
Nelle figure seguenti sono riportate le carpenterie delle due tipologie.

#### MURO TRATTO 1

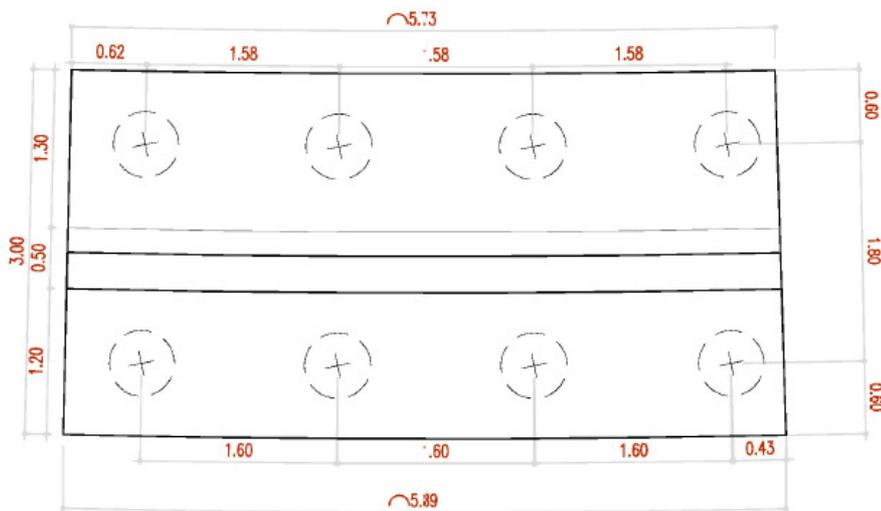


3 - Carpenteria Sezione tipo Tratto 1: Sezione

MURO Tratto 1  
CONCIO 1



MURO Tratto 1  
CONCIO 2



4 - Carpeteria Concio tipo Tratto 1: pianta Concio 1, pianta Concio 2

### 3.2 Tratto 2

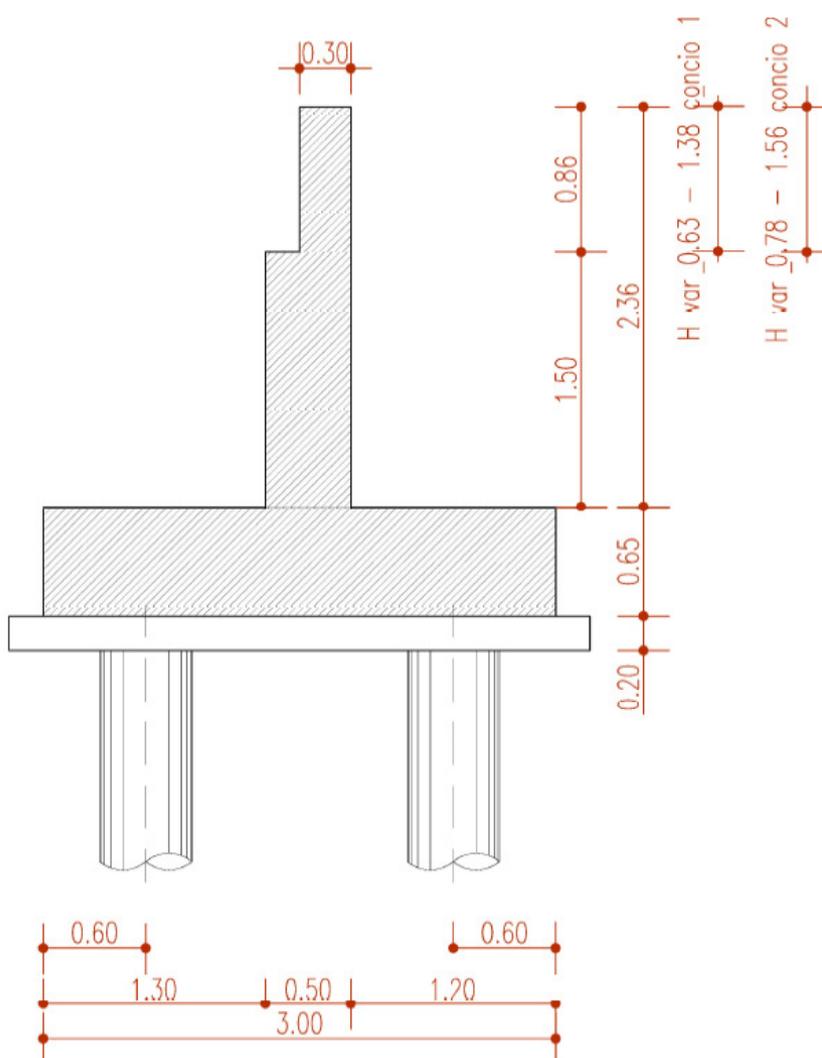
Il tratto 2 ha una lunghezza complessiva di 12 ml ed è costituito da 2 tratti di 6,00 m di due diverse tipologie:

- Concio 1 Muro tipo **M.02** su 2 pali 1 tratto curvilineo ad altezza variabile da 2.13 m a 2.88 m ;
- Concio 2 Muro tipo **M.02** su 2 pali 1 tratto ad altezza variabile da 2.28 m a 3.06 m ;

I muri saranno fondati su 2 pali di lunghezza 15,00 ml posti ad interasse pari a 1,60 ml, la fondazione avrà spessore di 0.65 m, il paramento di altezza variabile avrà spessore di 50 cm per una altezza di un metro e cinquanta centimetri e di 30 cm per i successivi.

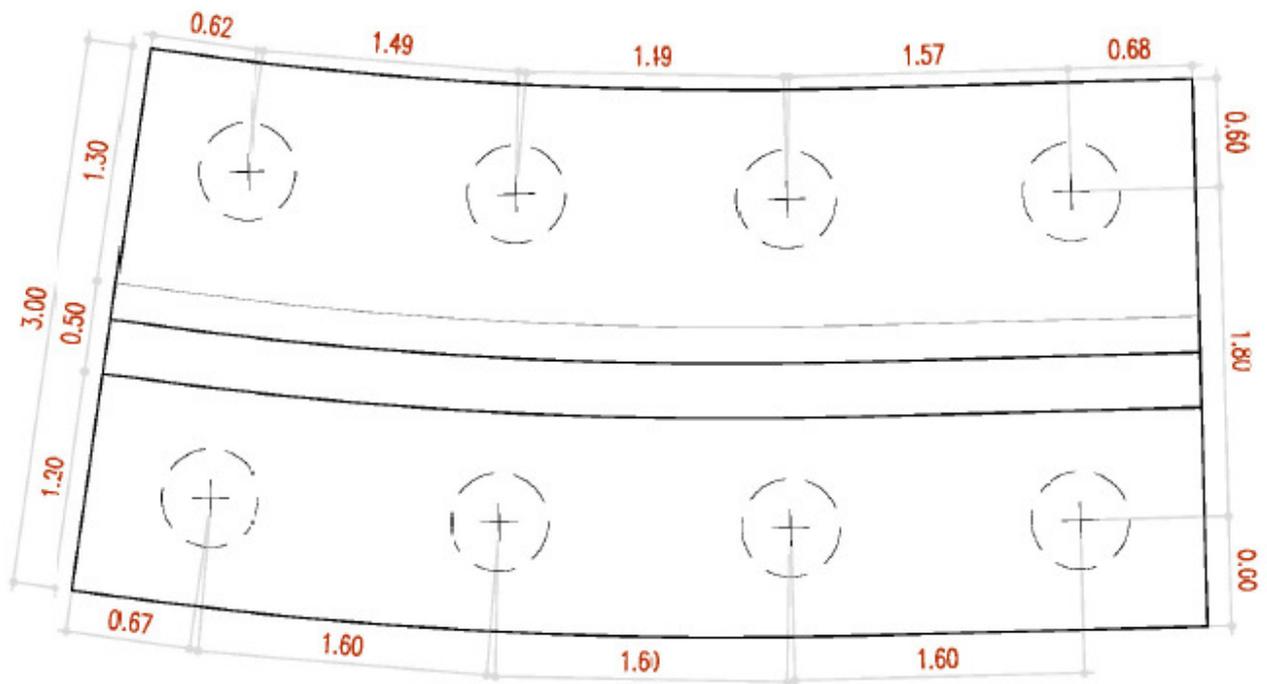
Nelle figure seguenti sono riportate le carpenterie delle due tipologie.

#### MURO TRATTO 2

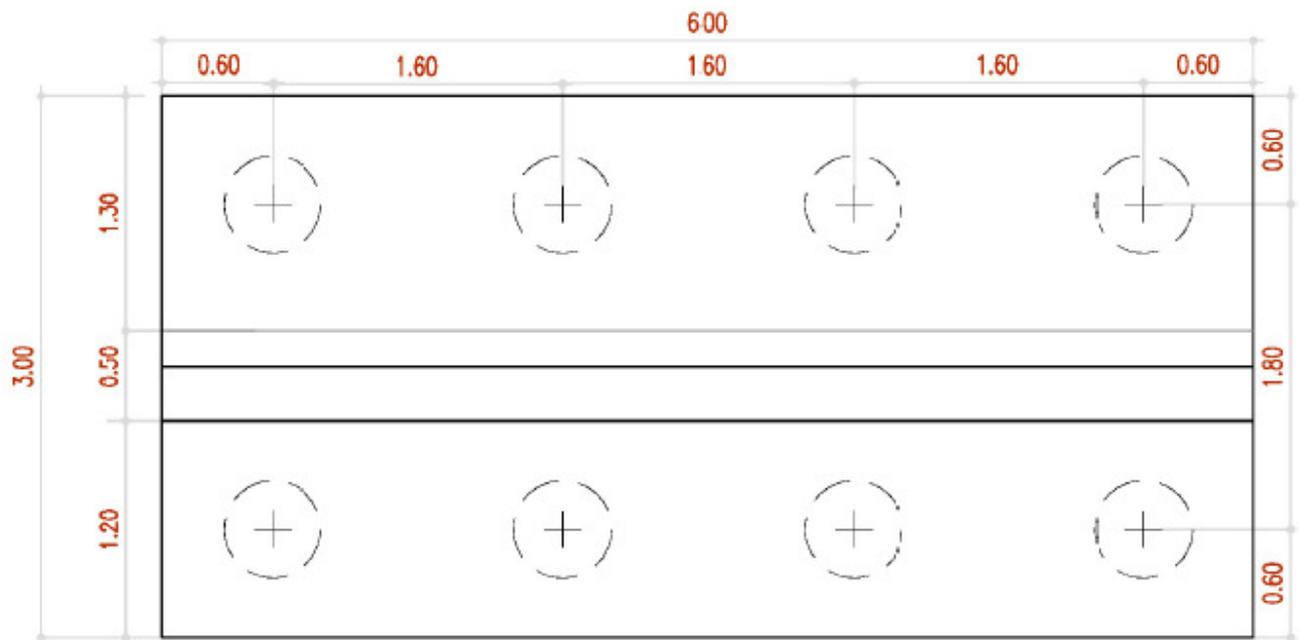


5 - Carpenteria Sezione tipo Tratto 2: Sezione

**MURO TRATTO 2 – CONCIO 1**



**MURO TRATTO 2 – CONCIO 2**



6 - Carpenteria Concio tipo Tratto 2: pianta Concio 1, pianta Concio 2

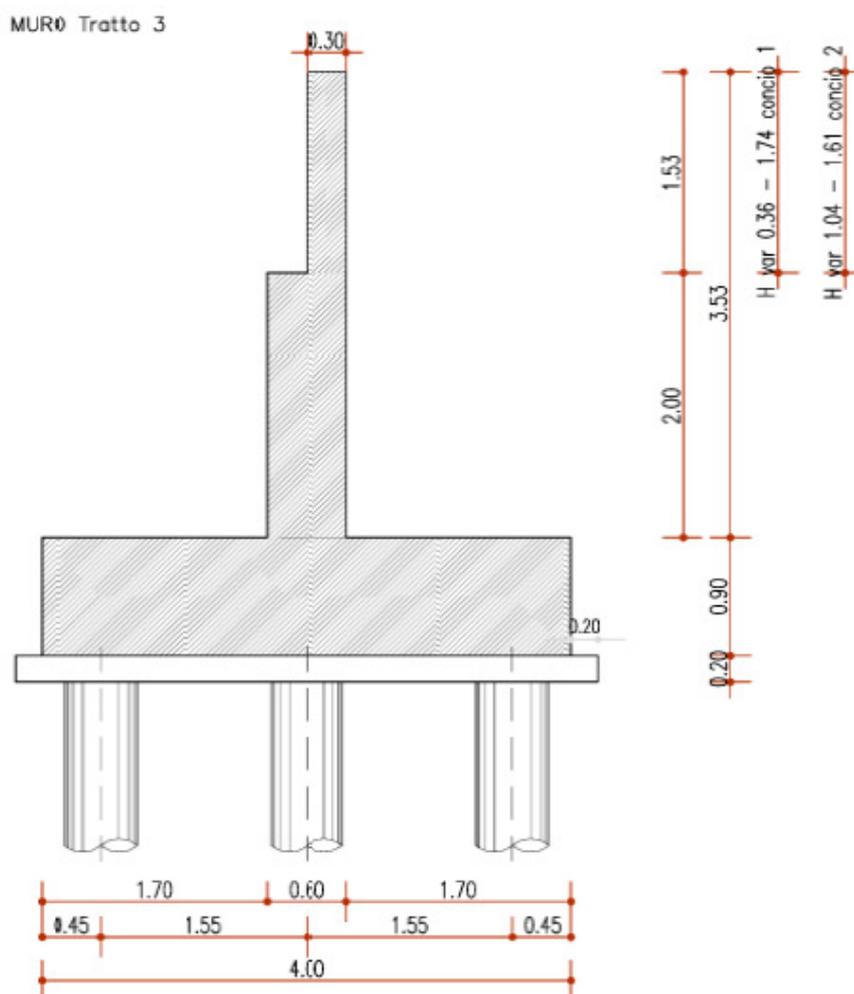
### 3.3 Tratto 3

Il tratto 3 ha una lunghezza complessiva di 24 ml ed è costituito da 2 tratti di 12,00 m di due diverse tipologie:

- Concio 1 Muro su 3 pali tipo **M.01**, 1 tratto ad altezza variabile da 2.36 m a 3.74 m ;
- Concio 2 Muro su 3 pali tipo **M.01**, 1 tratto curvilineo ad altezza variabile da 3.04 m a 3.61 m;

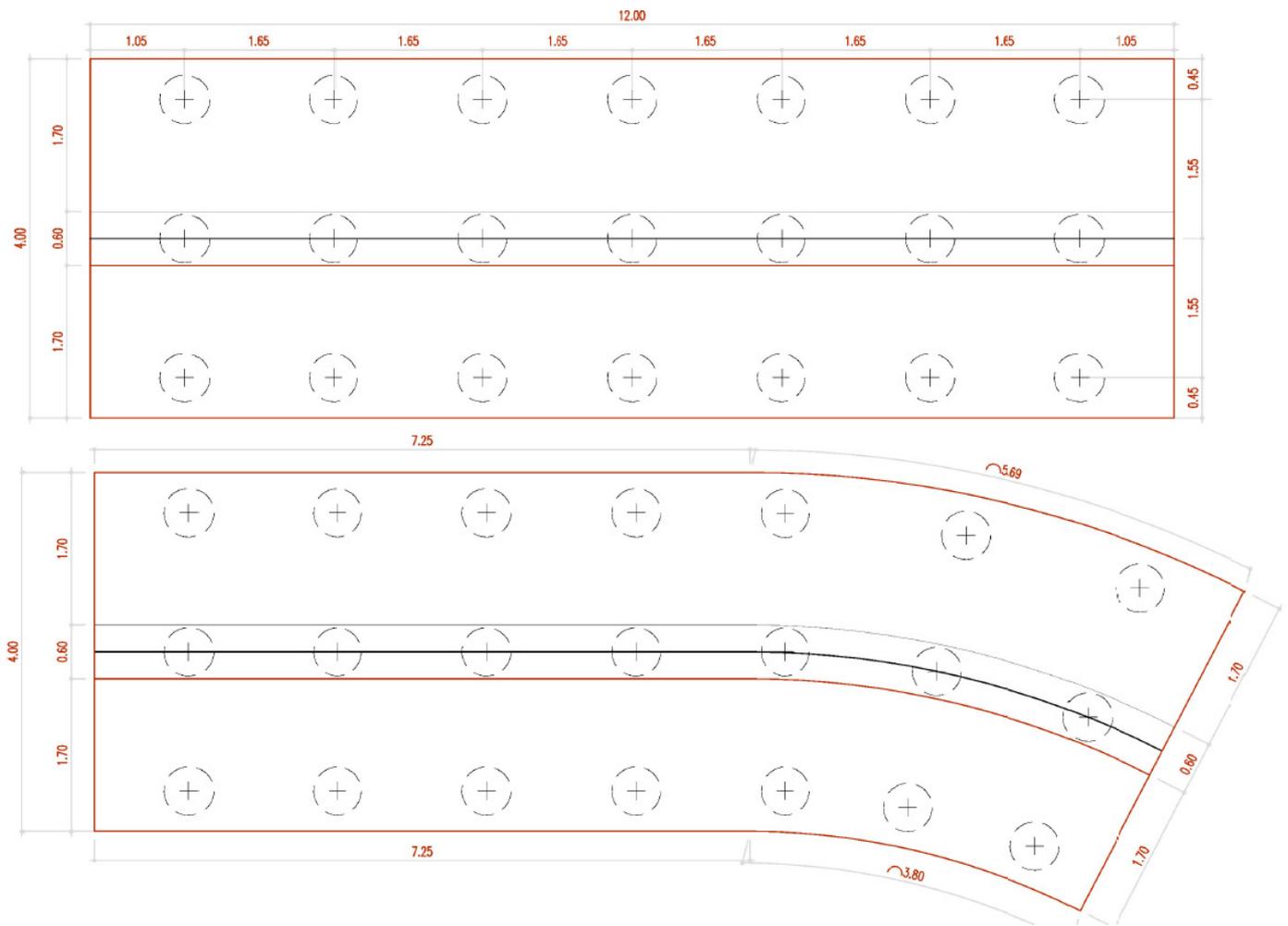
I muri saranno fondati su 3 pali di lunghezza 15,00 ml posti ad interasse pari a 1,65 ml, la fondazione avrà spessore di 0.90 m, il paramento di altezza variabile avrà spessore di 60 cm per i primi due metri e di 30 cm per i successivi.

Nelle figure seguenti sono riportate le carpenterie delle due tipologie.



7 - Carpenteria Sezione tipo Tratto3: Sezione

**MURO TRATTO 3 – CONCIO 1 e CONCIO 2**



8 - Carpenteria Concio tipo Tratto 3: pianta Concio 1, pianta Concio 2

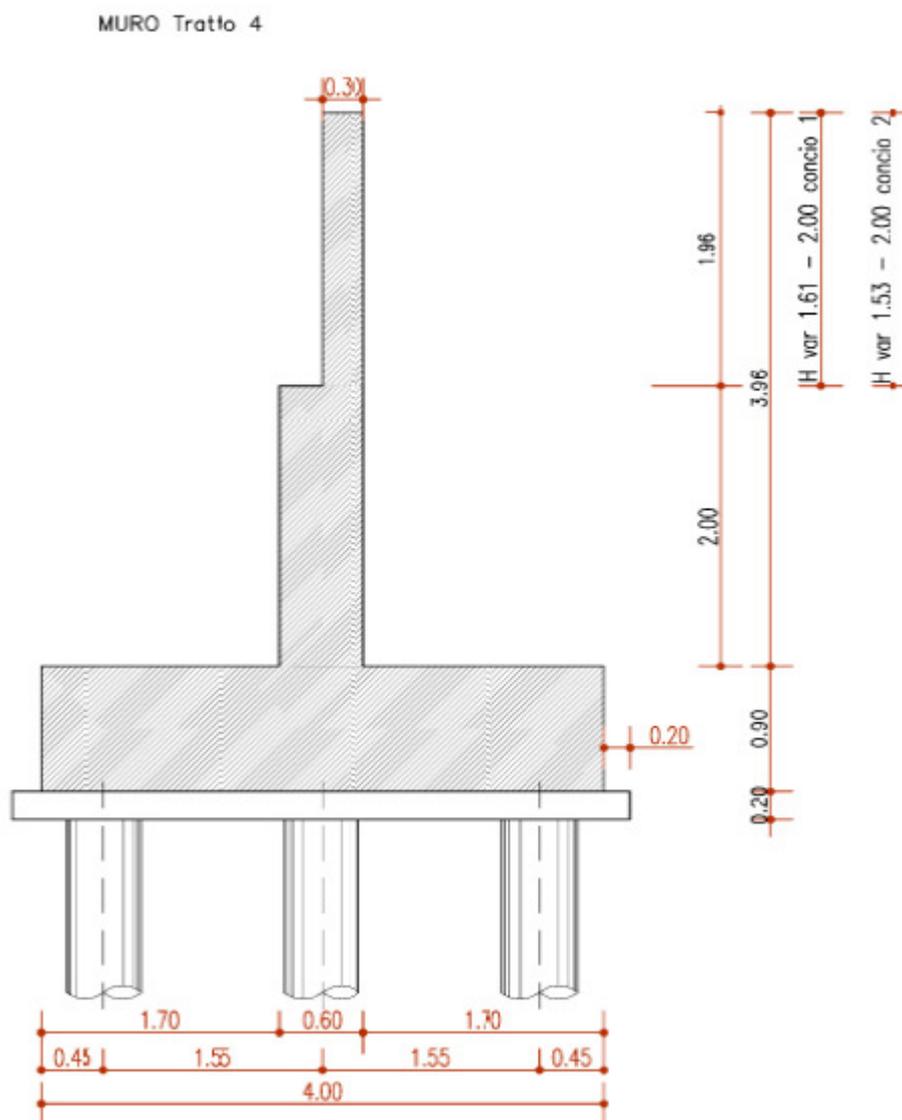
### 3.4 Tratto 4

Il tratto 4 ha una lunghezza complessiva di 24 ml ed è costituito da 2 tratti di 12,00 m di della stessa tipologia:

- Concio 1 Muro su 3 pali tipo **M.01**, 1 tratto ad altezza variabile da 3.61 m a 4.00 m ;
- Concio 2 Muro su 3 pali tipo **M.01**, 1 tratto ad altezza variabile da 3.57 m a 4.00 m ;

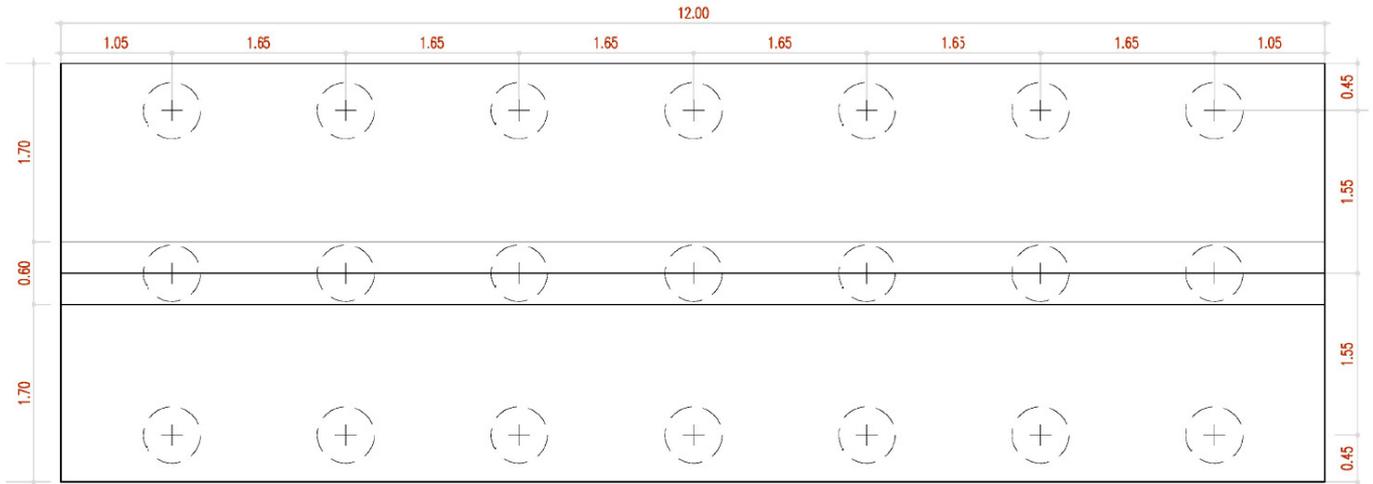
I muri saranno fondati su 3 pali di lunghezza 15,00 ml posti ad interasse pari a 1,65 ml, la fondazione avrà spessore di 0.90 m, il paramento di altezza variabile avrà spessore di 60 cm per i primi due metri e di 30 cm per i successivi.

Nelle figure seguenti sono riportate le carpenterie delle due tipologie.



9 - Carpenteria Sezione tipo Tratto4: Sezione

**MURO TRATTO 4 – CONCIO 1 e CONCIO 2**



10 - Carpenteria Concio tipo Tratto 4: pianta Concio 1. pianta Concio 2

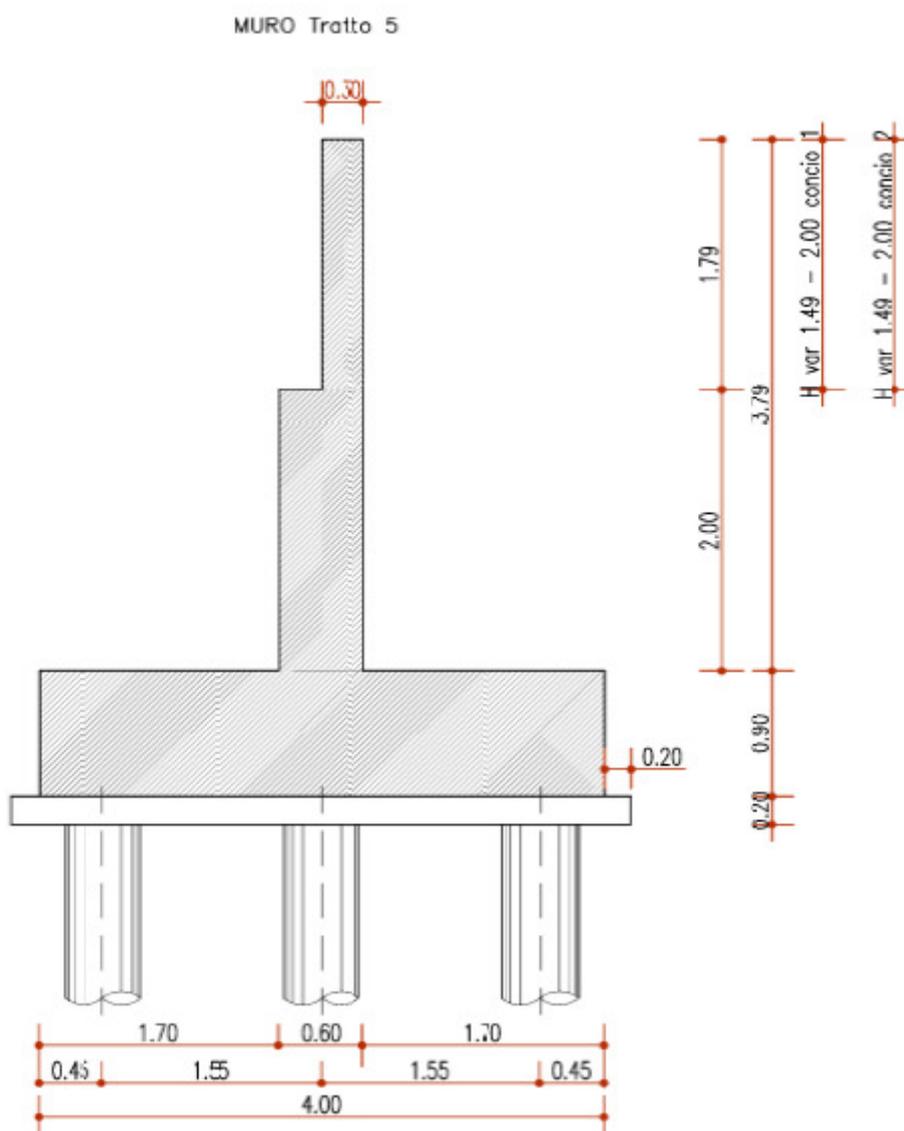
### 3.5 Tratto 5

Il tratto 5 ha una lunghezza complessiva di 24 ml ed è costituito da 2 tratti di 12,00 m della stessa tipologia:

- Concio 1 Muro su 3 pali tipo **M.01**, 1 tratto ad altezza variabile da 3.49 m a 4.00 m ;
- Concio 2 Muro su 3 pali tipo **M.01**, 1 tratto ad altezza variabile da 3.49 m a 4.00 m ;

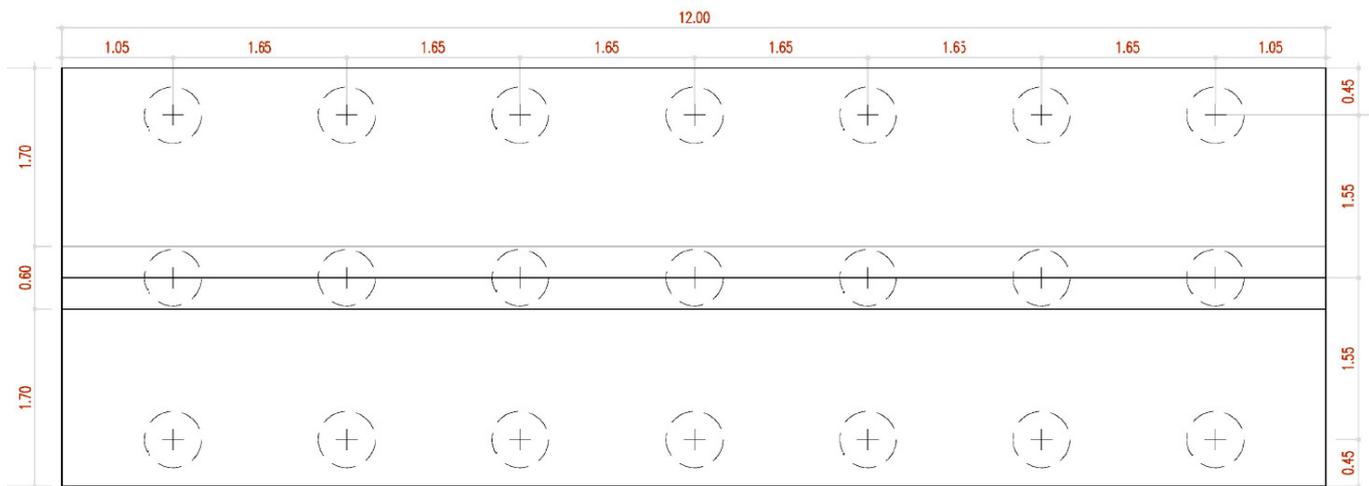
I muri saranno fondati su 3 pali di lunghezza 15,00 ml posti ad interasse pari a 1,60 ml, la fondazione avrà spessore di 0.90 m, il paramento di altezza variabile avrà spessore di 60 cm per i primi due metri e di 30 cm per i successivi.

Nelle figure seguenti sono riportate le carpenterie delle due tipologie.



11 - Carpenteria Sezione tipo Tratto 5: Sezione

**MURO TRATTO 5 – CONCIO 1 e CONCIO 2**



12 - Carpenteria Concio tipo Tratto 5: pianta Concio 1, pianta Concio 2

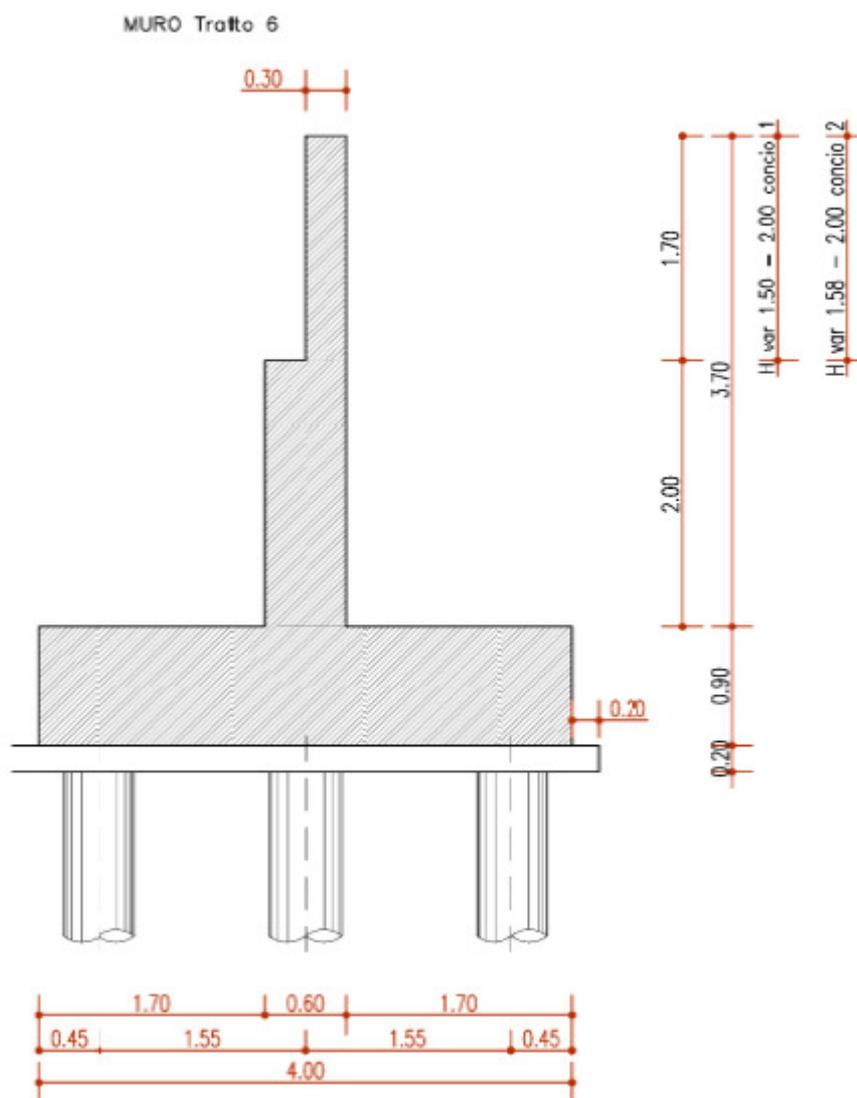
### 3.6 Tratto 6

Il tratto 6 ha una lunghezza complessiva di 22 ml ed è costituito da 2 tratti di 12,00 m e 10,00 m di due diverse tipologie:

- Concio 1 Muro su 3 pali tipo **M.01** 1 tratto ad altezza variabile da 3,50 m a 4,00 m ;
- Concio 2 Muro su 3 pali tipo **M.01** 1 tratto ad altezza variabile da 3,57 m a 4,00 m ;

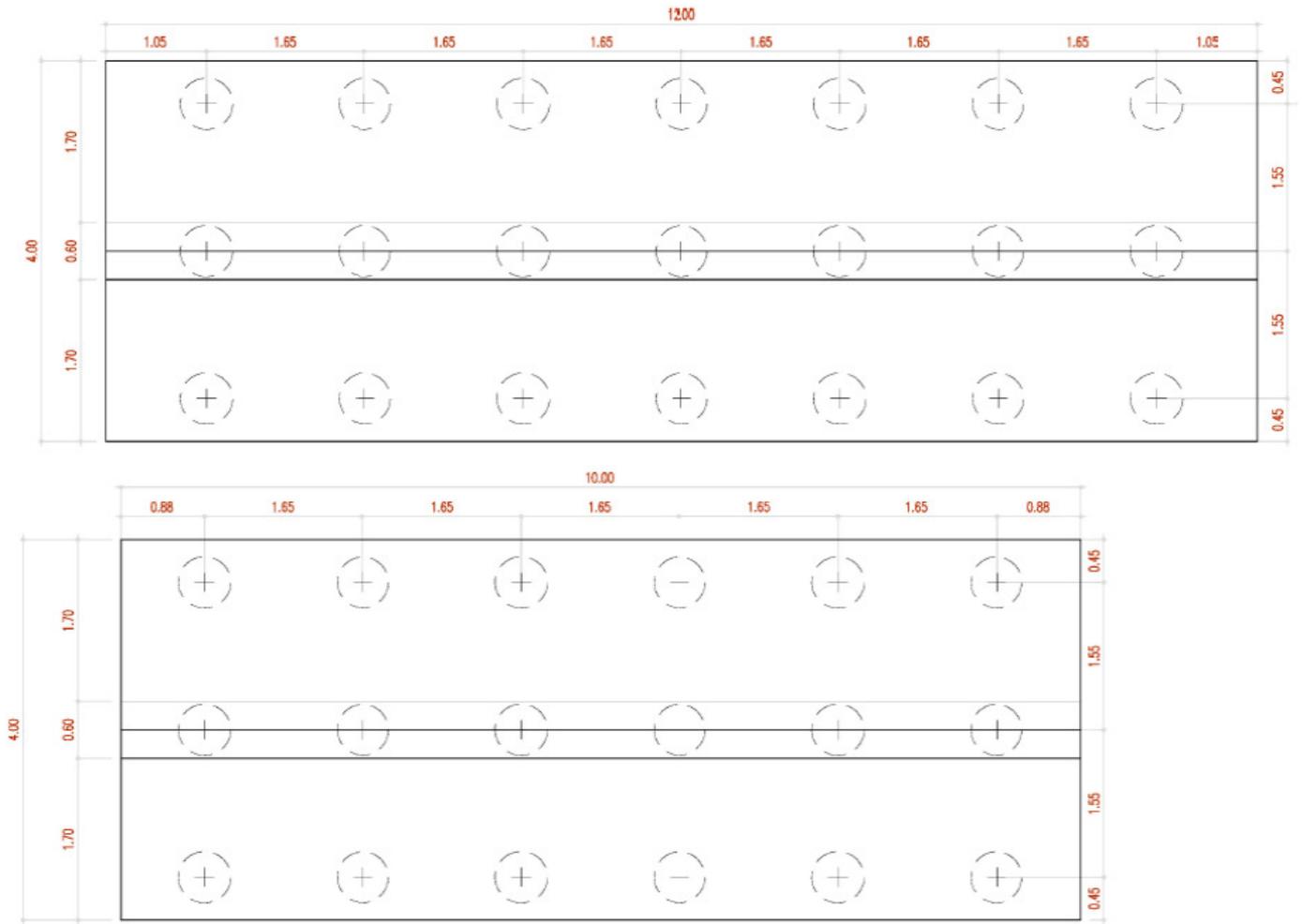
I muri saranno fondati su 3 pali di lunghezza 15,00ml posti ad interasse pari a 1,65 ml, la fondazione avrà spessore di 0,90 m, il paramento di altezza variabile avrà spessore di 60 cm per i primi due metri e di 30 cm per i successivi.

Nelle figure seguenti sono riportate le carpenterie delle due tipologie.



13 - Carpenteria Sezione tipo Tratto 5: Sezione

**MURO TRATTO 6 – CONCIO 1 e CONCIO 2**



14 - Carpeteria Concio tipo Tratto 6: pianta Concio 1. pianta Concio 2

#### 4 STRATIGRAFIE TERRENI

Per definire l'intervento, si è proceduto ad una accurata campagna di indagini al fine di determinare le caratteristiche meccaniche e la stratigrafia del terreno che interessa la sede stradale esistente, nel tratto presso via Borremans (SS112 bis) a Caltanissetta. Le indagini sono state effettuate dalla ditta **GEO GAV srl**.

In particolare sono state effettuate:

- una prova **MASW**, che ha confermato la tipologia di suolo **C**;
- n. 10 sondaggi verticali (S1, S2, S3, S4, S5, S5A, S6, S6.1, S7, S8,) con estrazione di campioni indisturbati;
- la realizzazione di due Inclinatori (S01, e S5A);

In dettaglio, sono stati realizzati i seguenti sondaggi:

Sondaggio	Prof. m	Diam. mm	Metodo	Campioni Prelevati		Prove in foro	Strumentazione Installata	Sistema Coordinate WGS84		Note
				Rim.	Ind.			N	E	
S1	20,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	Inclinometro	37°30'10.19"	14°03'20.76"	
S2	15,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	-	37°30'22.93"	14°03'34.52"	
S3	15,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	-	37°30'39.79"	14°03'35.89"	
S4	20,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	-	37°30'53.02"	14°03'32.15"	
S5	20,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	-	37°30'53.02"	14°03'32.15"	
S5A	20,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	Inclinometro	37°30'55.25"	14°03'25.06"	
S6	20,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	-	37°30'58.91"	14° 3' 25.42"	
S6.1	20,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	-	37°30'53.02"	14°03'32.15"	
S7	15,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	-	37°31'07.72"	14°03'32.21"	
S8	15,00	101	Carotaggio continuo	-	3	-	-	37°31'14.53"	14°03'32.59"	

Le indagini in sito e le prove di laboratorio effettuate hanno consentito di caratterizzare ai fini geotecnici l'area in esame.

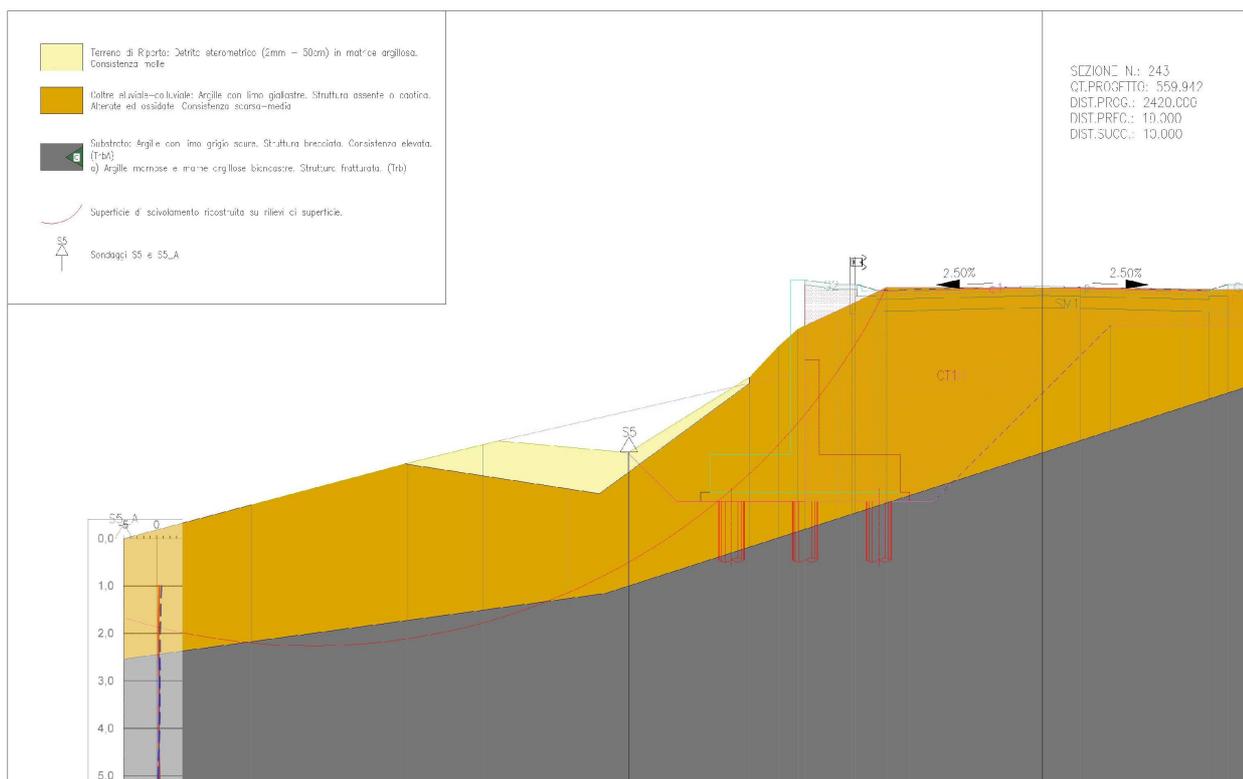
Nelle verifiche strutturali, per la valutazione dei parametri geotecnici, si è fatto riferimento al Sondaggio **S5**.



15 - Planimetria ubicazioni indagini

La stratigrafia dall'alto verso il basso, desunta dalla relazione gologica redatta dal Dott. E. Curcuruto, è la seguente:

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA



16 - Sezione geologica

I parametri geotecnici utilizzati nelle elaborazioni sono i seguenti:

MODELLO GEOTECNICO		
Strato n°	Litotipo	Parametri Geotecnici
1	<u>Riporto</u>	
2	<u>Coltre Alterata: Argille con limo giallastre</u>	$\gamma = 19.11 \text{ kN/mc}$
		$C_u = 61.0 \text{ kPa}$
		$c' = 11.9 \text{ kPa}$
		$\varphi' = 25.7^\circ$
		$c_r' = 0.00 \text{ kPa}$
3	<u>Argille con limo grigio scure</u> <u>Tratto fino a profondita di 15,00m</u>	$\varphi_r' = 17.0^\circ$
		$\gamma = 19.71 \text{ kN/mc}$
		$C_u = 160.0 \text{ kPa}$
		$c' = 29.7 \text{ kPa}$
4	<u>Argille con limo grigio scure</u> <u>Tratto oltre la profondita di 15,00m.</u>	$\varphi' = 21.2^\circ$
		$\gamma = 20.46 \text{ kN/mc}$
		$C_u = 318.0 \text{ kPa}$
		$c' = 36.2 \text{ kPa}$
		$\varphi' = 25.6^\circ$

Sono state effettuate due verifiche distinte rispettivamente per il muro tipo **M.01** e per il muro **M.02**, verifiche che hanno tenuto conto dei parametri del del modello geotecnico più cautelativo.

Inoltre, tenendo conto che i tratti indagati sono stati oggetto di eventi franosi superficiali, sono stati considerati i parametri geotecnici residui riassunti nel quadro precedente.

Infatti lo strato di **Coltre Alterata** è stato considerato nelle condizioni residue, e a vantaggio di sicurezza, **si sono assunti i corrispondenti parametri geotecnici del sodaggio S5a** che risultano essere i più bassi.

In seguito alla **prova geofisica diretta** di tipo **MASW** è stato possibile in corrispondenza del punto di indagine determinare la velocità di propagazione media delle onde Vs entro i primi 30 metri di terreno attraversato (Vs30).

Secondo quanto riportato nella Tabella 3.2.II – (Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato) del D.M. 17/01/2018, che prevede l'utilizzo della velocità equivalente Vs30 di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m per la classificazione dei suoli, l'area oggetto di studio si colloca **in Categoria C**, Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

## 5 VERIFICHE EFFETTUATE

Tenendo conto della stratigrafia emersa dalle indagini e dalle considerazioni sui parametri geotecnici di cui al paragrafo precedente è stata effettuata la verifica della sezione del paramento più alto per i muri di tipologia:

- muri di contenimento tipo **M.01**
- muri di contenimento tipo **M.02**

In allegato si riportano le impostazioni di progetto ed i tabulati di calcolo.

Sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- ribaltamento;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno è stata effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche sono state effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5

## 6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 6.1 DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

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

In accordo con la tabella 1 della UNI 11104-2004, le strutture in progetto ricadono nelle seguenti classi di esposizione:

- pali di fondazione e paratia di pali completamente interrata: XA2
- muro di sostegno in centro abitato: XA2

prospetto 1 <b>Classi di esposizione</b>		
Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b> Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>		
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (piscine).
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>		
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti <sup>*)</sup>		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.
6 Attacco chimico <sup>*)</sup>		
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.
*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: - moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; - elevato: alla frequenza di gelo in condizioni di saturazione.		
**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.		

Ai sensi della Tabella 4 della UNI 11104-2004, la classe di resistenza minima è quindi:

- pali di fondazione e paratia di pali completamente interrata: C32/40
- muro di sostegno: C32/40

prospetto 4 Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri					Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti		XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,80		0,55	0,50	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	0,50	0,50	0,45	0,50	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza <sup>*)</sup>	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28/35	32/40	35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)														3,0 <sup>**)</sup>				
Altri requisiti														Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo		È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati <sup>**)</sup>		

\*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.  
a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.  
b) Quando la presenza di solfati comporta le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

**Legami Costitutivi**

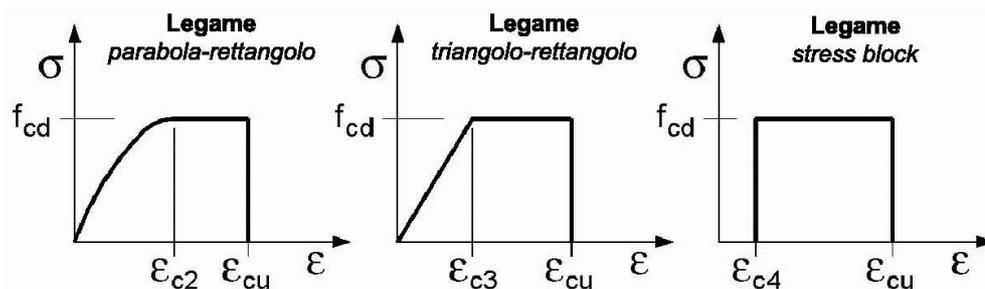
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

$\epsilon_{c2} = 0.200\%$

$\epsilon_{c3} = 0.175\%$

$\epsilon_{c4} = 0.070\%$

$\epsilon_{cu} = 0.350\%$



**6.2.1 Magrone di Fondazione****Caratteristiche Generali**

cl-res =	C12\15	Classe di Resistenza
cl-esp =		Classe di Esposizione
Cons =		Consistenza

**6.2.2 Strutture in elevazione e in fondazione****Caratteristiche Generali**

cl-res =	C32\40	Classe di Resistenza
cl-esp =	XA2	Classe di Esposizione
Cond. Ambientale =	Aggressive	Condizioni Ambientali
Cemento =		Tipo di Cemento
Dosaggio =	kg/mc	Dosaggio del Cemento
Rapporto A/C =	0.5	Rapporto acqua / cemento
Cl max =	%	Contenuto massimo di cloruri
aggr max =	30 mm	Dimensione nominale massima degli Aggregati
res gelo =		Inerti resistenti al Gelo
Cons =	S4 - Fluida	Consistenza
c =	50 mm	Copriferro minimo
r =	60 mm	Ricoprimento minimo

**Valori Caratteristici**

$R_{ck}$ =	40	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck}$ =	33.2	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk.5\%}$ =	2.17	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk.95\%}$ =	4.03	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{cfk.5\%}$ =	2.60	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{cfk.95\%}$ =	4.83	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%

**Valori Medi**

$f_{cm}$ =	41.2	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm}$ =	3.10	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm}$ =	3.72	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$ =	33642.78	MPa	Modulo Elastico

**Resistenze di Calcolo – SLU**

$\gamma_c$ =	1.5	Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c$ =	0.85	Coefficiente per i carichi di lunga durata

**Resistenza di calcolo a compressione**

$f_{cd}$ =	18.81	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50}$ =	15.05	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

**Resistenza di calcolo a trazione**

$f_{ctd}$ =	1.45	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50}$ =	1.16	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

$f_{cd} =$	1.74	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{cd.sp<50} =$	1.39	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

**Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali**

$\gamma_c =$	1.00	Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85	Coefficiente per i carichi di lunga durata

Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	28.22	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	22.58	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	2.17	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.74	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{cd} =$	2.60	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{cd.sp<50} =$	2.08	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

**Resistenze di Calcolo - SLE**

$\sigma_c =$	17.43	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione rara
$\sigma_c =$	13.0725	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente

**6.3 Acciaio**

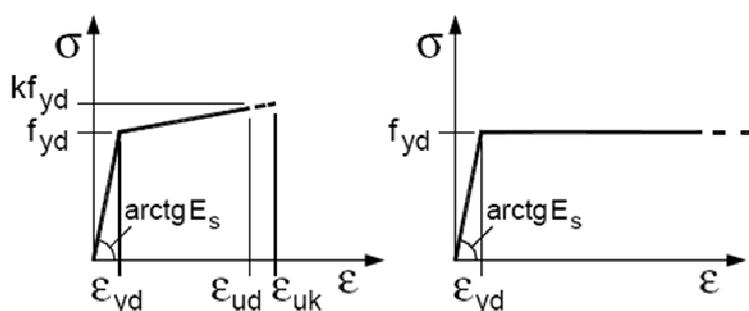
**6.3.1 Acciaio d'armatura**

**Legami Costitutivi**

$$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$$

$$\epsilon_{uk} = 0.9(A_{gt})_k$$

$$k = (f_t / f_y)_k$$



**Valori Caratteristici**

$f_{y.nom} =$	450	MPa	Valore nominale della tensione di snervamento
$f_{t.nom} =$	540	MPa	Valore nominale della tensione di rottura
$E_s =$	206000	MPa	Modulo Elastico

**Requisiti prescritti**

$f_{yk.5\%} \geq$	$f_{y.nom}$	Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di snervamento (da prove su campioni in numero significativo)
$f_{tk.5\%} \geq$	$f_{t.nom}$	Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di rottura (da prove su campioni in numero significativo)

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

significativo)

$(f_y / f_{y,nom})_{k,10\%}$	$\leq 1.25$	Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di snervamento effettiva, riscontrata sulla barra, ed il relativo valore nominale
$(f_t / f_y)_{k,10\%}$	$\geq 1.25$ $< 1.35$	Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di rottura effettiva e la tensione di snervamento
$(A_{gt})_{k,10\%}$	$\geq 7.5 \%$	Valore caratteristico con frattile 10% dell'allungamento al massimo sforzo
$\varnothing < 12 \text{ mm}$	4 $\varnothing$	
$12 \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$	5 $\varnothing$	Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza formazione di cricche:
$16 < \varnothing \leq 25 \text{ mm}$	8 $\varnothing$	
$25 < \varnothing \leq 40 \text{ mm}$	10 $\varnothing$	

**Resistenze di Calcolo - SLU**

$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
$f_{yd} =$	391.30	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} =$	0.190%	MPa	Deformazione a snervamento per trazione

**Resistenze di Calcolo - SLE**

$\gamma_s =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$f_{yd} =$	450.00	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} =$	0.218%		Deformazione a snervamento per trazione
$\sigma_s =$	360.00	MPa	Deformazione a snervamento per trazione

## 7 ANALISI DEI CARICHI

Le azioni sulle opere di sostegno sono state valutate in conformità alle NTC 2018, alla Circolare N.7 del 21/01/2019 *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»* di cui al D.M 17 gennaio 2018, sia per quanto riguarda la fase statica che quella sismica.

Oltre a considerare il peso proprio degli elementi portanti e portati e la spinta delle terre, nel calcolo strutturale si è tenuto conto:

- dell'incremento di spinta conseguente al carico variabile da traffico veicolare;
- dell'azione sismica.

### 7.1 CARICO ACCIDENTALE (Q1)

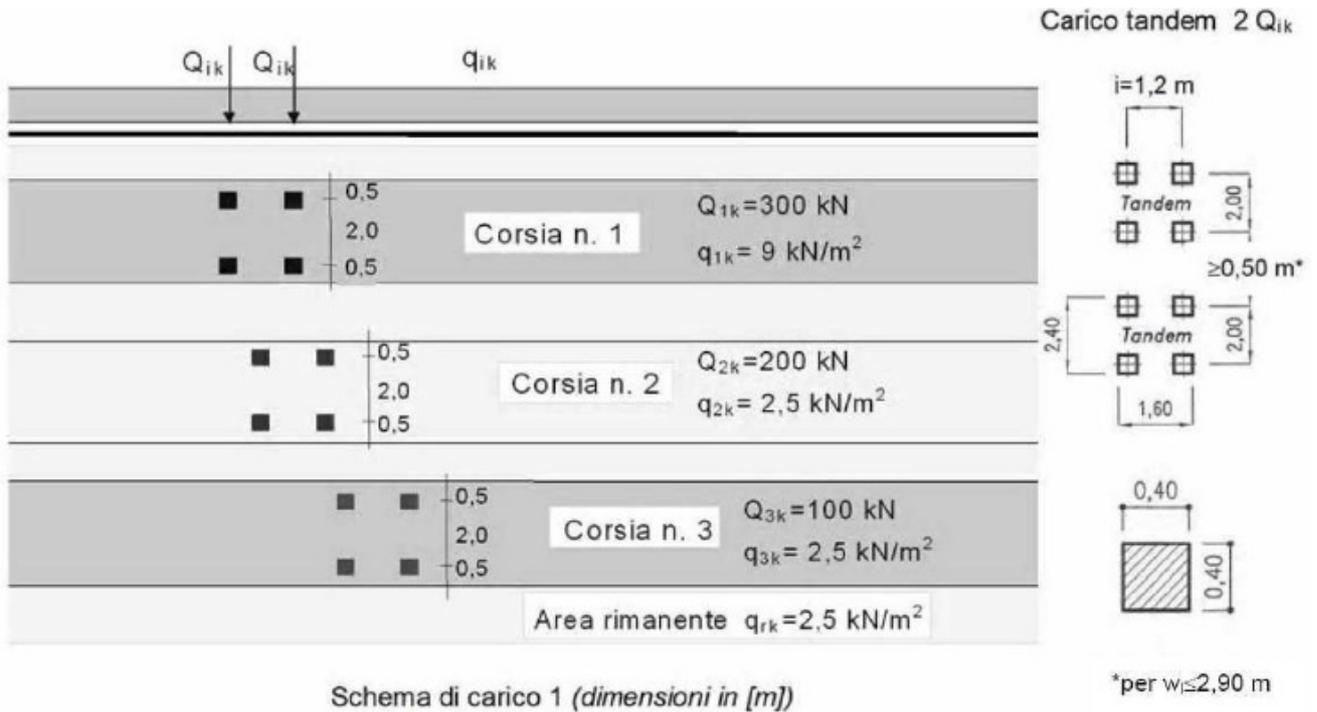
Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono costituite da carichi concentrati (Qik) e da carichi uniformemente distribuiti (qik). Poiché il calcolo delle opere di contenimento viene effettuato considerando una sezione trasversale di lunghezza unitaria è necessario ripartire i carichi concentrati in direzione longitudinale. Per le opere di contenimento viene calcolato il sovraccarico uniformemente distribuito sul rilevato considerando l'accidentale definito al punto 5.1.3.3.5 NTC 2018 e punto 5.1.3.3.7.1 Circolare N.7 del 21/01/2019 e calcolando la ripartizione in base all'altezza del paramento. A partire dall'impronta di 3 x 2.2 m prevista dalla normativa per il carico tandem si effettua una diffusione a 45° fino alla base del paramento ottenendo la lunghezza longitudinale (Lc) di muro collaborante per tale schema. Quindi, su ogni corsia, si applicherà un carico distribuito pari alla somma del carico qik e del Qik ripartito su una impronta di 3 x Lc.

In ogni caso, si assumerà un valore minimo del carico stradale pari a 20 kN/mq :

I carichi mobili per ponti di prima categoria che consistono in colonne di carico della seguente intensità:

Posizione	Carico Asse	Qik [kN]	qik[kN/mq]
Corsia Numero	1	300	9.00
Corsia Numero	2	200	2.50
Corsia Numero	3	100	2.50
Altre corsie		0.00	2.50

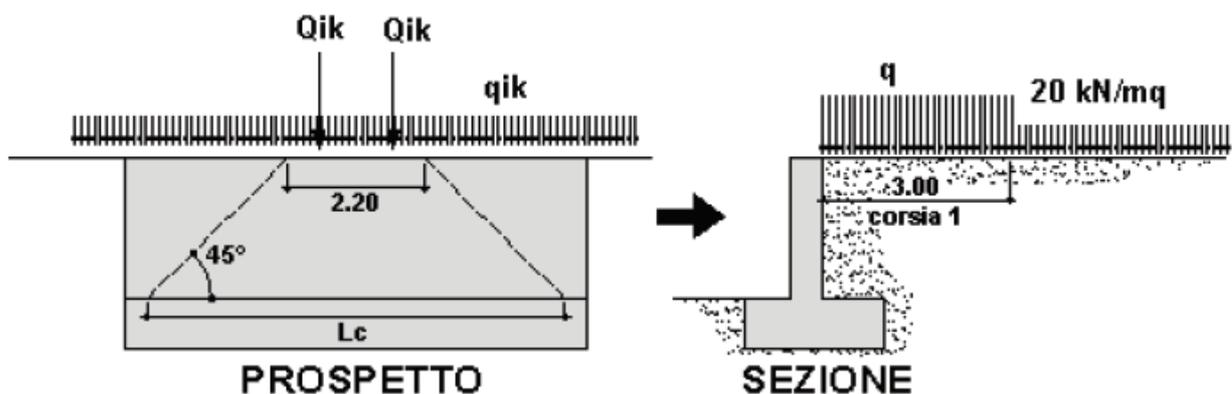
La distribuzione, gli interassi tra le forze concentrate e gli ingombri delle colonne di carico sono riportate nella figura seguente.



Considerata la tipologia di opera, costituita da paramenti di limitata altezza la verifica viene eseguita considerando il sovraccarico convenzionale della corsia n.1.

A partire dall'impronta di  $3 \times 2,2 \text{ m}$  prevista dalla normativa per il carico tandem si effettua una diffusione a  $45^\circ$  fino alla base del paramento ottenendo la lunghezza longitudinale ( $L_c$ ) di muro collaborante per tale schema. Quindi, su ogni corsia, si applicherà un carico distribuito pari alla somma del carico  $q_{ik}$  e del  $Q_{ik}$  ripartito su una impronta di  $3 \times L_c$ .

In ogni caso, si assumerà un valore minimo del carico stradale pari a  $20 \text{ kN/mq}$  :



17-Schema di diffusione dei carichi mobili

### 7.1.1 Muro H=4.00 ml

$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$   $2 Q_{1k} = 600 \text{ kN}$  vengono ripartiti su area  $3,00 \times 2,20$  carico accidentale di calcolo

$$Q = (300 \times 2) : ((2,20 + 4 + 4) \times (3 + 4)) = 8,4 \text{ kN/mq}$$

$$q_{1k} = 9 \text{ kN/mq}$$

*LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA*

considerata la combinazione più gravosa, costituita dal carico tandem come principale il carico distribuito  $q_{1k}$  secondario ed adottando un Coefficiente  $\psi_0$  di combinazione pari a 0.40 si ha:

$$q = q_{1k} \times \psi_0 = 3.6 \text{ kN/mq}$$

$$P_{acc} = 3.6 + 8.4 = 12.0 \text{ kN/mq} \quad \text{si assume} \quad \mathbf{P_{acc} = 20.0 \text{ kN/mq}}$$

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti per le prestazioni di SLU ed SLE.

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_F \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab.2.6.I.

**Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

18-Coefficienti parziali NTC2018

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

**Tabella 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione**

<b>Categoria/Azione variabile</b>	<b><math>\Psi_{0j}</math></b>	<b><math>\Psi_{1j}</math></b>	<b><math>\Psi_{2j}</math></b>
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

19-Coefficienti di combinazioni NTC2018

## 9 PARAMETRI DI VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La vita nominale di un'opera strutturale (VN), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Ai fine delle valutazioni delle azioni sismiche che verranno eseguite si adotterà: **VN = 50 anni (categoria 2)**

Il D.M. 17gennaio 2018 prevede quattro categorie di classi d'uso per l' opera in oggetto si considera una **Classe II**.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento.

Dalle prove eseguite risulta che i terreni di fondazione risultano appartenere alla **categoria C** :

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità”.

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $ST=1.2$

## 10 STRUMENTI DI CALCOLO

La presente relazione di calcolo è stata redatta con l'utilizzo del seguente supporto:

### **SISTEMI OPERATIVI E PACCHETTI APPLICATIVI**

- pacchetto MICROSOFT OFFICE: Word, Excel

### **SOFTWARE PER L'INGEGNERIA**

Calcolo dei muri di contenimento : CDW WIN versione 2019 prodotto dalla S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Calcolo paratie: CDD WIN versione 2019 prodotto dalla S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 l'affidabilità dei codici utilizzati sono stati verificati sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dai produttori stessi. I software sono inoltre dotati di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio. I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

**I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti N.7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".**

### 10.1 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

### 10.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

#### 10.2.1 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all' indirizzo: <http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>

### **10.2.2 Modalità di presentazione dei risultati**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### **10.2.3 Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### **10.2.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

## 11 TABULATI DI CALCOLO

### 11.1 Impostazioni e le metodologie di calcolo

#### CALCOLO DELLE SPINTE

Si suppone valida l'ipotesi in base alla quale la spinta attiva si ingenera in seguito al movimento del manufatto nella direzione della spinta agente. Le ipotesi di base per il calcolo della spinta sono le seguenti, le medesime adottate dal metodo di calcolo secondo *Coulomb*, con l'estensione di *Muller-Breslau* e *Mononobe-Okabe*:

- In fase di spinta attiva si crea all'interno del terrapieno un cuneo di spinta, che si distacca dal terreno indisturbato tramite linee di frattura rettilinee, lungo le quali il cuneo scorre generando tensioni tangenziali dovute all'attrito.
- Sul cuneo di spinta agiscono le seguenti forze: peso proprio del terreno, sovraccarichi applicati sull'estradosso del terrapieno, spinte normali alle superfici di scorrimento del cuneo (da una parte contro il paramento e dall'altra contro la porzione di terreno indisturbato), forze di attrito che si innescano lungo le superfici del cuneo e che si oppongono allo scorrimento.
- In condizioni sismiche, al peso proprio del cuneo va aggiunta una componente orizzontale, ed eventualmente anche una verticale, pari al peso complessivo moltiplicato per il prodotto dei coefficienti sismici.
- Il fatto che il muro ha spostamenti significativi fa in modo che l'attrito che si genera è pari al valore massimo possibile, sia in condizioni di spinta attiva che di spinta passiva, quindi le risultanti delle reazioni sulle pareti del cuneo risultano inclinate di un angolo  $\phi$  rispetto alla normale alla superficie di scorrimento.

Il programma *C.D.W. Win*, pur adottando le stesse ipotesi, piuttosto che utilizzare la formula di *Coulomb* in forma chiusa, applica la procedura originaria derivante dall'equilibrio delle forze agenti sul cuneo di spinta, cercando il valore di massimo della spinta per tentativi successivi su tutti i possibili cunei di spinta. Così facendo si possono aggiungere alle ipotesi già indicate le seguenti generalizzazioni, che invece devono essere trascurate utilizzando i metodi classici:

- Il terreno spingente può essere costituito da diversi strati, separati da superfici di forma generica, con caratteristiche geotecniche differenti.
- Il profilo dell'estradosso del terrapieno spingente può avere una forma generica qualsiasi, purché coerente con le caratteristiche del terreno.
- I sovraccarichi agenti sul terrapieno possono avere una distribuzione assolutamente libera.
- Può essere tenuta in conto la coesione interna del terreno e la forza di adesione tra terreno e muro.
- Si può calcolare la spinta di un muro con mensola aerea stabilizzante a monte, al di sotto della quale si crea un vuoto nel terreno.
- È possibile conoscere l'esatto andamento delle pressioni agenti sul profilo del muro anche nei casi sopra detti, in cui tale andamento non è lineare, ma la cui distribuzione incide sul calcolo delle sollecitazioni interne.
- Si può supporre anche l'esistenza una linea di rottura del cuneo interna, che va dal vertice estremo della mensola di fondazione a monte fino a intersecare il paramento, inclinata di un certo angolo legato a quello di attrito interno del terreno stesso. Si può quindi conoscere l'esatta forma del cuneo di spinta, per cui le forze in gioco variano in quanto solo una parte di esso è a contatto con il paramento. Il peso proprio del terreno portato sarà solo quello della parte di terrapieno che realmente rimarrà solidale con la fondazione e non risulterà interessato da scorrimenti, quindi in generale un triangolo. Ciò fa sì che il peso gravante sulla fondazione può risultare notevolmente inferiore a quello ricavato con i metodi usuali, dal momento che una parte è già stata conteggiata nel cuneo di spinta.

Per quanto riguarda la spinta passiva, quella del terrapieno a valle, le uniche differenze rispetto a quanto detto consistono nel fatto che le forze di attrito e di coesione tra le superfici di scorrimento del cuneo hanno la direzione opposta che nel caso di spinta attiva, nel senso che si oppongono a un moto di espulsione verso l'alto del cuneo, e la procedura iterativa va alla ricerca di un valore minimo piuttosto che un massimo.

Nei casi di fondazione su pali o muri tirantati si può ritenere più giusto adottare un tipo di spinta a riposo, che considera il cuneo di terreno non ancora formato e spostamenti dell'opera nulli o minimi. Tale spinta è in ogni caso superiore a quella attiva e la sua entità si dovrebbe

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

basare su considerazioni meno semplicistiche. Il programma opera prendendo come riferimento una costante di spinta pari a:

$$K_0 = 1 - 0,9 \times \sin \phi$$

essendo  $\phi$  l'angolo di attrito interno del terreno, formula che si trova diffusamente in letteratura. Se tale deve essere la costante di spinta per un terreno uniforme, ad estradosso rettilineo orizzontale e privo di sovraccarichi e di azione sismica, viene ricavato un fattore di riduzione dell'angolo di attrito interno del terreno, tale che utilizzando questo angolo ridotto e la consueta procedura per il calcolo della spinta attiva, la costante fittizia di spinta attiva corrisponda alla costante a riposo della formula sopra riportata.

Una volta ricavato questo fattore riduttivo, il programma procede al calcolo con le procedure standard, mettendo in gioco le altre variabili, quali la sagomatura dell'estradosso e degli strati, la presenza di sovraccarichi variamente distribuiti e la condizione sismica. La giustificazione di ciò risiede nella considerazione in base alla quale in condizioni di spinta a riposo, gli spostamenti interni al terreno sono ridotti rispetto alla spinta attiva, quindi l'attrito che si mobilita è una parte di quello massimo possibile, e di conseguenza la spinta risultante cresce.

In base a queste considerazioni di ordine generale, il programma opera come segue:

- Si definisce la geometria di tutti i vari cunei di spinta di tentativo, facendo variare l'angolo di scorrimento dalla parte di monte da 0 fino al valore limite  $90 - \phi$ . Quindi in caso di terreno multistrato, la superficie di scorrimento sarà costituita da una spezzata con inclinazioni differenti da strato a strato. Ciò assicura valori di spinta maggiori rispetto a una eventuale linea di scorrimento unica rettilinea. L'angolo di scorrimento interno, quello dalla parte del paramento, qualora si attivi la procedura "Coulomb estes" è posto pari a  $3/4$  dell'angolo utilizzato a monte. Tale percentuale è quella che massimizza il valore della spinta. È possibile però attivare la procedura "Coulomb classico", in cui tale superficie si mantiene verticale, ma utilizzando in ogni caso l'angolo di attrito tra terreno e muro.

- Si calcola l'entità complessiva dei sovraccarichi agenti sul terrapieno che ricadono nella porzione di estradosso compresa nel cuneo di spinta.

- Si calcola il peso proprio del cuneo di spinta e le eventuali componenti sismiche orizzontali e verticali dovute al peso proprio ed eventualmente anche ai sovraccarichi agenti sull'estradosso.

- Si calcolano le eventuali azioni tangenziali sulle superfici interne dovute alla coesione interna e all'adesione tra terreno e muro.

- In base al rispetto dell'equilibrio alla traslazione verticale e orizzontale, nota l'inclinazione delle spinte sulle superfici interne (pari all'angolo di attrito), sviluppato in base a tutte le forze agenti sul concio, si ricavano le forze incognite, cioè le spinte agenti sul paramento e sulla superficie di scorrimento interna del cuneo.

- Si ripete la procedura per tutti i cunei di tentativo, ottenuti al variare dell'angolo alla base. Il valore massimo (minimo nel caso di spinta passiva) tra tutti quelli calcolati corrisponde alla spinta del terrapieno.

### • **COMBINAZIONI DI CARICO**

Il programma opera in ottemperanza alle norme attuali per quanto riguarda le combinazioni di carico da usare per i vari tipi di verifiche. In particolare viene rispettato quanto segue.

- Le verifiche di resistenza del paramento e della fondazione SLU vengono effettuate in base alle combinazioni di carico del tipo A1, riportate nei tabulati di stampa.

- Le verifiche geotecniche di portanza e scorrimento vengono effettuate in base alle combinazioni di tipo A1 e A2, in caso di approccio del tipo 1, oppure utilizzando le sole combinazioni del tipo A1, in caso di approccio 2.

- Il sisma verticale viene considerato alternativamente in direzione verso l'alto e verso il basso. La spinta riportata nei tabulati si riferisce al caso in cui la spinta risulta maggiore.

- Le verifiche al ribaltamento vengono svolte utilizzando i coefficienti riportati in norma nella tabella 6.2.I secondo le modalità previste dalla norma stessa, annullando quindi i contributi delle singole azioni che abbiano un effetto stabilizzante.

- I coefficienti delle combinazioni di carico riportati nei tabulati di stampa si riferiscono esclusivamente ai sovraccarichi applicati sul terrapieno e sul muro stesso. Il peso proprio strutturale del muro e quello del terreno di spinta vengono trattati in base a quanto prevede la norma per i pesi propri strutturali e non strutturali, a prescindere dai coefficienti utilizzati per le varie combinazioni.

## □ CAPACITA' PORTANTE DEI PALI DI FONDAZIONE

La portanza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo. E' data dalla somma della portata alla punta e la portata per attrito laterale. I calcoli sono eseguiti secondo le norme A.G.I. La formula di seguito riportata è un'estensione di quella classica in quanto tiene conto del fatto che il terreno può presentare strati con caratteristiche differenti. Gli angoli vanno espressi in radianti.

Nel caso di terreni coesivi ( $cm > 0$ ):

$$Ra = \pi \cdot D \cdot l \cdot \alpha \cdot cm$$

$$Rb = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot (9 \cdot cb + \gamma \cdot l)$$

essendo (esprimendo cm in Kg/cmq):

$$\alpha = 0,9 \text{ per } cm \leq 0,25$$

$$\alpha = 0,8 \text{ per } 0,25 < cm \leq 0,50$$

$$\alpha = 0,6 \text{ per } 0,50 < cm \leq 0,75$$

$$\alpha = 0,4 \text{ per } 0,75 < cm$$

Nel caso di terreni incoerenti ( $cm = 0$ ):

$$Ra = \pi \cdot D \cdot \frac{l}{2} \cdot \sum [K \cdot \tau \cdot h^2 \cdot \tan \phi + 2 \cdot h \cdot \tan \phi \cdot \sum (\tau \cdot h)]$$

essendo:

$$K = \frac{1}{7} \cdot \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot \frac{1}{1 - \tan(0,8 \cdot \phi) \cdot (1 - \sin \phi)}$$

con la prima sommatoria estesa a tutti gli strati e la seconda a tutti quelli soprastanti lo strato i-esimo.

$$Rb = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \gamma \cdot l \cdot Nq$$

il termine  $Nq$  è funzione di  $\phi_b$  e del rapporto  $h/D$ , ricavato per interpolazione lineare in base alla seguente tabella (valida nel caso di  $D$  minore o uguale al diametro limite impostato nei dati generali, pari a 60 o 80 cm):

$\phi_b$	0	28	30	32	34	36	38	40	
$Nq$	0	12	17	25	40	58	89	137	per $h/D = 25$
$Nq$	0	9	14	22	37	56	88	136	per $h/D = 50$

o in base a quest'altra (per  $D$  maggiore del diametro limite):

$\phi_b$	0	25	30	35	40	
$Nq$	0	4,0	10,0	18,8	32,8	per $h/D = 4$
$Nq$	0	5,2	8,8	15,2	28,5	per $h/DS = 32$

In presenza di fenomeni di attrito negativo, alla portata laterale va sottratto il seguente termine:

$$R_{neg} = \pi \cdot D \cdot \gamma \cdot l \cdot \text{Lambe}$$

La simbologia usata nella formula precedente è la seguente:

$D$	= diametro del palo
$L$	= lunghezza del palo
$H$	= spessore dello strato di terreno attraversato
$Ra$	= portanza per attrito laterale
$Rb$	= portanza alla base
$\gamma$	= peso specifico del terreno del singolo strato
$\gamma_m$	= peso specifico in media pesata sugli strati
$\phi$	= angolo di attrito interno del terreno del singolo strato
$cb$	= coesione del terreno dello strato di base
$cm$	= coesione in media pesata sugli strati
$\text{Lambe}$	= coefficiente di Lambe per il calcolo dell'attrito negativo

Tale formula si riferisce alla portata del singolo palo isolato; nel caso di pali ravvicinati, si considera un coefficiente riduttivo di gruppo, funzione dell'interasse tra i pali rapportato al diametro. Ai fini del calcolo del coefficiente di sicurezza alla portanza, al carico di esercizio agente sul palo si somma il peso proprio del palo stesso.

### • MURI IN CALCESTRUZZO A MENSOLA

Sulle sezioni del paramento e delle varie mensole, aeree e di fondazione, si effettua il progetto delle armature e le verifiche a presso-flessione e taglio in corrispondenza di tutte le sezioni singolari (punti di attacco e di spigolo) e in tutte quelle intermedie ad un passo pari a quello imposto nei dati generali. Vengono applicate le formule classiche relative alle sezioni rettangolari in cemento armato, con il progetto dell'armatura necessaria.

### • PALI DI FONDAZIONE

I pali di fondazione collegati alla zattera di fondazione risultano sollecitati, oltre che a sforzo normale e a taglio, anche a momento flettente indotto dal taglio. Tali sollecitazioni sono diverse per i pali delle varie file, per cui la verifica viene ripetuta tutte le volte che è necessario.

Il taglio agente sul palo si ottiene dividendo la spinta complessiva del muro per il numero dei pali, ricavando la componente normale al palo di tale forza e moltiplicandola per il coefficiente di ripartizione del taglio assegnato nei dati generali. Circa il momento flettente, il calcolo viene effettuato con il metodo degli elementi finiti, utilizzando il modello di trave su suolo alla Winkler sottoposta ad una forza tagliante ad un estremo. Nel caso di tratto sveltante viene aggiunto un tratto di palo non contrastato dall'azione del terreno. Ai fini del calcolo il palo è suddiviso in tronchi per i quali la costante di Winkler varia con la profondità. In mancanza di dati espliciti forniti in input, la costante di Winkler viene ricavata con la seguente espressione (cfr. Bowles – Fondazioni, pag. 649):

$$K_w = 40 \cdot (c \cdot Nc + 0,5 \cdot g \cdot 1 \cdot Ng) + 40 \cdot g \cdot Nq \cdot z$$

essendo:

- c = coesione
- g = peso specifico efficace
- Nc, Nq, Ng = coefficienti di portanza
- z = ascissa della profondità

La verifica del palo viene effettuata con un calcolo a presso-flessione, per tutte le combinazioni di carico previste e per tutte le file di pali.

Per quanto riguarda la zattera di fondazione collegata ai pali, viene anche calcolata l'armatura trasversale, ipotizzando, in maniera semplificata, l'esistenza di tante travi in cemento armato che collegano i pali lungo ciascuna fila, incastrate in corrispondenza delle teste dei pali e caricate dal peso proprio e del terreno su essa gravante.

L'interazione cinematica, dove valutata, palo-terreno è calcolata secondo le Norme NEHRP:

- Per lo strato omogeneo:

$$M(z) = E_p \cdot I_p \cdot \frac{a(z)}{V_s^2}$$

in cui:

- $E_p$  = modulo elastico longitudinale del palo
- $I_p$  = momento di inerzia del palo
- $a(z)$  = accelerazione sismica alla quota z
- $V_s$  = velocità efficace delle onde di taglio dello strato

- Per il cambio strato:

$$M(z) = 0,042 \cdot S \cdot \frac{a}{g} \cdot g_1 \cdot h_1 \cdot d^3 \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^{0,3} \cdot \left(\frac{E_p}{E_1}\right)^{0,65} \cdot \left(\frac{V_{s2}}{V_{s1}}\right)^{0,5}$$

in cui:

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

- $E_p$  = modulo elastico longitudinale del palo
- $E_1$  = modulo elastico dello strato superiore
  
- $S \cdot \frac{a}{g}$  = accelerazione (in frazioni di g) sismica alla superficie
  
- $g_1$  = peso specifico strato superiore
- $h_1$  = altezza dello strato superiore
- $d$  = diametro del palo
- $L$  = lunghezza del palo
- $V_{s1}; V_{s2}$  = velocità efficaci delle onde di taglio negli strati superiore ed inferiore

I dati relativi all'interazione cinematica palo-terreno, hanno il significato seguente:

<b>Crit. N.ro</b>	<i>Numero del criterio di progetto</i>
<b>Profond (m)</b>	<i>Profondità (media) che individua lo strato superiore in cui calcolare il momento per il cambio strato</i>
<b>Vs1 ; Vs2</b>	<i>Velocità delle onde di taglio negli strati superiore ed inferiore</i>
<b>Vs1/Vs1eff</b>	<i>Rapporto di decadimento della velocità efficace delle onde Vs2/Vs2eff di taglio del terreno soprastante (1) o sottostante (2) la quota di verifica in condizioni sismiche</i>
<b>Vs</b>	<i>Velocità delle onde di taglio nello strato omogeneo</i>
<b>Vs/Vseff</b>	<i>Rapporto di decadimento della velocità efficace delle onde di taglio del terreno nello strato omogeneo</i>

### CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI DI FONDAZIONE

La resistenza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo. I calcoli sono eseguiti secondo la teoria di Broms. Gli angoli vanno espressi in radianti. In generale la pressione resistente lungo il fusto del palo viene calcolata in base alle due seguenti espressioni, valide per condizioni non drenate e drenate. La resistenza complessiva si ricava integrando tale pressione per la lunghezza del palo, tenendo così conto della presenza di diversi strati. Nei tabulati verrà riportato il valore minimo del carico limite tra condizioni drenata e non drenata. In condizioni non drenate si ha:

$$P_u = 9 \times C_u \times D$$

Il carico limite si ricava da tale valore della pressione limite, estesa per tutto lo sviluppo del palo con eccezione del tratto iniziale per una lunghezza di 1,5 diametri. In condizioni drenate invece si ha:

$$P = (3 \times K_p \times g \times z + 9 \times C) \times D$$

Il carico limite si ricava da tale valore della pressione limite, estesa per tutto lo sviluppo del palo. La simbologia usata è la seguente:

- $D$  = diametro del palo
- $C_u$  = coesione non drenata
- $C$  = coesione drenata
- $K_p$  = costante di spinta passiva
- $g$  = peso specifico del terreno
- $z$  = profondità

Tali formule si riferiscono alla portata del singolo palo isolato; nel caso di pali ravvicinati, si considera un coefficiente riduttivo di gruppo, funzione dell'interasse tra i pali rapportato al diametro.

• **LEGENDA DELLE ABBREVIAZIONI**

□ **VERIFICHE PER IL MURO IN C.A.**

<b>Sez. N.</b>	: Numero della sezione da verificare
<b>Ele</b>	: Tipo di elemento verificato: 1 = PARAMENTO 2 = MENSOLA AEREA A VALLE 3 = MENSOLA AEREA A MONTE 4 = MENSOLA DI FONDAZIONE A VALLE 5 = MENSOLA DI FONDAZIONE A MONTE 6 = DENTE DI FONDAZIONE 7 = SEZIONE TRASVERSALE PARAMENTO 8 = SEZIONE TRASVERSALE FONDAZIONE 9 = CONTRAFFORTE 10 = CORDOLO
<b>Dist</b>	: Distanza della sezione dalla sezione iniziale del tipo di elemento (mezzeria della campata per sezioni verticali del paramento e cordoli)
<b>H</b>	: Altezza della sezione
<b>B</b>	: Larghezza della sezione (nel caso di contrafforti con sezione a T, tale dato è relativo alla larghezza dell'anima della sezione, al netto quindi dei tratti di paramento collaborante)
<b>Xg</b>	: Ascissa del baricentro della sezione
<b>Yg</b>	: Altezza del baricentro della sezione. Ascissa e altezza si intendono misurate a partire dal punto più a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento
<b>Ang</b>	: Angolo di inclinazione della sezione rispetto al piano orizzontale
<b>Cmb fle</b>	: Combinazione di carico più gravosa a presso-flessione. Un valore maggiore di 100 indica una combinazione del tipo A2
<b>Nsdu</b>	: Sforzo normale di calcolo relativo alla combinazione più gravosa a presso-flessione, agente su 1 metro di muro o su tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli. Positivo se di compressione
<b>Msdu</b>	: Momento flettente di calcolo relativo alla combinazione più gravosa a presso-flessione, agente su 1 metro di muro o su tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli. Positivo se antiorario (ribaltante)
<b>A sin</b>	: Area di armatura nel lembo di sinistra (quello più a valle) della sezione, relativa a 1 metro di muro o a tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli (nel caso di contrafforti con sezione a T, tale area va distribuita su tutta la larghezza delle ali e non è cumulabile all'area dei corrispondenti ferri verticali per la sezione orizzontale del paramento in quanto in essa già compresa)
<b>A des</b>	: Area di armatura nel lembo di destra (quello più a monte) della sezione, relativa a 1 metro di muro o a tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli
<b>An. s</b>	: Angolo della armatura di sinistra rispetto alla normale della sezione. L'angolo si intende positivo se l'armatura va a divergere all'aumentare della distanza
<b>An. d</b>	: Angolo della armatura di destra rispetto alla normale della sezione. L'angolo si intende positivo se l'armatura va a divergere all'aumentare della distanza

#### LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

<b>Nrdu</b>	:	<i>Sforzo normale associato al momento resistente ultimo sulla sezione, agente su 1 metro di muro o su tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli. Positivo se di compressione</i>
<b>Mrdu</b>	:	<i>Momento flettente resistente ultimo sulla sezione, agente su 1 metro di muro o su tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli</i>
<b>Cmb tag</b>	:	<i>Combinazione di carico più gravosa a taglio. Un valore maggiore di 100 indica una combinazione del tipo A2</i>
<b>Vsdu</b>	:	<i>Sforzo di taglio di calcolo relativo alla combinazione più gravosa a taglio, agente su 1 metro di muro o su tutta la sezione se si tratta di contrafforti o cordoli. Positivo se diretto verso sinistra (lembo più a valle)</i>
<b>Vrdu c</b>	:	<i>Taglio resistente ultimo di calcolo per il meccanismo resistente affidato al calcestruzzo</i>
<b>Vrdu s</b>	:	<i>Taglio resistente ultimo di calcolo per il meccanismo resistente affidato alle staffe</i>
<b>A sta</b>	:	<i>Area di staffe necessaria nel concio precedente la sezione</i>
<b>Verif.</b>	:	<i>Indicazione soddisfacimento delle verifiche di resistenza</i>

#### • VERIFICHE FESSURAZIONE MURI

<b>Muro N.</b>	:	<i>Numero del muro</i>
<b>Ele</b>	:	<i>Tipo di elemento verificato</i>
<b>Tipo Comb</b>	:	<i>Tipo di combinazione di carico</i>
<b>Cmb fes</b>	:	<i>Combinazione di carico più gravosa a fessurazione, tra quelle del tipo considerato</i>
<b>Sez. fes</b>	:	<i>Sezione dell'elemento in cui risulta più gravosa la verifica a fessurazione</i>
<b>N fes</b>	:	<i>Sforzo normale di calcolo in corrispondenza della sezione considerata</i>
<b>M fes</b>	:	<i>Momento flettente di calcolo in corrispondenza della sezione considerata</i>
<b>Dist.</b>	:	<i>Distanza media tra le fessure in condizioni di esercizio</i>
<b>W ese</b>	:	<i>Ampiezza media delle fessure in condizioni di esercizio</i>
<b>W max</b>	:	<i>Ampiezza massima limite tra le fessure</i>
<b>Verifica</b>	:	<i>Indicazione soddisfacimento delle verifiche</i>

#### • VERIFICHE TENSIONI DI ESERCIZIO MURI

<b>Muro N.</b>	:	<i>Numero del muro</i>
<b>Ele</b>	:	<i>Tipo di elemento verificato</i>
<b>Tipo Comb</b>	:	<i>Tipo di combinazione di carico</i>
<b>Cmb <math>\sigma_c</math></b>	:	<i>Combinazione di carico più gravosa per le tensioni nel calcestruzzo, tra quelle del tipo considerato</i>
<b>Sez. <math>\sigma_c</math></b>	:	<i>Sezione del palo nella quale la verifica della tensione nel calcestruzzo è più</i>

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

gravosa

<b>N <math>\sigma_c</math></b>	:	<i>Sforzo normale di calcolo in corrispondenza della sezione considerata</i>
<b>M <math>\sigma_c</math></b>	:	<i>Momento flettente di calcolo in corrispondenza della sezione considerata</i>
<b><math>\sigma_c</math></b>	:	<i>Tensione massima nel calcestruzzo in condizioni di esercizio</i>
<b><math>\sigma_c</math> max</b>	:	<i>Tensione massima limite nel calcestruzzo</i>
<b>Cmb <math>\sigma_f</math></b>	:	<i>Combinazione di carico più gravosa per le tensioni nell'acciaio, tra quelle del tipo considerato</i>
<b>Sez. <math>\sigma_f</math></b>	:	<i>Sezione del palo nella quale la verifica della tensione nell'acciaio è più gravosa</i>
<b>N <math>\sigma_f</math></b>	:	<i>Sforzo normale di calcolo in corrispondenza della sezione considerata</i>
<b>M <math>\sigma_f</math></b>	:	<i>Momento flettente di calcolo in corrispondenza della sezione considerata</i>
<b><math>\sigma_f</math></b>	:	<i>Tensione massima nell'acciaio in condizioni di esercizio</i>
<b><math>\sigma_f</math> max</b>	:	<i>Tensione massima limite nell'acciaio</i>
<b>Verifica</b>	:	<i>Indicazione soddisfacimento delle verifiche</i>

### • $\pi$ VERIFICHE DI RESISTENZA PALI DI FONDAZIONE

<b>Muro N.</b>	:	<i>Numero del muro</i>
<b>Sez. N.</b>	:	<i>Numero della sezione del palo presa in esame</i>
<b>Dist</b>	:	<i>Distanza della sezione di calcolo misurata a partire dalla testa del palo</i>
<b>Cmb fle</b>	:	<i>Combinazione di carico più gravosa per la verifica a presso-flessione. Un valore maggiore di 100 indica una combinazione del tipo A2</i>
<b>Fil fle</b>	:	<i>Fila nella quale la verifica a presso-flessione è più gravosa</i>
<b>Nsdu</b>	:	<i>Sforzo normale di calcolo (sforzo parallelo all'asse) agente sul singolo palo utilizzato per la verifica a presso-flessione, positivo se di compressione</i>
<b>Msdu</b>	:	<i>Momento flettente di calcolo agente sul singolo palo utilizzato per la verifica a presso-flessione</i>
<b>Atot</b>	:	<i>Area complessiva delle armature della sezione uniformemente distribuite sul perimetro</i>
<b>Nrdu</b>	:	<i>Sforzo normale associato al momento resistente ultimo agente sul singolo palo utilizzato per la verifica a presso-flessione, positivo se di compressione</i>
<b>Mrdu</b>	:	<i>Momento flettente resistente ultimo sul singolo palo</i>
<b>Cmb tag</b>	:	<i>Combinazione di carico più gravosa per la verifica a taglio. Un valore maggiore di 100 indica una combinazione del tipo A2</i>
<b>Fil tag</b>	:	<i>Fila nella quale la verifica a taglio è più gravosa</i>
<b>Vsdu</b>	:	<i>Taglio massimo di calcolo (sforzo ortogonale all'asse del palo)</i>
<b>Vrdu c</b>	:	<i>Taglio resistente ultimo di calcolo per il meccanismo resistente affidato al calcestruzzo</i>

- Vrdu s** : Taglio resistente ultimo di calcolo per il meccanismo resistente affidato alle staffe
- A sta** : Area di staffe necessaria nel concio precedente la sezione
- Verifica** : Indicazione soddisfacimento delle verifiche di resistenza

• **VERIFICHE FESSURAZIONE PALI**

- Muro N.** : Numero del muro
- Tipo Comb** : Tipo di combinazione di carico
- Cmb fes** : Combinazione di carico più gravosa a fessurazione, tra quelle del tipo considerato
- Fil fes** : Fila nella quale la verifica a fessurazione è più gravosa
- Sez. fes** : Sezione del palo in cui risulta più gravosa la verifica a fessurazione
- N fes** : Sforzo normale di calcolo in corrispondenza della sezione considerata
- M fes** : Momento flettente di calcolo in corrispondenza della sezione considerata
- Dist.** : Distanza media tra le fessure in condizioni di esercizio
- W ese** : Ampiezza media delle fessure in condizioni di esercizio
- W max** : Ampiezza massima limite tra le fessure
- Verifica** : Indicazione soddisfacimento delle verifiche

• **VERIFICHE TENSIONI DI ESERCIZIO PALI**

- Muro N.** : Numero del muro
- Tipo Comb** : Tipo di combinazione di carico
- Cmb  $\sigma$**  : Combinazione di carico più gravosa per le tensioni nel calcestruzzo, tra quelle del tipo considerato
- Fil  $\sigma$**  : Fila nella quale la verifica della tensione nel calcestruzzo è più gravosa
- Sez.  $\sigma$**  : Sezione del palo nella quale la verifica della tensione nel calcestruzzo è più gravosa
- N  $\sigma$**  : Sforzo normale di calcolo in corrispondenza della sezione considerata
- M  $\sigma$**  : Momento flettente di calcolo in corrispondenza della sezione considerata
- $\sigma$**  : Tensione massima nel calcestruzzo in condizioni di esercizio
- $\sigma$  max** : Tensione massima limite nel calcestruzzo
- Cmb  $\sigma_f$**  : Combinazione di carico più gravosa per le tensioni nell'acciaio, tra quelle del tipo considerato
- Fil  $\sigma_f$**  : Fila nella quale la verifica della tensione nell'acciaio è più gravosa

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

<b>Sez. <math>\sigma</math></b>	: Sezione del palo nella quale la verifica della tensione nell'acciaio è più gravosa
<b>N <math>\sigma</math></b>	: Sforzo normale di calcolo in corrispondenza della sezione considerata
<b>M <math>\sigma</math></b>	: Momento flettente di calcolo in corrispondenza della sezione considerata
<b><math>\sigma</math></b>	: Tensione massima nell'acciaio in condizioni di esercizio
<b><math>\sigma</math> max</b>	: Tensione massima limite nell'acciaio
<b>Verifica</b>	: Indicazione soddisfacimento delle verifiche

• VERIFICHE PUNZONAMENTO PALI DI FONDAZIONE

<b>Muro N.</b>	: Numero del muro
<b>Fila N.</b>	: Fila di pali alla quale si riferisce la verifica
<b>Diam</b>	: Diametro dei pali
<b>Spess</b>	: Spessore della zattera di fondazione
<b>Cmb pun</b>	: Combinazione di carico più gravosa a punzonamento. Un valore maggiore di 100 indica una combinazione del tipo A2
<b>N punz</b>	: Sforzo di calcolo di punzonamento ortogonale alla zattera di fondazione
<b>Nrdu</b>	: Sforzo resistente ultimo di punzonamento
<b>Verifica</b>	: Indicazione soddisfacimento della verifica a punzonamento

## 11.2 VERIFICA MURO TIPO M0.1

DATI DI CALCOLO			
PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	SECONDA
Longitudine Est (Grd)	14,05446	Latitudine Nord (Grd)	37,51686
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,20000
Probabilita' Pvr (SLV)	0,10000	Periodo Ritorno Anni (SLV)	475,00000
Accelerazione Ag/g (SLV)	0,07400	Fattore Stratigrafia 'S'	1,50000
Probabilita' Pvr (SLD)	0,63000	Periodo Ritorno Anni (SLD)	50,00000
Accelerazione Ag/g (SLD)	0,03400		
TEORIE DI CALCOLO			
Verifiche effettuate con il metodo degli stati limite ultimi			
Portanza dei pali calcolata con la teoria di Norme A.G.I.			
Portanza terreno di fondazione calcolata con la teoria di Brinch-Hansen			
CRITERI DI CALCOLO			
Non e' considerata l'azione sismica dovuta ai sovraccarichi sul terrapieno.			
Non e' considerata l'azione sismica dovuta alle forze applicate al muro.			
Non si tiene conto dell'effetto stabilizzante delle forze applicate al muro.			
Rapporto tra il taglio medio e quello nel palo piu' caricato:			1,00
Coeff. maggiorativo diametro perforazione per micropali			1,20
Percentuale spinta a valle per la verifica a scorrimento			50
Percentuale spinta a valle per la verifica a ribaltam.			0
Percentuale spinta a valle per la verifica in fondazione			100
Percentuale spinta a valle per calcolo solleccitazioni			100
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA			
	TABELLA M1		TABELLA M2
Tangente Resist. Taglio		1,00	1,25
Peso Specifico		1,00	1,00
Coesione Efficace (c'k)		1,00	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)		1,00	1,40
Tipo Approccio	Combinazione Unica: (A1+M1+R3)		
Tipo di fondazione	Su Pali Infissi		
	COEFFICIENTI R3	R3 STATICI	R3 SISMICI
Capacita' Portante		1,40	1,20
Scorrimento		1,40	1,00
Ribaltamento		1,15	1,00
Resist. Terreno Valle		1,40	1,20
Resist. alla Base			1,15
Resist. Lat. a Compr.			1,15
Resist. Lat. a Traz.			1,25
Carichi Trasversali			1,30

CARATTERISTICHE MATERIALI			
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI			
CARATTERISTICHE C. A. ELEVAZIONE			
Classe Calcestruzzo	C32/40	Classe Acciaio	B450C
Modulo Elastico CLS	333457 kg/cmq	Modulo Elastico Acc	2100000 kg/cmq
Coeff. di Poisson	0,2	Tipo Armatura	POCO SENSIBILI
Resist.Car. CLS 'fck'	320,0 kg/cmq	Tipo Ambiente	ORDINARIA XA2
Resist. Calcolo 'fcd'	181,0 kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500,0 kg/cmq
Tens. Max. CLS 'rcd'	181,0 kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500,0 kg/cmq
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20 %	Resist. Calcolo'fyd'	3913,0 kg/cmq
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35 %	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00 %
Fessura Max.Comb.Rare	mm	Sigma CLS Comb.Rare	192,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Perm	0,3 mm	Sigma CLS Comb.Perm	144,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Freq	0,4 mm	Sigma Acc Comb.Rare	3600,0 kg/cmq
Peso Spec.CLS Armato	2500 kg/mc	Copriferro Netto	4,0 cm
CARATTERISTICHE C. A. FONDAZIONE			
Classe Calcestruzzo	C32/40	Classe Acciaio	B450C
Modulo Elastico CLS	333457 kg/cmq	Modulo Elastico Acc	2100000 kg/cmq
Coeff. di Poisson	0,2	Tipo Armatura	POCO SENSIBILI
Resist.Car. CLS 'fck'	320,0 kg/cmq	Tipo Ambiente	ORDINARIA XA2
Resist. Calcolo 'fcd'	181,0 kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500,0 kg/cmq
Tens. Max. CLS 'rcd'	181,0 kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500,0 kg/cmq
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20 %	Resist. Calcolo'fyd'	3913,0 kg/cmq
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35 %	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00 %
Fessura Max.Comb.Rare	mm	Sigma CLS Comb.Rare	192,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Perm	0,3 mm	Sigma CLS Comb.Perm	144,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Freq	0,4 mm	Sigma Acc Comb.Rare	3600,0 kg/cmq
Peso Spec.CLS Armato	2500 kg/mc	Peso Spec.CLS Magro	2200 kg/mc
Copriferro Netto	4,0 cm		
CARATTERISTICHE CEMENTO ARMATO PALI			
Classe Calcestruzzo	C32/40	Classe Acciaio	B450C
Modulo Elastico CLS	333457 kg/cmq	Modulo Elastico Acc	2100000 kg/cmq
Coeff. di Poisson	0,2	Tipo Armatura	POCO SENSIBILI
Resist.Car. CLS 'fck'	320,0 kg/cmq	Tipo Ambiente	ORDINARIA XA2
Resist. Calcolo 'fcd'	181,0 kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500,0 kg/cmq
Tens. Max. CLS 'rcd'	181,0 kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500,0 kg/cmq

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

**CARATTERISTICHE MATERIALI**

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI					
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20	%	Resist. Calcolo'fyd'	3913,0	kg/cm <sup>2</sup>
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35	%	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00	%
Fessura Max.Comb.Rare		mm	Sigma CLS Comb.Rare	192,0	kg/cm <sup>2</sup>
Fessura Max.Comb.Perm	0,3	mm	Sigma CLS Comb.Perm	144,0	kg/cm <sup>2</sup>
Fessura Max.Comb.Freq	0,4	mm	Sigma Acc Comb.Rare	3600,0	kg/cm <sup>2</sup>
Peso Spec.CLS Armato	2500	kg/m <sup>3</sup>	Copriferro Netto	6,0	cm
CARATTERISTICHE MATERIALE MURI GRAVITA'					
Resistenza di calcolo a compressione del materiale				100,0	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione del materiale				0,0	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico del materiale				2500	Kg/m <sup>3</sup>
Peso specifico del calcestruzzo magro di fondazione				2200	Kg/m <sup>3</sup>
Denominazione del materiale	CALCESTRUZZO MAGRO NON ARMATO				
CARATTERISTICHE DEI MICROPALI (Tipologia=Nessuna)					
Modulo elastico omogeneizzato del materiale:				300	t/cm <sup>2</sup>
Sforzo di taglio massimo di calcolo nel singolo micropalo				75	t
Momento flettente massimo di calcolo nel singolo micropalo				75	tm
Peso specifico omogeneizzato del materiale				2500	Kg/m <sup>3</sup>
Denominazione tipo di micropali	MICROPALO DI ESEMPIO				
CARATTERISTICHE DEI TIRANTI					
Tensione di snervamento dell'acciaio				3250	Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio				2100	t/cm <sup>2</sup>
Ancoraggi effettuati con bulbo di calcestruzzo iniettato					

**DATI TERRAPIENO MURO 1**

Muro n.1						
DATI TERRAPIENO						
Altezza del terrapieno a monte nel punto di contatto col muro:4 m						
Altezza del terrapieno a valle nel punto di contatto col muro:1.5 m						
Inclinaz. media terreno valle(positivo se scende verso valle):13 °						
Angolo di attrito tra fondazione e terreno:0 °						
Adesione tra fondazione e terreno:0 Kg/cm <sup>2</sup>						
Angolo di attrito tra fondazione e terreno in presenza acqua:0 °						
Adesione tra fondazione e terreno in presenza di acqua:0 Kg/cm <sup>2</sup>						
Permeabilita' Terreno:BASSA						
Muro Vincolato:SI						
Coefficiente BetaM:1						
Coefficiente di intensita' sismica orizzontale:.133						
Coefficiente di intensita' sismica verticale:.066						
Coordinate dei vertici aggiuntivi per la determinazione della spezzata dell'estradosso del terrapieno a monte e a valle. Le coordinate sono fornite per il terrapieno a monte rispetto al punto iniziale (ovvero piu' a sinistra), mentre per il terrapieno a valle sono riferite al punto piu' in basso a sinistra della fondazione.						
POLIGONALE MONTE			POLIGONALE VALLE			
Vertice	Ascissa m	Ordinata m	Vertice	Ascissa m	Ordinata m	
1	10,00	0,00				

**DATI STRATIGR. MURO 1**

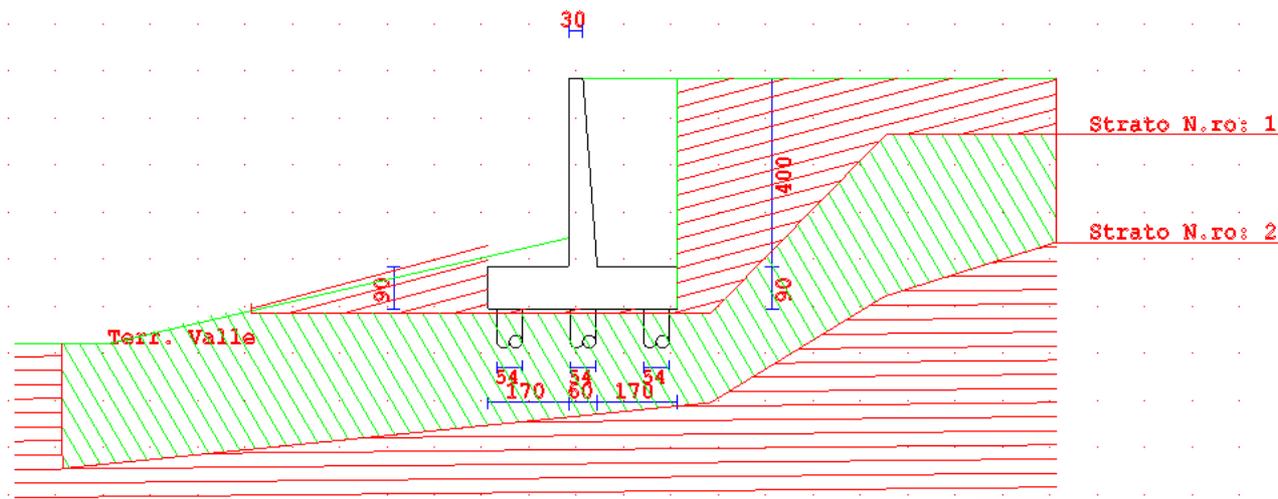
STRATIGRAFIA DEL TERRENO	
STRATO n. 1 :	
Spessore dello strato:	variabile
Angolo di attrito interno del terreno:	28 °
Angolo di attrito tra terreno e muro:	18 °
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,01 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,03 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1800 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	0,50 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,65 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	800 Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00
STRATO n. 2 :	
Spessore dello strato:	variabile
Angolo di attrito interno del terreno:	17 °
Angolo di attrito tra terreno e muro:	12 °
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,02 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,01 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1971 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	0,61 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,40 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	971 Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00
STRATO n. 3 :	
Spessore dello strato:	variabile m

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

DATI STRATIGR. MURO 1

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Angolo di attrito interno del terreno:	21	°
Angolo di attrito tra terreno e muro:	15	°
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,30	Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,19	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1971	Kg/m <sup>3</sup>
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	1,60	Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	1,00	Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	971	Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00	



20-Stratigrafia muro di Sottoscarpa

DATI RIEMPIMENTI MURO 1

DATI RIEMPIMENTI MONTE E VALLE

MURO n.	1	RIEMPIMENTO MONTE:	
Angolo di inclinazione del riempimento:			0 °
Angolo di attrito interno del terreno:			26 °
Angolo di attrito tra terreno e muro:			22 °
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:			1700 Kg/m <sup>3</sup>
Peso specifico efficace del terreno sommerso:			700 Kg/m <sup>3</sup>

COORDINATE STRATI MURO 1

Strato	Vertice	Ascissa m	Ordinata m	Strato	Vertice	Ascissa m	Ordinata m
1	1	-5,00	-0,09	1	2	4,70	-0,10
	3	8,40	3,70		4	12,00	3,70
2	1	-9,00	-3,40	2	2	4,70	-2,00
	3	8,37	0,26		4	12,00	1,41

GEOMETRIA MURO 1

MURO A MENSOLA IN CEMENTO ARMATO

Altezza del paramento:	4,00	m
Spessore del muro in testa (sezione orizzontale):	30	cm
Scostamento della testa del muro (positivo verso monte):	-30	cm
Spessore del muro alla base (sezione orizzontale):	60	cm

GEOMETRIA MURO 1

FONDAZIONE SU PALI/MICROPALI

Lunghezza della mensola di fondazione a valle:	170	cm
Lunghezza della mensola di fondazione a monte:	170	cm
Spessore della zattera di fondazione:	90	cm
Inclinazione del piano di posa della fondazione:	0	°
Sviluppo della fondazione:	12	m

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

Diametro dei pali o del foro dei micropali:	54	cm
Lunghezza complessiva dei pali:	15	m
Interasse tra i pali:	165	cm
Tratto di palo svettante fuori terra:	0	cm
Tipo disposizione file pali: allineata.	-----	----
Fattore correlaz. CSI per il calcolo di Rk pali:	1.7	----

Fila N.	Distanza dalla fila precedente o dal bordo	Inclinazione dei pali (positiva verso valle)
1	45 cm	0,0
2	155 cm	0,0
3	155 cm	0,0

**CARICHI MURO 1**

SOVRACCARICHI SUL TERRAPIENO	
CONDIZIONE n.	1 ----
Sovraccarico uniformemente distribuito generalizzato:	0,00 t/mq
Sovraccarico uniformemente distribuito a nastro:	0,00 t/mq
Distanza dal muro del punto di inizio del carico a nastro:	0,00 m
Distanza dal muro del punto di fine del carico a nastro:	0,00 m
Sovraccarico concentrato lineare lungo lo sviluppo:	0,00 t/m
Distanza dal muro del punto di applicazione carico lineare:	1,00 m
Carico concentrato puntiforme:	0,00 t
Interasse tra i carichi puntiformi lungo lo sviluppo:	1,00 m
Distanza dal muro punto di applicazione carico puntiforme:	0,00 m
Sovraccarico uniformemente distribuito terrapieno a valle:	0,00 t/mq
CONDIZIONE n.	2 ----
Sovraccarico uniformemente distribuito generalizzato:	0,00 t/mq
Sovraccarico uniformemente distribuito a nastro:	2,00 t/mq
Distanza dal muro del punto di inizio del carico a nastro:	1,50 m
Distanza dal muro del punto di fine del carico a nastro:	8,50 m
Sovraccarico concentrato lineare lungo lo sviluppo:	0,00 t/m
Distanza dal muro del punto di applicazione carico lineare:	1,00 m
Carico concentrato puntiforme:	0,00 t
Interasse tra i carichi puntiformi lungo lo sviluppo:	1,00 m
Distanza dal muro punto di applicazione carico puntiforme:	0,00 m
Sovraccarico uniformemente distribuito terrapieno a valle:	0,00 t/mq

**COMBINAZIONI MURO 1**

Cond. Num.	Descrizione Condizione
1	PERMANENTE
2	Traffico Veicolare

**COMBINAZIONI MURO 1**

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.U. A 1											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,50	0,00									0,00
2	1,50	1,50									0,00
3	1,00	0,20									1,00

**COMBINAZIONI MURO 1**

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. RARA											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,00	0,00									
2	1,00	1,00									

**COMBINAZIONI MURO 1**

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. FREQ.											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,00	1,00									
2	1,00	1,00									

**COMBINAZIONI MURO 1**

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. PERM.											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,00	1,00									

**VERIFICHE MURO 1**

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb File	Nsdu Kg	Msdud Kg	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kg	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	1	0	30	100	185	490	0	1	0	0	0,0	0,0	0	4	0	0	1	0	0	0		OK
2	1	30	32	100	186	460	0	2	240	66	19,0	19,0	0	4	240	18482	2	455	17067	0		OK
3	1	60	35	100	187	430	0	2	508	285	19,0	19,0	0	4	508	20212	2	1016	17673	0		OK
4	1	90	37	100	188	400	0	2	806	689	19,0	19,0	0	4	806	21946	2	1685	18260	0		OK
5	1	120	39	100	190	370	0	2	1132	1312	19,0	19,0	0	4	1132	23645	2	2462	18829	0		OK
6	1	150	41	100	191	340	0	2	1488	2184	19,0	19,0	0	4	1488	25344	2	3345	19384	0		OK
7	1	180	44	100	192	310	0	2	1872	3338	19,0	19,0	0	4	1872	27050	2	4336	19924	0		OK
8	1	210	46	100	193	280	0	2	2286	4807	19,0	19,0	0	4	2286	28766	2	5435	20451	0		OK
9	1	240	48	100	194	250	0	2	2729	6622	19,0	19,0	0	4	2729	30496	2	6640	20967	0		OK
10	1	270	50	100	195	220	0	2	3201	8816	19,0	19,0	0	4	3201	32243	2	7953	21472	0		OK

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

VERIFICHE MURO 1																						
VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Msdm Kg	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kg	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
11	1	300	53	100	196	190	0	2	3701	11422	19,0	19,0	0	4	3701	34006	2	9373	21966	0		OK
12	1	330	55	100	197	160	0	2	4231	14470	19,0	19,0	0	4	4231	35789	2	10900	22451	0		OK
13	1	360	57	100	199	130	0	2	4790	17995	19,0	19,0	0	4	4790	37591	2	12535	22928	0		OK
14	1	390	59	100	200	100	0	2	5378	22027	19,0	19,0	0	4	5378	39414	2	14277	23396	0		OK
15	1	400	60	100	200	90	0	2	5580	23489	19,0	19,0	0	4	5580	40027	2	14881	23551	0		OK

VERIFICHE MURO 1																						
VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Msdm Kg	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kg	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	4	0	90	100	0	45	-90	1	1930	393	0,0	0,0	0	0	0	0	1	0	0	0		OK
2	4	30	90	100	30	45	-90	1	1930	520	19,0	19,0	0	0	1930	61308	1	864	30430	0		OK
3	4	60	90	100	60	45	-90	2	8311	11017	19,0	19,0	0	0	8311	63862	2	-29623	30430	0		OK
4	4	90	90	100	90	45	-90	2	8311	2280	19,0	19,0	0	0	8311	63862	2	-28624	30430	0		OK
5	4	120	90	100	120	45	-90	2	8311	-6157	19,0	19,0	0	0	8311	63862	2	-27625	30430	0		OK
6	4	150	90	100	150	45	-90	2	8311	-14294	19,0	19,0	0	0	8311	63862	2	-26626	30430	0		OK
7	4	170	90	100	170	45	-90	2	8311	-19553	19,0	19,0	0	0	8311	63862	2	-25960	30430	0		OK

VERIFICHE MURO 1																						
VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Msdm Kg	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kg	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	5	0	90	100	400	45	90	2	5350	-65	0,0	0,0	0	0	0	0	2	-1314	0	0		OK
2	5	30	90	100	370	45	90	2	5350	-1099	19,0	19,0	0	0	5350	62678	2	-5557	30430	0		OK
3	5	60	90	100	340	45	90	2	-1030	10555	19,0	19,0	0	0	-1030	60123	2	-15490	30430	0		OK
4	5	90	90	100	310	45	90	2	-1030	5307	19,0	19,0	0	0	-1030	60123	2	-19468	30430	0		OK
5	5	120	90	100	280	45	90	2	-1030	-1113	19,0	19,0	0	0	-1030	60123	2	-23314	30430	0		OK
6	5	150	90	100	250	45	90	2	-1030	-8667	19,0	19,0	0	0	-1030	60123	2	-27026	30430	0		OK
7	5	170	90	100	230	45	90	2	-1030	-14279	19,0	19,0	0	0	-1030	60123	2	-29012	30430	0		OK

VERIFICHE MURO 1																						
VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Msdm Kg	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kg	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	8	0	90	400	0	0	0	2	0	16057	66,0	66,0	0	0	0	205685	1	0	119659	0		OK
2	8	30	90	400	0	0	0	2	0	11810	66,0	66,0	0	0	0	205685	2	28309	119659	0		OK
3	8	60	90	400	0	0	0	2	0	-929	66,0	66,0	0	0	0	205685	2	56618	119659	0		OK
4	8	83	90	400	0	0	0	2	0	-16057	66,0	66,0	0	0	0	205685	2	77850	119659	0		OK

VERIFICHE MURO 1										
FESSURAZIONE MURI										
Muro N.	Ele	Tipo Comb	Cmb	Sez. fes	N fes Kg	M fes Kg	Dist. cm	Wcalc mm	W Lim mm	Verifica
1	5	Freq	1	7	-530	-10369	18	0,10	0,40	OK
			1	7	-530	-10369	18	0,10	0,30	OK
1	4	Freq	1	7	6466	-14653	20	0,13	0,40	OK
			1	7	6466	-14653	20	0,13	0,30	OK
1	1	Freq	1	15	5580	16992	20	0,26	0,40	OK
			1	15	5580	16992	20	0,26	0,30	OK
1	8	Freq	1	4	0	-12306	20	0,04	0,40	OK
			1	4	0	-12306	20	0,04	0,30	OK

VERIFICHE MURO 1															
TENSIONI DI ESERCIZIO MURI															
Muro N.	Ele	Tipo Comb	Cmb	Sez. σ	N σ Kg	M σ Kg	σ Kg/cmq	σ max Kg/cmq	Cmb σ	Sez. σ	N σ Kg	M σ Kg	σ Kg/cmq	σ max Kg/cmq	Verifica
1	5	rara perm	2	7	-530	-10369	18,0	192,0	2	7	-530	-10369	689	3600	OK
			1	7	-530	-10369	18,0	144,0							OK
1	4	rara perm	2	7	6466	-14653	26,0	192,0	2	7	6466	-14653	793	3600	OK
			1	7	6466	-14653	26,0	144,0							OK
1	1	rara perm	2	15	5580	16992	57,8	192,0	2	15	5580	16992	1608	3600	OK
			1	15	5580	16992	57,8	144,0							OK
1	8	rara perm	2	4	0	-12306	6,0	192,0	2	4	0	-12306	236	3600	OK
			1	4	0	-12306	6,0	144,0							OK

VERIFICHE PALI																
VERIFICHE DI RESISTENZA PALI																
Muro N.	Sez. N.	Dist cm	Comb files	File file	Nsdu Kg	Msdm Kg	Atot cmq	Nrdu Kg	Mrdu Kg	Comb tagl	File tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verifica
1	1	90	2	3	-9609	19705	63,3	-9609	38566	2	1	10528	59942	45689	13,1	OK
1	2	190	1	3	1788	6357	63,3	1788	39578	2	1	9388	53502	45689	13,1	OK
1	3	200	1	3	1779	5766	63,3	1779	39577	2	1	9287	53501	45689	13,1	OK

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

VERIFICHE PALI

VERIFICHE DI RESISTENZA PALI																
Muro N.	Sez. N.	Dist cm	Comb files	File file	Nsdu Kg	Msdu Kgm	Atot cmq	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Comb tagl	File tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verifica
1	4	300	1	3	1535	302	63,3	1535	39556	2	1	7580	53469	45689	13,1	OK
1	5	400	1	3	0	2985	63,3	0	39420	2	1	2914	53272	45689	13,1	OK
1	6	418	1	3	0	3290	63,3	0	39420	2	1	2325	53272	45689	13,1	OK
1	7	518	1	3	0	3761	63,3	0	39420	2	1	499	53272	45689	13,1	OK
1	8	618	1	3	0	2976	63,3	0	39420	2	1	1653	53272	45689	13,1	OK
1	9	718	1	3	0	1837	63,3	0	39420	2	1	1712	53272	45689	13,1	OK
1	10	818	1	3	0	858	63,3	0	39420	2	1	1257	53272	45689	13,1	OK
1	11	918	1	3	0	224	63,3	0	39420	2	1	706	53272	45689	13,1	OK
1	12	1018	1	3	0	84	63,3	0	39420	2	1	274	53272	45689	13,1	OK
1	13	1118	1	3	0	171	63,3	0	39420	2	1	23	53272	18275	5,2	OK
1	14	1218	1	3	0	145	63,3	0	39420	2	1	80	53272	18275	5,2	OK
1	15	1318	1	3	0	86	63,3	0	39420	2	1	91	53272	18275	5,2	OK
1	16	1418	1	3	0	35	63,3	0	39420	2	1	63	53272	18275	5,2	OK
1	17	1518	1	3	0	6	63,3	0	39420	2	1	25	53272	18275	5,2	OK
1	18	1590	1	3	0	0	63,3	0	39420	3	1	0	53272	18275	5,2	OK

VERIFICA A PUNZONAMENTO PALI

PUNZONAMENTO PALI							
Muro N.	Fila N.	Diam cm	Spess cm	Cmb pun	N punz Kg	Nrdu Kg	Status Verifica
1	1	54	90	2	51900	200737	OK
1	3	54	90	2	-9609	200737	OK

VERIFICA A FESSURAZIONE PALI

FESSURAZIONE PALI										
Muro N.	Tipo Comb	Cmb fes	File fes	Sez fes	N fes Kg	M fes Kgm	Dist. cm	W ese mm	W max mm	Verifica
1	freq	1	3	1	-3854	14007	8	0,12	0,40	OK
0	perm	1	3	1	-3854	14007	8	0,12	0,30	OK

VERIFICA S.L.E. PALI

TENSIONI DI ESERCIZIO PALI																
Muro N.	Tipo Comb	Cmb sc	File sc	Sez sc	N sc Kg	M sc Kgm	sc Kg/cmq	sc max Kg/cmq	Cmb sc	File sc	Sez. sc	N sc Kg	M sc Kgm	sc max Kg/cmq	Verifica	
1	rara	2	3	1	-3854	14007	138,9	192,0	2	3	1	-3854	14007	1741	3600	OK
	perm	1	3	1	-3854	14007	138,9	144,0								OK

VERIFICA PORTANZA MURO 1

VERIFICHE PORTANZA PALI/MICROPALI	
FILA n.	1
Interasse minimo tra i pali:	155 cm
Numero del primo strato su cui fondano i pali:	1
Profondita' del primo strato attraversata dai pali:	0,000 m
Combinazione di carico piu' gravosa per carico assiale:	2 A1
Scarico ortogonale alla fondazione complessivo:	37,00 t/m
Scarico parallelo alla fondazione complessivo:	18,42 t/m
Momento ribaltante applicato in fondazione:	55,61 tm/m
Pressione verticale agente sul piano fondazione:	2,70 t/mq
Portanza limite alla base:	42,74 t
Portanza limite per attrito laterale meno attrito negativo:	62,71 t
Coefficiente di riduzione portata assiale pali in gruppo:	0,67
Carico limite complessivo netto assiale:	61,42 t
Carico al limite dell'instabilita' secondo Eulero:	999,99 t
Carico di esercizio per il palo piu' sollecitato:	60,49 t
Coefficiente di sicurezza portanza assiale palo:	1,02
Combinazione di carico piu' gravosa carico normale all'asse:	2
Portanza limite per carico normale all'asse per ciasun palo:	604,07 t
Coefficiente riduzione portata normale pali in gruppo:	0,67
Carico ortogonale limite complessivo netto:	311,21 t
Carico ortogonale di esercizio palo piu' sollecitato:	10,53 t
Coefficiente di sicurezza portanza normale palo	29,56
LA VERIFICA RISULTA	SODDISFATTA
FILA n.	2
Interasse minimo tra i pali:	155 cm
Numero del primo strato su cui fondano i pali:	1
Profondita' del primo strato attraversata dai pali:	0,000 m
Combinazione di carico piu' gravosa per carico assiale:	2 A1
Scarico ortogonale alla fondazione complessivo:	37,00 t/m
Scarico parallelo alla fondazione complessivo:	18,42 t/m
Momento ribaltante applicato in fondazione:	55,61 tm/m
Pressione verticale agente sul piano fondazione:	2,70 t/mq
Portanza limite alla base:	42,74 t
Portanza limite per attrito laterale meno attrito negativo:	62,71 t
Coefficiente di riduzione portata assiale pali in gruppo:	0,67
Carico limite complessivo netto assiale:	61,42 t

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

## VERIFICA PORTANZA MURO 1

VERIFICHE PORTANZA PALI/MICROPALI		
Carico al limite dell'instabilita'secondo Eulero:	999,99	t
Carico di esercizio per il palo piu' sollecitato:	29,73	t
Coefficiente di sicurezza portanza assiale palo:	2,07	
Combinazione di carico piu' gravosa carico normale all'asse:	2	
Portanza limite per carico normale all'asse per ciasun palo:	604,07	t
Coefficiente riduzione portata normale pali in gruppo:	0,67	
Carico ortogonale limite complessivo netto:	311,21	t
Carico ortogonale di esercizio palo piu' sollecitato:	10,53	t
Coefficiente di sicurezza portanza normale palo	29,56	
LA VERIFICA RISULTA	SODDISFATTA	
<b>F I L A n.</b>		
Interasse minimo tra i pali:	3	
Numero del primo strato su cui fondano i pali:	155	cm
Profondita' del primo strato attraversata dai pali:	1	
Profondita' del primo strato attraversata dai pali:	0,000	m
Combinazione di carico piu' gravosa per carico assiale:	1	A1
Scarico ortogonale alla fondazione complessivo:	32,65	t/m
Scarico parallelo alla fondazione complessivo:	12,00	t/m
Momento ribaltante applicato in fondazione:	30,69	tm/m
Pressione verticale agente sul piano fondazione:	2,70	t/mq
Portanza limite alla base:	42,74	t
Portanza limite per attrito laterale meno attrito negativo:	62,71	t
Coefficiente di riduzione portata assiale pali in gruppo:	0,67	
Carico limite complessivo netto assiale:	61,42	t
Carico al limite dell'instabilita'secondo Eulero:	999,99	t
Carico di esercizio per il palo piu' sollecitato:	10,27	t
Coefficiente di sicurezza portanza assiale palo:	5,98	
Combinazione di carico piu' gravosa carico normale all'asse:	2	
Portanza limite per carico normale all'asse per ciasun palo:	604,07	t
Coefficiente riduzione portata normale pali in gruppo:	0,67	
Carico ortogonale limite complessivo netto:	311,21	t
Carico ortogonale di esercizio palo piu' sollecitato:	10,53	t
Coefficiente di sicurezza portanza normale palo	29,56	
LA VERIFICA RISULTA	SODDISFATTA	

### 11.3 VERIFICA STABILITA' MURO TIPO M0.1

#### 11.3.1 Premessa

Si è effettuata la verifica di stabilità del pendio, al fine di verificare il miglioramento conseguito dall'inserimento dell'opera di contenimento.

La caratterizzazione geologica del terreno a monte del rilevato è rappresentata dall'alto verso il basso da Coltre Alterata, Argille con limo grigio scure .

Dal DTM si sono estrapolate alcune sezioni su cui è stata ricostruita la stratigrafia al fine di effettuare le verifiche di stabilità.

A vantaggio di sicurezza, ai fini del calcolo geotecnico e della stabilità del pendio, si sono considerati i valori residui di resistenza per lo strato di Coltre Alterata (AL), mentre per lo strati più profondi si sono considerati i valori di resistenza caratteristici.

Sono stati considerati i carichi permanenti, i carichi stradali e le diverse condizioni al contorno presenti.

Le verifiche sono state effettuate con i parametri geotecnici sia in condizioni "drenate" (Tensioni efficaci), che "non drenate" (Tensioni totali), SIA con i "parametri residui" per le Coltre Alterata (AL), che sono risultate le più restrittive.

I calcoli sono stati elaborati applicando la normativa attualmente vigente, cioè al D.M. del 17/01/2018 secondo l'Approccio "1" con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), con il metodo "Bell" e "Bishop" .

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza, FS, non inferiore a 1,10.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma utilizzato "C.D.D." della "STS S.r.l.", esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate. Si riportano nel seguito le verifiche grafiche eseguite sotto le ipotesi in precedenza ampiamente descritte.

#### 11.3.2 Tabulati

La presente relazione è relativa alla verifica di pendii naturali, di scarpate per scavi e di opere in terra.

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle Norme Tecniche per le costruzioni emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del Circolare N.7 del 21/01/2019 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al D.M 17 gennaio 2018.

Le verifiche sono state condotte rispetto agli stati limite di tipo geotecnico (GEO) applicando alle caratteristiche geotecniche del terreno i coefficienti parziali del gruppo M2 (Tab. 6.2.II NTC).

#### VERIFICHE DI STABILITÀ

I fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza a taglio del terreno lungo tale superficie.

La verifica di stabilità del pendio si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad una ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

Suddiviso il pendio in un determinato numero di conci di uguale ampiezza, per ogni concio si possono individuare:

- a) il peso;
- b) la risultante delle forze esterne agenti sulla superficie;
- c) le forze inerziali orizzontali e verticali;
- d) le reazioni normali e tangenziali mutue tra i conci;
- e) le reazioni normali e tangenziali alla base dei conci;
- f) le pressioni idrostatiche alla base.

Sotto l'ipotesi che la base di ciascun concio sia piana e che lungo la superficie di scorrimento valga il criterio della rottura alla *Mohr-Coulomb*, che correla tra loro le reazioni tangenziali e normali alla base, le incognite, per la determinazione dello equilibrio di ogni concio, risultano essere le reazioni laterali, i loro punti di applicazione, e la reazione normale alla base.

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

Per la determinazione di tutte le incognite, le equazioni di equilibrio risultano insufficienti, per cui il problema della stabilità dei pendii è, in via rigorosa, staticamente indeterminato. La risoluzione del problema va perseguita introducendo ulteriori condizioni sugli sforzi agenti sui conci. Tali ulteriori ipotesi differenziano sostanzialmente i diversi metodi di calcolo.

I casi in cui non è possibile stabilire un coefficiente di sicurezza per il pendio vengono segnalati attraverso le seguenti stringhe:

- SCARTATA : coefficiente di sicurezza minore di 0,1;
- NON CONV. : convergenza del metodo di calcolo non ottenuta;
- ELEM.RIG. : intersezione della superficie di scivolamento con un corpo rigido.

### • METODO DI BELL

L'ipotesi alla base del metodo consiste nell'imporre una specifica distribuzione delle tensioni normali lungo la superficie di scivolamento.

Definite le quantità:

- $f = \text{sen}\left(2 \cdot pg \cdot \frac{xb - xi}{xb - xa}\right)$
- $pg$  = costante pi greca
- $xb$  = ascissa punto di monte del pendio
- $xa$  = ascissa punto di valle del pendio
- $xi$  = ascissa parete di monte del pendio
- $Kx, Ky$  = coeff. sismici orizzontale e verticale
- $xci$  = ascissa punto medio alla base del concio  $i$
- $zci$  = ordinata punto medio alla base del concio  $i$
- $xgi, ygi$  = ascissa e ordinata baricentro concio  $i$
- $xmi, ymi$  = ascissa e ordinata punto applicazione risultante forze esterne

il coefficiente di sicurezza  $F$  scaturisce come parametro contenuto nei coefficienti del sistema di equazioni:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{14} \\ a_{24} \\ a_{34} \end{bmatrix}$$

dove:

$$\begin{aligned} a_{11} &= (1 - Kx) \cdot \left( \sum_i W_i \cdot \cos^2(a_i) \cdot \tan(\bar{f}_i) - F \cdot \sum_i W_i \sin(a_i) \cos(a_i) \right) \\ a_{12} &= \sum_i f \cdot b \cdot \tan(\bar{f}_i) - F \cdot \sum_i f \cdot b \cdot \tan(a_i) \\ a_{13} &= \sum_i c_i \cdot b \\ a_{14} &= \sum_i u_i \cdot b \cdot \tan(\bar{f}_i) + F(Kx \cdot \sum_i W_i - Q_i) \\ a_{21} &= (1 - Ky) \cdot \left( \sum_i W_i \cdot \sin(a_i) \cos(a_i) \cdot \tan(\bar{f}_i) + F \cdot \sum_i W_i \cos^2(a_i) \right) \\ a_{22} &= \sum_i f \cdot b \cdot \tan(a_i) + F \cdot \sum_i f \cdot b \\ a_{23} &= \sum_i c_i \cdot b \cdot \tan(a_i) \\ a_{24} &= \sum_i u_i \cdot b \cdot \tan(a_i) \cdot \tan(\bar{f}_i) + F \left[ (1 - Ky) \cdot \sum_i W_i + P_i \right] \\ a_{31} &= (1 - Ky) \cdot \left\{ \begin{aligned} &\sum_i (W_i \cdot \cos^2(a_i) \cdot \tan(\bar{f}_i)) \cdot zci - \\ & - \sum_i (W_i \cdot \sin(a_i) \cos(a_i) \tan(\bar{f}_i)) \cdot xci - F \left[ \sum_i (W_i \cos^2(a_i)) \cdot xci + \sum_i (W_i \sin(a_i) \cos(a_i)) \cdot zci \right] \end{aligned} \right\} \\ a_{32} &= \sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot zci - \sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i) \tan(\bar{f}_i)) \cdot xci - F \cdot \left[ \sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot zci + \sum_i (f \cdot b \cdot xci) \right] \\ a_{33} &= \sum_i (c_i \cdot b) \cdot zci - \sum_i (c_i \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot xci \\ a_{34} &= \sum_i (u_i \cdot b \cdot \tan(\bar{f}_i)) \cdot zci - \sum_i (u_i \cdot b \cdot \tan(a_i) \tan(\bar{f}_i)) \cdot xci + F \cdot Kx \sum_i W_i \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_i W_i \cdot xgi - Q_i \cdot ymi - P_i \cdot xmi \end{aligned}$$

- **METODO DI BISHOP**

Le ipotesi alla base dell'espressione di Bishop del coefficiente di sicurezza sono date da:

- superficie di scivolamento circolare;
- uguaglianza delle reazioni normali alle facce laterali dei conci.

$$(1) \quad F = \frac{\sum_{i=1}^N [c_i \cdot b + (W_i (1 - K_v) - u_i \cdot b) \tan(f_i)] \frac{\sec(a_i)}{1 + \tan(f_i) \tan(a_i)}}{\sum_{i=1}^N W_i \left[ (1 - K_v) \sin(a_i) + \frac{K_h \cdot dh_i}{R} \right]}$$

dove:

- $N$  = numero di conci in cui è suddiviso il pendio
- $c_i$  = coesione alla base del concio  $i$
- $b$  = larghezza del concio
- $W_i$  = peso del concio
- $u_i$  = pressione interstiziale alla base
- $f_i$  = angolo di attrito del terreno alla base del concio
- $a_i$  = inclinazione della base del concio
- $K_v$  = coefficiente sismico verticale
- $K_h$  = coefficiente sismico orizzontale
- $R$  = raggio del cerchio di scivolamento
- $dh_i$  = distanza verticale del profilo superiore del concio dal centro della superficie di scivolamento

Tale espressione del coefficiente di sicurezza  $F$  risulta in forma implicita, pertanto viene risolta per via ITERATIVA.

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

<b>Numero conci</b>	: Numero di conci in cui è suddiviso il pendio
<b>Coefficiente sismico orizzontale</b>	: Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica orizzontale
<b>Coefficiente sismico verticale</b>	: Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica verticale
<b>Ascissa punto passaggio cerchio (m)</b>	: Ascissa del punto di passaggio imposto per tutti i cerchi di scorrimento
<b>Ordinata punto passaggio cerchio (m)</b>	: Ordinata del punto di passaggio imposto per tutti i cerchi di scorrimento
<b>Ascissa polo (m)</b>	: Ascissa del primo punto centro del cerchio di scorrimento

<b>Ordinata polo (m)</b>	: Ordinata del primo punto centro del cerchio di scorrimento
<b>Numero righe maglia</b>	: Numero di punti lungo una linea verticale, centri di superfici di scorrimento
<b>Numero colonne maglia</b>	: Numero di punti lungo una linea orizzontale, centri di superfici di scorrimento
<b>Passo direzione 'X' (m)</b>	: Distanza in orizzontale tra i centri delle superficie di scorrimento circolari
<b>Passo direzione 'Y' (m)</b>	: Distanza in verticale tra i centri delle superficie di scorrimento circolari

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

<b>Str. N.ro</b>	: Numero dello strato
<b>Descrizione strato</b>	: Descrizione sintetica dello strato
<b>Coesione</b>	: Coesione
<b>Ang. attr.</b>	: Angolo di attrito interno del terreno dello strato in esame
<b>Densità</b>	: Peso specifico del terreno in situ
<b>D. Saturo</b>	: Peso specifico del terreno saturo
<b>Vert. N.ro</b>	: Numero del vertice della poligonale che definisce lo strato
<b>Ascissa / Ordinata</b>	: Coordinate dei vertici dello strato

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

<b>Elem. N.ro</b>	Numero identificativo dell'elemento rigido
<b>Densità</b>	Densità apparente dell'elemento rigido
<b>Dens. terr</b>	Densità del terreno rimosso per la presenza dell'elemento rigido
<b>Vert. N.ro</b>	Numero identificativo del vertice del poligono rappresentante l'elemento rigido
<b>Ascissa e Ordinata</b>	Coordinate del poligono

La presente relazione è relativa alla verifica di pendii naturali, di scarpate per scavi e di opere in terra.

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

## ATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	SECONDA
Longitudine Est (Grd)	14,054
Latitudine Nord (Grd)	37,517
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,200
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	475,000
Accelerazione Ag/g	0,074
Fattore Stratigrafia 'S'	1,500
Coeff. Sismico Kh	0,000
Coeff. Sismico Kv	0,000
Numero conci :	20
Numero elementi rigidi:	1
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa pto passaggio cerchio (m):	47,190
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	22,350
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	11,460
Ordinata Polo (m):	37,680
Numero righe maglia :	5,0
Numero colonne maglia :	5,0
Passo direzione 'X' (m) :	3,00
Passo direzione 'Y' (m) :	3,00
Rotazione maglia (Grd) :	30,0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coesione Efficace (c'k)	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,40
Coefficiente R2	1,00

## DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0,00	10,00
		2	40,00	19,23				
		3	40,01	22,63				
		4	40,30	22,63				
		5	50,30	22,63				
		6	80,30	22,63				
1		0,000	26,00	1,700	1,700	1	40,30	17,73
						2	42,30	17,73
						3	42,30	22,63
2		0,100	28,00	1,800	1,800	1	33,30	17,64
						2	43,00	17,63
						3	46,70	21,43
						4	50,30	21,43
3		0,200	17,00	1,971	1,971	1	-0,04	7,94
						2	43,00	15,73
						3	46,67	17,99
						4	50,30	19,14
4		2,970	21,20	1,971	1,971			

## DATI ELEMENTI RIGIDI

Elem. N.ro	Densita' t/mc	Dens.terr t/mc	Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
1	2,50	1,80	1	40,30	22,63
			2	40,60	18,63
			3	42,30	18,63
			4	42,30	17,73
			5	38,30	17,73
			6	38,30	18,63
			7	40,00	18,63
			8	40,00	22,63

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

## DATI ELEMENTI RIGIDI

Elem. N.ro	Densita' t/mc	Dens.terr t/mc	Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)

## DATI ELEMENTI RESISTENTI A TAGLIO

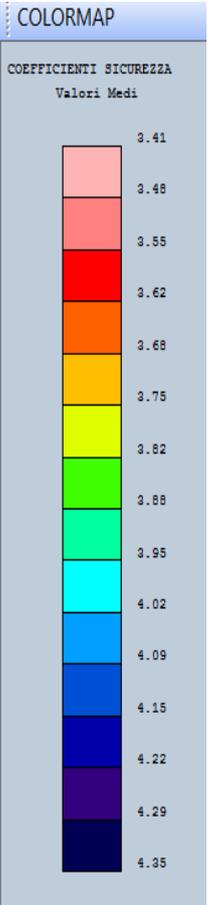
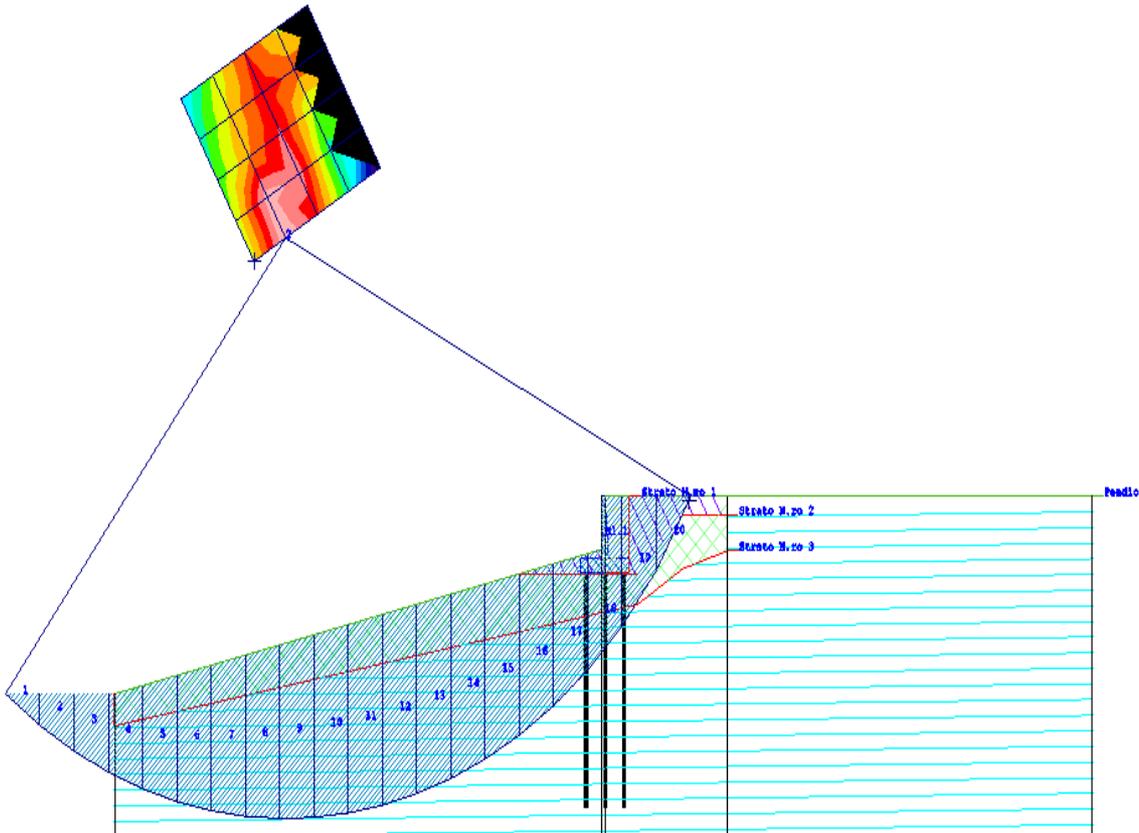
Elem. N.ro	Asc. in. (m)	Ord. in. (m)	Asc. fin. (m)	Ord. fin. (m)	Taglio Norm (t)	Taglio Tang (t)
1	38,75	17,73	38,75	2,73	29,34	88,03
2	40,30	17,73	40,30	2,73	29,34	88,03
3	41,85	17,73	41,85	2,73	29,34	88,03

N.ro Cerchio critico : 2

Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Bell
1	11,5	37,7	38,9	3,7912	3,7604
2	14,1	39,2	37,2	3,4226	3,4073
3	16,7	40,7	35,6	3,5931	3,5914
4	19,3	42,2	34,3	3,937	3,9292
5	21,9	43,7	33,1	4,3742	4,3348
6	10,0	40,3	41,3	3,8149	3,7887
7	12,6	41,8	39,7	3,4515	3,4406
8	15,2	43,3	38,3	3,5086	3,5009
9	17,8	44,8	37,0	3,9216	3,902
10	20,4	46,3	36,0	ELEM.RIG.	ELEM.RIG.
11	8,5	42,9	43,8	3,885	3,8622
12	11,1	44,4	42,3	3,6933	3,6848
13	13,7	45,9	41,0	3,5436	3,5359
14	16,3	47,4	39,8	3,8329	3,8153
15	18,9	48,9	38,8	ELEM.RIG.	ELEM.RIG.
16	7,0	45,5	46,4	3,9382	3,9177
17	9,6	47,0	45,0	3,74	3,7324
18	12,2	48,5	43,7	3,5778	3,5661
19	14,8	50,0	42,6	3,6544	3,6301
20	17,4	51,5	41,7	ELEM.RIG.	ELEM.RIG.
21	5,5	48,1	49,0	4,0395	4,0235
22	8,1	49,6	47,7	3,8109	3,7943
23	10,7	51,1	46,5	3,6169	3,6103
24	13,3	52,6	45,4	3,7783	3,7573
25	15,9	54,1	44,6	ELEM.RIG.	ELEM.RIG.

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

C.D.W. - MONDI SOFTWARE SRL - Spezia n.ro 2  
 Raggio = 87.16 m -  $Z_0 = 14.05$  m -  $Z_1 = 39.18$  m  
 Bell=2.4 B1abop=3.42



## 11.4 VERIFICA MURO TIPO M0.2

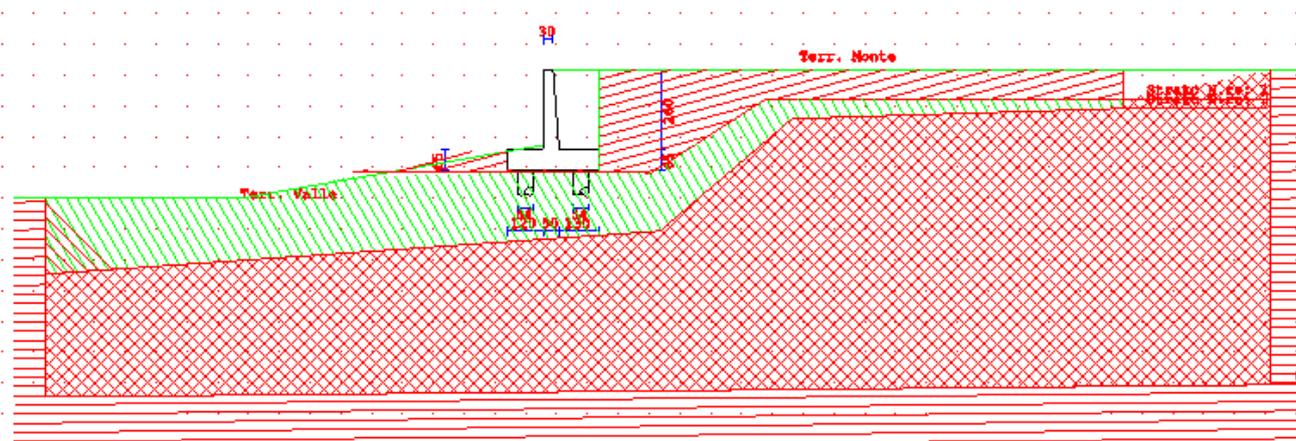
DATI DI CALCOLO			
PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	SECONDA
Longitudine Est (Grd)	14,05789	Latitudine Nord (Grd)	37,51659
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,20000
Probabilita' Pvr (SLV)	0,10000	Periodo Ritorno Anni (SLV)	475,00000
Accelerazione Ag/g (SLV)	0,07500	Fattore Stratigrafia 'S'	1,50000
Probabilita' Pvr (SLD)	0,63000	Periodo Ritorno Anni (SLD)	50,00000
Accelerazione Ag/g (SLD)	0,03400	-----	
TEORIE DI CALCOLO			
Verifiche effettuate con il metodo degli stati limite ultimi			
Portanza dei pali calcolata con la teoria di Norme A.G.I.			
Portanza terreno di fondazione calcolata con la teoria di Brinch-Hansen			
CRITERI DI CALCOLO			
Non e' considerata l'azione sismica dovuta ai sovraccarichi sul terrapieno.			
Non e' considerata l'azione sismica dovuta alle forze applicate al muro.			
Non si tiene conto dell'effetto stabilizzante delle forze applicate al muro.			
Rapporto tra il taglio medio e quello nel palo piu' caricato:			1,00
Coeff. maggiorativo diametro perforazione per micropali			1,20
Percentuale spinta a valle per la verifica a scorrimento			50
Percentuale spinta a valle per la verifica a ribaltam.			0
Percentuale spinta a valle per la verifica in fondazione			100
Percentuale spinta a valle per calcolo sollecitazioni			100
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA			
		TABELLA M1	TABELLA M2
Tangente Resist. Taglio		1,00	1,25
Peso Specifico		1,00	1,00
Coesione Efficace (c'k)		1,00	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)		1,00	1,40
Tipo Approccio		Combinazione Unica: (A1+M1+R3)	
Tipo di fondazione		Su Pali Infissi	
COEFFICIENTI R3	R3 STATICI	R3 SISMICI	R3 PALI
Capacita' Portante	1,40	1,20	
Scorrimento	1,40	1,00	
Ribaltamento	1,15	1,00	
Resist. Terreno Valle	1,40	1,20	
Resist. alla Base			1,15
Resist. Lat. a Compr.			1,15
Resist. Lat. a Traz.			1,25
Carichi Trasversali			1,30

## CARATTERISTICHE MATERIALI

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI			
CARATTERISTICHE C. A. ELEVAZIONE			
Classe Calcestruzzo	C32/40	Classe Acciaio	B450C
Modulo Elastico CLS	333457 kg/cmq	Modulo Elastico Acc	2100000 kg/cmq
Coeff. di Poisson	0,2	Tipo Armatura	POCO SENSIBILI
Resist.Car. CLS 'fck'	320,0 kg/cmq	Tipo Ambiente	ORDINARIA XA2
Resist. Calcolo 'fcd'	181,0 kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500,0 kg/cmq
Tens. Max. CLS 'rcd'	181,0 kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500,0 kg/cmq
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20 %	Resist. Calcolo'fyd'	3913,0 kg/cmq
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35 %	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00 %
Fessura Max.Comb.Rare	mm	Sigma CLS Comb.Rare	192,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Perm	0,3 mm	Sigma CLS	144,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Freq	0,4 mm	Comb.Perm	
Peso Spec.CLS Armato	2500 kg/mc	Sigma Acc Comb.Rare	3600,0 kg/cmq
		Copriferro Netto	4,0 cm
CARATTERISTICHE C. A. FONDAZIONE			
Classe Calcestruzzo	C32/40	Classe Acciaio	B450C
Modulo Elastico CLS	333457 kg/cmq	Modulo Elastico Acc	2100000 kg/cmq
Coeff. di Poisson	0,2	Tipo Armatura	POCO SENSIBILI
Resist.Car. CLS 'fck'	320,0 kg/cmq	Tipo Ambiente	ORDINARIA XA2
Resist. Calcolo 'fcd'	181,0 kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500,0 kg/cmq
Tens. Max. CLS 'rcd'	181,0 kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500,0 kg/cmq
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20 %	Resist. Calcolo'fyd'	3913,0 kg/cmq
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35 %	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00 %
Fessura Max.Comb.Rare	mm	Sigma CLS Comb.Rare	192,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Perm	0,3 mm	Sigma CLS	144,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Freq	0,4 mm	Comb.Perm	
Peso Spec.CLS Armato	2500 kg/mc	Sigma Acc Comb.Rare	3600,0 kg/cmq
Copriferro Netto	4,0 cm	Peso Spec.CLS Magro	2200 kg/mc
CARATTERISTICHE CEMENTO ARMATO PALI			
Classe Calcestruzzo	C32/40	Classe Acciaio	B450C
Modulo Elastico CLS	333457 kg/cmq	Modulo Elastico Acc	2100000 kg/cmq
Coeff. di Poisson	0,2	Tipo Armatura	POCO SENSIBILI
Resist.Car. CLS 'fck'	320,0 kg/cmq	Tipo Ambiente	ORDINARIA XA2
Resist. Calcolo 'fcd'	181,0 kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	4500,0 kg/cmq
Tens. Max. CLS 'rcd'	181,0 kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	4500,0 kg/cmq
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20 %	Resist. Calcolo'fyd'	3913,0 kg/cmq
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35 %	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00 %
Fessura Max.Comb.Rare	mm	Sigma CLS Comb.Rare	192,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Perm	0,3 mm	Sigma CLS	144,0 kg/cmq
Fessura Max.Comb.Freq	0,4 mm	Comb.Perm	
Peso Spec.CLS Armato	2500 kg/mc	Sigma Acc Comb.Rare	3600,0 kg/cmq
		Copriferro Netto	6,0 cm
CARATTERISTICHE MATERIALE MURI GRAVITA'			
Resistenza di calcolo a compressione del materiale		100,0	Kg/cmq
Resistenza di calcolo a trazione del materiale		0,0	Kg/cmq
Peso specifico del materiale		2500	Kg/mc
Peso specifico del calcestruzzo magro di fondazione		2200	Kg/mc
Denominazione del materiale	CALCESTRUZZO MAGRO NON ARMATO		
CARATTERISTICHE DEI MICROPALI (Tipologia=Nessuna)			
Modulo elastico omogeneizzato del materiale:		300	t/cm <sup>2</sup>
Sforzo di taglio massimo di calcolo nel singolo micropalo		75	t
Momento flettente massimo di calcolo nel singolo micropalo		75	tm
Peso specifico omogeneizzato del materiale		2500	Kg/mc
Denominazione tipo di micropali	MICROPALO DI ESEMPIO		
CARATTERISTICHE DEI TIRANTI			
Tensione di snervamento dell'acciaio		3250	Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio		2100	t/cm <sup>2</sup>
Ancoraggi effettuati con bulbo di calcestruzzo iniettato			

## DATI TERRAPIENO MURO 1

Muro n.1	
DATI TERRAPIENO	
Altezza del terrapieno a monte nel punto di contatto col muro:	2,60 m
Altezza del terrapieno a valle nel punto di contatto col muro:	0,80 m
Inclinaz. media terreno valle(positivo se scende verso valle):	10 °
Angolo di attrito tra fondazione e terreno	0 °
Adesione tra fondazione e terreno	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito tra fondazione e terreno in presenza acqua	0 °
Adesione tra fondazione e terreno in presenza di acqua	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Permeabilita' Terreno	BASSA ----
Muro Vincolato	SI ----
Coefficiente BetaM	1,000 ----
Coefficiente di intensita' sismica orizzontale	0,135 ----
Coefficiente di intensita' sismica verticale	0,068 ----



## DATI STRATIGR. MURO 1

STRATIGRAFIA DEL TERRENO	
STRATO n.	1 :
Spessore dello strato:	var. m
Angolo di attrito interno del terreno:	28 °
Angolo di attrito tra terreno e muro:	18 °
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1800 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	1,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,65 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	800 Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00
STRATO n.	2 :
Spessore dello strato:	var. m
Angolo di attrito interno del terreno:	17 °
Angolo di attrito tra terreno e muro:	12 °
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1911 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	0,61 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	0,60 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	911 Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00
STRATO n.	3 :
Spessore dello strato:	var. m
Angolo di attrito interno del terreno:	21 °
Angolo di attrito tra terreno e muro:	16 °
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,30 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,20 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1971 Kg/m <sup>3</sup>
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	1,60 Kg/cm <sup>2</sup>
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	1,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	971 Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

DATI STRATIGR. MURO 1	
STRATIGRAFIA DEL TERRENO	
STRATO n.	4
Spessore dello strato:	var. m
Angolo di attrito interno del terreno:	26 °
Angolo di attrito tra terreno e muro:	16 °
Coesione del terreno in condizioni drenate:	0,36 Kg/cmq
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni drenate:	0,22 Kg/cmq
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	2046 Kg/mc
Coesione del terreno in condizioni non drenate:	3,18 Kg/cmq
Adesione tra il terreno e il muro in condizioni non drenate:	2,00 Kg/cmq
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	1046 Kg/mc
Coefficiente di Lambe per attrito negativo pali:	0,00

DATI RIEMPIMENTI MURO 1	
DATI RIEMPIMENTI MONTE E VALLE	
MURO n.	1
RIEMPIMENTO MONTE:	
Angolo di inclinazione del riempimento:	0 °
Angolo di attrito interno del terreno:	23 °
Angolo di attrito tra terreno e muro:	20 °
Peso specifico apparente del terreno in assenza di acqua:	1800 Kg/mc
Peso specifico efficace del terreno sommerso:	800 Kg/mc

COORDINATE STRATI MURO 1									
Strato	Vertice	Ascissa m	Ordinata m		Strato	Vertice	Ascissa m	Ordinata m	
1	1	-5,00	-0,09		1	2	4,70	-0,10	
	3	8,40	2,30			4	20,00	2,30	
2	1	-15,00	-3,40		2	2	4,97	-2,00	
	3	9,27	1,66			4	20,00	1,99	
3	1	-15,00	-7,40		3	2	24,80	-7,00	

GEOMETRIA MURO 1	
MURO A MENSOLA IN CEMENTO ARMATO	
Altezza del paramento:	2,60 m
Spessore del muro in testa (sezione orizzontale):	30 cm
Scostamento della testa del muro (positivo verso monte):	-20 cm
Spessore del muro alla base (sezione orizzontale):	50 cm

GEOMETRIA MURO 1		
FONDAZIONE SU PALI/MICROPALI		
Lunghezza della mensola di fondazione a valle:	120	cm
Lunghezza della mensola di fondazione a monte:	130	cm
Spessore della zattera di fondazione:	65	cm
Inclinazione del piano di posa della fondazione:	0	°
Sviluppo della fondazione:	12	m
Diametro dei pali o del foro dei micropali:	54	cm
Lunghezza complessiva dei pali:	15	m
Interasse tra i pali:	160	cm
Tratto di palo sveltante fuori terra:	0	cm
Tipo disposizione file pali: allineata.	-----	----
Fattore correlaz. CSI per il calcolo di Rk pali:	1.7	----
Fila N.	Distanza dalla fila precedente o dal bordo	Inclinazione dei pali (positiva verso valle)
1	60 cm	0,0
2	180 cm	0,0

CARICHI MURO 1	
SOVRACCARICHI SUL TERRAPIENO	
CONDIZIONE n.	1
Sovraccarico uniformemente distribuito generalizzato:	0,00 t/mq
Sovraccarico uniformemente distribuito a nastro:	0,10 t/mq
Distanza dal muro del punto di inizio del carico a nastro:	2,00 m
Distanza dal muro del punto di fine del carico a nastro:	6,00 m
Sovraccarico concentrato lineare lungo lo sviluppo:	0,00 t/m
Distanza dal muro del punto di applicazione carico lineare:	1,00 m
Carico concentrato puntiforme:	0,00 t
Interasse tra i carichi puntiformi lungo lo sviluppo:	1,00 m
Distanza dal muro punto di applicazione carico puntiforme:	0,00 m
Sovraccarico uniformemente distribuito terrapieno a valle:	0,00 t/mq
CONDIZIONE n.	2
Sovraccarico uniformemente distribuito generalizzato:	0,00 t/mq
Sovraccarico uniformemente distribuito a nastro:	2,00 t/mq
Distanza dal muro del punto di inizio del carico a nastro:	1,50 m

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANNS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

**CARICHI MURO 1**

SOVRACCARICHI SUL TERRAPIENO	
Distanza dal muro del punto di fine del carico a nastro:	8,50 m
Sovraccarico concentrato lineare lungo lo sviluppo:	0,00 t/m
Distanza dal muro del punto di applicazione carico lineare:	1,00 m
Carico concentrato puntiforme:	0,00 t
Interasse tra i carichi puntiformi lungo lo sviluppo:	1,00 m
Distanza dal muro punto di applicazione carico puntiforme:	0,00 m
Sovraccarico uniformemente distribuito terrapieno a valle:	0,00 t/mq

**COMBINAZIONI MURO 1**

Cond. Num.	Descrizione Condizione
1	PERMANENTE
2	Traffico Veicolare

**COMBINAZIONI MURO 1**

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.U. A 1											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,50	0,00									0,00
2	1,50	1,50									0,00
3	1,00	0,20									1,00

**COMBINAZIONI MURO 1**

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. RARA											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,00	0,00									
2	1,00	1,00									

**COMBINAZIONI MURO 1**

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. FREQ.											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,00	1,00									
2	1,00	1,00									

**COMBINAZIONI MURO 1**

COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. PERM.											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond.10	Sisma
1	1,00	1,00									

**VERIFICHE MURO 1**

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Mdsu Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	1	0	30	100	135	325	0	1	0	0	0,0	0,0	0	4	0	0	1	0	0	0		OK
2	1	30	32	100	136	295	0	2	240	69	15,7	15,7	0	4	240	15695	2	476	16057	0		OK
3	1	60	35	100	137	265	0	2	510	299	15,7	15,7	0	4	510	17125	2	1075	16638	0		OK
4	1	90	37	100	138	235	0	2	809	729	15,7	15,7	0	4	809	18548	2	1797	17201	0		OK
5	1	120	39	100	140	205	0	2	1138	1395	15,7	15,7	0	4	1138	19973	2	2644	17748	0		OK
6	1	150	42	100	141	175	0	2	1497	2334	15,7	15,7	0	4	1497	21408	2	3614	18279	0		OK
7	1	180	44	100	142	145	0	2	1886	3584	15,7	15,7	0	4	1886	22857	2	4707	18796	0		OK
8	1	210	46	100	143	115	0	2	2304	5182	15,7	15,7	0	4	2304	24320	2	5924	19302	0		OK
9	1	240	48	100	144	85	0	2	2753	7164	15,7	15,7	0	4	2753	25801	2	7265	19795	0		OK
10	1	260	50	100	145	65	0	2	3068	8718	15,7	15,7	0	4	3068	26799	2	8228	20118	0		OK

**VERIFICHE MURO 1**

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Mdsu Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	4	0	65	100	0	33	-90	1	650	104	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0		OK
2	4	30	65	100	30	33	-90	1	650	192	15,7	15,7	0	0	650	27952	1	581	133825	0		OK
3	4	60	65	100	60	33	-90	1	650	452	15,7	15,7	0	0	650	27952	1	1150	143364	0		OK
4	4	90	65	100	90	33	-90	2	6001	5132	15,7	15,7	0	0	6001	30360	2	-24362	115324	0		OK
5	4	120	65	100	120	33	-90	2	6001	-2092	15,7	15,7	0	0	6001	30360	2	-23793	96468	0		OK

**VERIFICHE MURO 1**

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Mdsu Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	5	0	65	100	300	33	90	2	3171	-28	0,0	0,0	0	0	0	0	2	-687	0	0		OK
2	5	30	65	100	270	33	90	2	3171	-699	15,7	15,7	0	0	3171	36071	2	-3758	23533	0		OK
3	5	60	65	100	240	33	90	2	3171	-2269	15,7	15,7	0	0	3171	36071	2	-6688	23533	0		OK
4	5	90	65	100	210	33	90	2	-2179	5506	15,7	15,7	0	0	-2179	34543	2	-15710	23533	0		OK
5	5	120	65	100	180	33	90	1	-850	1329	15,7	15,7	0	0	-850	34923	2	-18076	23533	0		OK
6	5	130	65	100	170	33	90	2	-2179	-1430	15,7	15,7	0	0	-2179	34543	2	-18707	23533	0		OK

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

VERIFICHE MURO 1

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO

Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb File	Nsdu Kg	Msdu Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	8	0	65	300	0	0	0	2	0	8346	50,3	50,3	0	0	0	109007	1	0	69554	0		OK
2	8	30	65	300	0	0	0	2	0	5998	50,3	50,3	0	0	0	109007	2	15648	69554	0		OK
3	8	60	65	300	0	0	0	2	0	-1043	50,3	50,3	0	0	0	109007	2	31296	69554	0		OK
4	8	80	65	300	0	0	0	2	0	-8346	50,3	50,3	0	0	0	109007	2	41728	69554	0		OK

VERIFICHE MURO 1

FESSURAZIONE MURI

Muro N.	Ele	Tipo Comb	Cmb fes	Sez. fes	N fes Kg	M fes Kgm	Dist. cm	Wcalc mm	W Lim mm	Verifica
1	5	Freq	1	4	-1454	3910	20	0,08	0,40	OK
		Perm	1	4	-1454	3910	20	0,08	0,30	OK
1	4	Freq	1	4	4461	3527	21	0,04	0,40	OK
		Perm	1	4	4461	3527	21	0,04	0,30	OK
1	1	Freq	1	10	3068	6236	21	0,14	0,40	OK
		Perm	1	10	3068	6236	21	0,14	0,30	OK
1	8	Freq	1	4	0	-6349	20	0,04	0,40	OK
		Perm	1	4	0	-6349	20	0,04	0,30	OK

VERIFICHE MURO 1

TENSIONI DI ESERCIZIO MURI

Muro N.	Ele	Tipo Comb	Cmb oc	Sez. oc	N oc Kg	M oc Kgm	oc Kg/cmq	oc max Kg/cmq	Cmb oc	Sez. oc	N oc Kg	M oc Kgm	oc Kg/cmq	oc max Kg/cmq	Verifica
1	5	rara	2	4	-1454	3910	12,6	192,0	2	4	-1454	3910	485	3600	OK
		perm	1	4	-1454	3910	12,6	144,0							OK
1	4	rara	2	4	4461	3527	11,4	192,0	2	4	4461	3527	264	3600	OK
		perm	1	4	4461	3527	11,4	144,0							OK
1	1	rara	2	10	3068	6236	32,3	192,0	2	10	3068	6236	853	3600	OK
		perm	1	10	3068	6236	32,3	144,0							OK
1	8	rara	2	4	0	-6349	7,5	192,0	2	4	0	-6349	230	3600	OK
		perm	1	4	0	-6349	7,5	144,0							OK

VERIFICHE PALI

VERIFICHE DI RESISTENZA PALI

Muro N.	Sez. N.	Dist cm	Comb files	File file	Nsdu Kg	Msdu Kgm	Atot cmq	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Comb tagl	File tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verifica
1	1	65	2	2	-9975	16535	45,2	-9975	28782	2	1	8561	61977	56309	17,5	OK
1	2	165	1	2	553	5053	45,2	553	30162	2	1	7849	56384	56309	17,5	OK
1	3	175	1	2	574	4595	45,2	574	30164	2	1	7786	56387	56309	17,5	OK
1	4	275	1	2	650	268	45,2	650	30174	2	1	6557	56397	56309	17,5	OK
1	5	375	1	2	0	2380	45,2	0	30090	2	1	2528	56309	56309	17,5	OK
1	6	389	1	2	0	2586	45,2	0	30090	2	1	2106	56309	56309	17,5	OK
1	7	489	1	2	0	3014	45,2	0	30090	2	1	366	56309	56309	17,5	OK
1	8	589	1	2	0	2410	45,2	0	30090	2	1	1407	56309	56309	17,5	OK
1	9	689	1	2	0	1491	45,2	0	30090	2	1	1517	56309	56309	17,5	OK
1	10	788	1	2	0	663	45,2	0	30090	2	1	1211	56309	56309	17,5	OK
1	11	888	1	2	0	120	45,2	0	30090	2	1	605	56309	56309	17,5	OK
1	12	988	1	2	0	104	45,2	0	30090	2	1	176	56309	56309	17,5	OK
1	13	1088	1	2	0	136	45,2	0	30090	2	1	34	53272	18275	5,2	OK
1	14	1188	1	2	0	93	45,2	0	30090	2	1	88	53272	18275	5,2	OK
1	15	1288	1	2	0	44	45,2	0	30090	2	1	70	53272	18275	5,2	OK
1	16	1388	1	2	0	13	45,2	0	30090	2	1	34	53272	18275	5,2	OK
1	17	1488	1	2	0	1	45,2	0	30090	2	1	7	53272	18275	5,2	OK
1	18	1565	1	2	0	0	45,2	0	30090	1	2	0	53272	18275	5,2	OK

VERIFICA A PUNZONAMENTO PALI

PUNZONAMENTO PALI

Muro N.	Fila N.	Diam cm	Spess cm	Cmb pun	N punz Kg	Nrdu Kg	Status Verifica
1	1	54	65	2	41728	140727	OK
1	2	54	65	2	-9975	140727	OK

VERIFICA A FESSURAZIONE PALI

FESSURAZIONE PALI

Muro N.	Tipo Comb	Cmb fes	File fes	Sez. fes	N fes Kg	M fes Kgm	Dist. cm	W ese mm	W max mm	Verifica
1	freq	1	2	1	-4904	11774	10	0,16	0,40	OK
0	perm	1	2	1	-4904	11774	10	0,16	0,30	OK

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

## VERIFICA S.L.E. PALI

TENSIONI DI ESERCIZIO PALI																
Muro N.	Tipo Comb	Cmb $\sigma_c$	Fil $\sigma_c$	Sez $\sigma_c$	N $\sigma_c$ Kg	M $\sigma_c$ Kgm	$\sigma_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_c$ max Kg/cm <sup>2</sup>	Cmb $\sigma_f$	Fil $\sigma_f$	Sez. $\sigma_f$	N $\sigma_f$ Kg	M $\sigma_f$ Kgm	$\sigma_f$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_f$ max Kg/cm <sup>2</sup>	Verifica
1	rara	2	2	1	-4904	11774	137,7	192,0	2	2	1	-4904	11774	1983	3600	OK
	perm	1	2	1	-4904	11774	137,7	144,0								OK

## VERIFICA PORTANZA MURO 1

VERIFICHE PORTANZA PALI/MICROPALI	
FILA n.	1
Interasse minimo tra i pali:	160 cm
Numero del primo strato su cui fondano i pali:	1
Profondita' del primo strato attraversata dai pali:	0,000 m
Combinazione di carico piu' gravosa per carico assiale:	2 A1
Scarico ortogonale alla fondazione complessivo:	19,85 t/m
Scarico parallelo alla fondazione complessivo:	10,70 t/m
Momento ribaltante applicato in fondazione:	29,08 tm/m
Pressione verticale agente sul piano fondazione:	1,44 t/mq
Portanza limite alla base:	51,54 t
Portanza limite per attrito laterale meno attrito negativo:	79,02 t
Coefficiente di riduzione portata assiale pali in gruppo:	0,69
Carico limite complessivo netto assiale:	78,50 t
Carico al limite dell'instabilita'secondo Eulero:	999,99 t
Carico di esercizio per il palo piu' sollecitato:	50,32 t
Coefficiente di sicurezza portanza assiale palo:	1,56
Combinazione di carico piu' gravosa carico normale all'asse:	2
Portanza limite per carico normale all'asse per ciasun palo:	947,35 t
Coefficiente riduzione portata normale pali in gruppo:	0,69
Carico ortogonale limite complessivo netto:	503,82 t
Carico ortogonale di esercizio palo piu' sollecitato:	8,56 t
Coefficiente di sicurezza portanza normale palo	58,85
LA VERIFICA RISULTA	SODDISFATTA
FILA n.	2
Interasse minimo tra i pali:	160 cm
Numero del primo strato su cui fondano i pali:	1
Profondita' del primo strato attraversata dai pali:	0,000 m
Combinazione di carico piu' gravosa per carico assiale:	1 A1
Scarico ortogonale alla fondazione complessivo:	17,14 t/m
Scarico parallelo alla fondazione complessivo:	6,49 t/m
Momento ribaltante applicato in fondazione:	15,25 tm/m
Pressione verticale agente sul piano fondazione:	1,44 t/mq
Portanza limite alla base:	51,54 t
Portanza limite per attrito laterale meno attrito negativo:	79,02 t
Coefficiente di riduzione portata assiale pali in gruppo:	0,69
Carico limite complessivo netto assiale:	78,50 t
Carico al limite dell'instabilita'secondo Eulero:	999,99 t
Carico di esercizio per il palo piu' sollecitato:	8,74 t
Coefficiente di sicurezza portanza assiale palo:	8,98
Combinazione di carico piu' gravosa carico normale all'asse:	2
Portanza limite per carico normale all'asse per ciasun palo:	947,35 t
Coefficiente riduzione portata normale pali in gruppo:	0,69
Carico ortogonale limite complessivo netto:	503,82 t
Carico ortogonale di esercizio palo piu' sollecitato:	8,56 t
Coefficiente di sicurezza portanza normale palo	58,85
LA VERIFICA RISULTA	SODDISFATTA

## 11.5 VERIFICA STABILITA' MURO TIPO M0.2

### 11.5.1 Premessa

Si è effettuata la verifica di stabilità del pendio, al fine di verificare il miglioramento conseguito dall'inserimento dell'opera di contenimento.

La caratterizzazione geologica del terreno a monte del rilevato è rappresentata dall'alto verso il basso da Coltre Alterata, Argille con limo grigio scure .

Dal DTM si sono estrapolate alcune sezioni su cui è stata ricostruita la stratigrafia al fine di effettuare le verifiche di stabilità.

A vantaggio di sicurezza, ai fini del calcolo geotecnico e della stabilità del pendio, si sono considerati i valori residui di resistenza per lo strato di Coltre Alterata (AL), mentre per lo gli strati più profondi si sono considerati i valori di resistenza caratteristici.

Sono stati considerati i carichi permanenti, i carichi stradali e le diverse condizioni al contorno presenti.

Le verifiche sono state effettuate con i parametri geotecnici sia in condizioni "drenate" (Tensioni efficaci), che "non drenate" (Tensioni totali), sia con i "parametri residui" per le Coltre Alterata (AL), che sono risultate le più restrittive.

I calcoli sono stati elaborati applicando la normativa attualmente vigente, cioè al D.M. del 17/01/2018 secondo l'Approccio "1" con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), con il metodo "Bell" e "Bishop" .

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza, FS, non inferiore a 1,10.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma utilizzato "C.D.D." della "STS S.r.l.", esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate. Si riportano nel seguito le verifiche grafiche eseguite sotto le ipotesi in precedenza ampiamente descritte.

### 11.5.2 Tabulati

La presente relazione è relativa alla verifica di pendii naturali, di scarpate per scavi e di opere in terra.

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO		
DATI GENERALI DI VERIFICA		
Vita Nominale (Anni)		50
Classe d' Uso		SECONDA
Longitudine Est (Grd)		14,058
Latitudine Nord (Grd)		37,517
Categoria Suolo		C
Coeff. Condiz. Topogr.		1,200
Probabilità Pvr		0,100
Periodo di Ritorno Anni		475,000
Accelerazione Ag/g		0,075
Fattore Stratigrafia 'S'		1,500
Coeff. Sismico Kh		0,000
Coeff. Sismico Kv		0,000
Numero conci :		20
Numero elementi rigidi:		1
Tipo Superficie di rottura :		CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA		
Ascissa pto passaggio cerchio (m):		41,810
Ordinata pto passaggio cerchio (m):		16,140
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI		
Ascissa Polo (m):		16,910
Ordinata Polo (m):		30,230
Numero righe maglia :		5,0
Numero colonne maglia :		5,0
Passo direzione 'X' (m) :		3,00
Passo direzione 'Y' (m) :		3,00
Rotazione maglia (Grd) :		30,0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :		1,000
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2		
Tangente Resist. Taglio		1,25
Peso Specifico		1,00
Coesione Efficace (c'k)		1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)		1,40
Coefficiente R2		1,00

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

**DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA**

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang. att. Grd	Densità t/mc	D. Satur. t/mc	Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0,00	10,00
						2	40,00	17,05
						3	40,00	19,50
						4	40,30	19,50
						5	80,30	19,50
1		0,000	23,00	1,800	1,800	1	40,30	16,25
						2	41,80	16,25
						3	41,80	19,50
2		0,000	28,00	1,800	1,800	1	34,49	16,07
						2	43,50	16,15
						3	47,20	18,55
						4	58,80	18,55
3		0,000	17,00	1,911	1,911	1	23,80	12,85
						2	43,77	14,25
						3	48,07	17,91
						4	58,80	18,24
4		3,000	21,20	1,971	1,971	1	0,43	7,92
						2	63,60	9,25
5		3,620	25,60	2,046	2,046			

**DATI ELEMENTI RIGIDI**

Elem. N.ro	Densità t/mc	Dens. terr. t/mc	Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
1	2,50	1,80	1	40,30	19,50
			2	40,50	16,90
			3	41,80	16,90
			4	41,80	16,25
			5	38,80	16,25
			6	38,80	16,90
			7	40,00	16,90
			8	40,00	19,50

**DATI ELEMENTI RESISTENTI A TAGLIO**

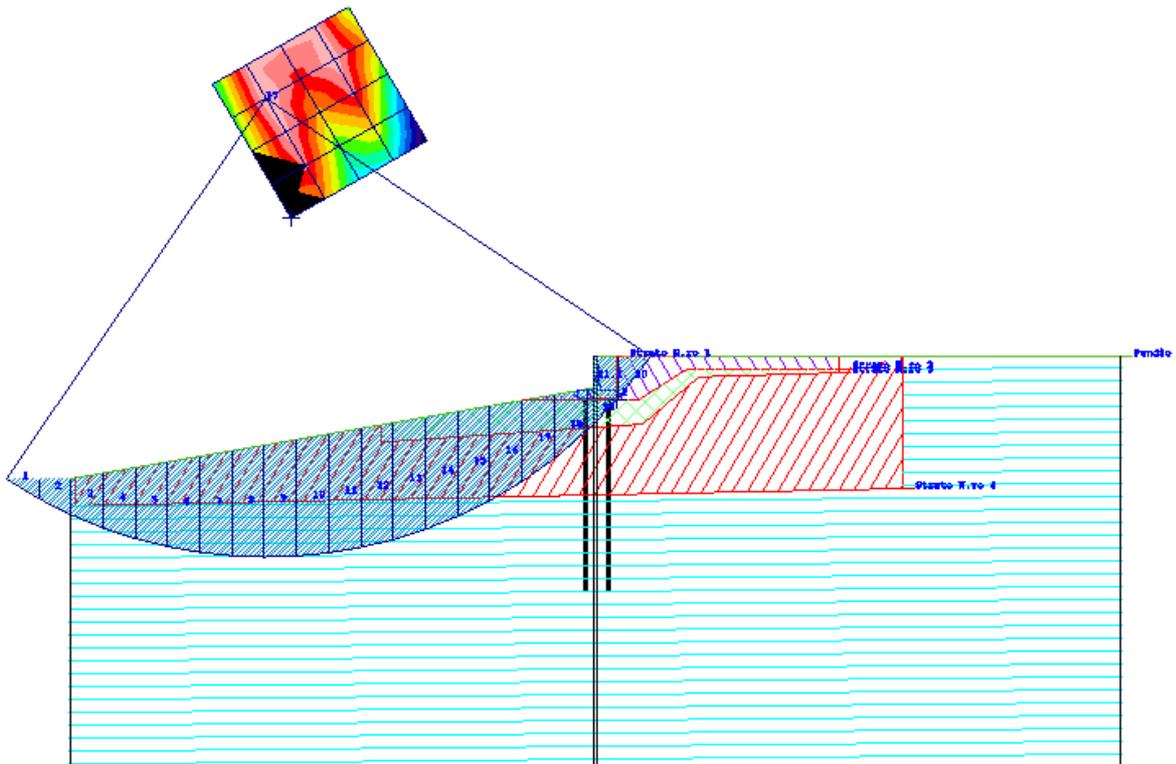
Elem. N.ro	Asc. in. (m)	Ord. in. (m)	Asc. fin. (m)	Ord. fin. (m)	Taglio Norm (t)	Taglio Tang (t)
1	39,40	16,25	39,40	1,25	30,26	90,78
2	41,20	16,25	41,20	1,25	30,26	90,78

N.ro Cerchio critico : 17

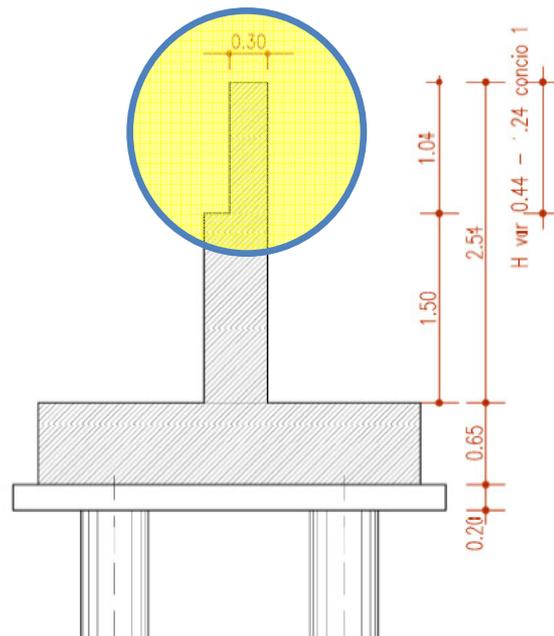
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Bell
1	16,9	30,2	28,6	ELEM.RIG.	ELEM.RIG.
2	19,5	31,7	27,2	5,557	5,537
3	22,1	33,2	26,1	5,987	5,9771
4	24,7	34,7	25,3	5,949	5,9125
5	27,3	36,2	24,8	6,4757	6,4364
6	15,4	32,8	31,2	ELEM.RIG.	ELEM.RIG.
7	18,0	34,3	30,0	5,3477	5,3341
8	20,6	35,8	28,9	5,8088	5,8006
9	23,2	37,3	28,2	5,6324	5,6004
10	25,8	38,8	27,8	6,1823	6,1449
11	13,9	35,4	33,9	5,7632	5,7347
12	16,5	36,9	32,7	5,2512	5,2367
13	19,1	38,4	31,8	5,5798	5,5735
14	21,7	39,9	31,1	5,3571	5,3285
15	24,3	41,4	30,8	5,857	5,8538
16	12,4	38,0	36,7	5,8073	5,7821
17	15,0	39,5	35,6	5,1943	5,1822
18	17,6	41,0	34,7	5,4137	5,4079
19	20,2	42,5	34,1	5,222	5,2004
20	22,8	44,0	33,7	5,5979	5,5799
21	10,9	40,6	39,4	5,8907	5,8679
22	13,5	42,1	38,4	5,2424	5,2269
23	16,1	43,6	37,6	5,2606	5,255
24	18,7	45,1	37,1	5,2466	5,2259
25	21,3	46,6	36,7	5,774	5,7547

LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

C.D.W. - MWIDE 808 - Superficie R.ro 17  
 Raggio = 35.57 m - X<sub>0</sub> = 15 m - Z<sub>0</sub> = 39.92 m  
 Belle=9.18 Estilop=6.19



11.6 VERIFICA particolare paramento



LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

VERIFICHE MURO 1																						
VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Msdm Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	1	0	30	100	185	280	0	1	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	1	0	0	0	OK	
2	1	30	30	100	185	250	0	3	210	83	15,7	15,7	0	0	210	13873	3	563	15186	0	OK	
3	1	60	30	100	185	220	0	3	420	346	15,7	15,7	0	0	420	13894	3	1207	15186	0	OK	
4	1	90	30	100	185	190	0	3	630	815	15,7	15,7	0	0	630	13915	3	1932	15186	0	OK	
5	1	120	30	100	185	160	0	3	840	1513	15,7	15,7	0	0	840	13936	3	2736	15186	0	OK	
6	1	150	30	100	185	130	0	3	1050	2465	15,7	15,7	0	0	1050	13957	3	3622	15186	0	OK	
7	1	180	30	100	185	100	0	3	1260	3694	15,7	15,7	0	0	1260	13978	3	4587	15186	0	OK	
8	1	200	30	100	185	80	0	3	1400	4680	15,7	15,7	0	0	1400	13992	3	5276	15186	0	OK	

VERIFICHE MURO 1																						
VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Msdm Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	4	0	80	100	0	40	-90	1	537	71	0,0	0,0	0	0	0	0	1	0	0	0	OK	
2	4	30	80	100	30	40	-90	1	537	161	13,4	13,4	0	0	537	37631	1	600	27508	0	OK	
3	4	60	80	100	60	40	-90	3	3265	4915	13,4	13,4	0	0	3265	38595	3	-11791	27508	0	OK	
4	4	90	80	100	90	40	-90	3	3185	1461	13,4	13,4	0	0	3185	38567	3	-11231	27508	0	OK	
5	4	120	80	100	120	40	-90	3	3105	-1824	13,4	13,4	0	0	3105	38539	3	-10671	27508	0	OK	
6	4	150	80	100	150	40	-90	3	3025	-4941	13,4	13,4	0	0	3025	38510	3	-10111	27508	0	OK	
7	4	170	80	100	170	40	-90	3	2972	-6926	13,4	13,4	0	0	2972	38491	3	-9738	27508	0	OK	

VERIFICHE MURO 1																						
VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Msdm Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	5	0	80	100	370	40	90	2	2879	-44	0,0	0,0	0	0	0	0	2	-652	0	0	OK	
2	5	30	80	100	340	40	90	3	-438	5793	13,4	13,4	0	0	-438	37285	3	-3657	27508	0	OK	
3	5	60	80	100	310	40	90	3	-358	4314	13,4	13,4	0	0	-358	37314	3	-6212	27508	0	OK	
4	5	90	80	100	280	40	90	1	579	2827	13,4	13,4	0	0	579	37645	3	-8818	27508	0	OK	
5	5	120	80	100	250	40	90	1	579	1912	13,4	13,4	0	0	579	37645	3	-10672	27508	0	OK	
6	5	150	80	100	220	40	90	3	-119	-4340	13,4	13,4	0	0	-119	37399	3	-12384	27508	0	OK	
7	5	170	80	100	200	40	90	3	-65	-6931	13,4	13,4	0	0	-65	37417	3	-13525	27508	0	OK	

VERIFICHE MURO 1																						
VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																						
Sez N.	El em	Dist cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Ang °	Cmb Fle	Nsdu Kg	Msdm Kgm	A sin cmq	A des cmq	An. s °	An. d °	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Cmb tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verif.
1	8	0	80	370	0	0	0	3	0	6591	48,3	48,3	0	0	0	132371	1	0	100145	0	OK	
2	8	30	80	370	0	0	0	3	0	4848	48,3	48,3	0	0	0	132371	3	11620	100145	0	OK	
3	8	60	80	370	0	0	0	3	0	-381	48,3	48,3	0	0	0	132371	3	23240	100145	0	OK	
4	8	83	80	370	0	0	0	3	0	-6591	48,3	48,3	0	0	0	132371	3	31956	100145	0	OK	

VERIFICHE MURO 1											
FESSURAZIONE MURI											
Muro N.	Ele	Tipo Comb	Cmb fes	Sez. fes	N fes Kg	M fes Kgm	Dist. cm	Wcalc mm	W Lim mm	Verifica	
1	5	Freq	1	2	280	3826	22	0,07	0,40	OK	
		Perm	1	2	280	3826	22	0,07	0,30	OK	
1	4	Freq	1	7	2378	-4920	22	0,08	0,40	OK	
		Perm	1	7	2378	-4920	22	0,08	0,30	OK	
1	1	Freq	1	8	1500	2835	24	0,15	0,40	OK	
		Perm	1	8	1500	2835	24	0,15	0,30	OK	
1	8	Freq	1	4	0	-4871	23	0,03	0,40	OK	
		Perm	1	4	0	-4871	23	0,03	0,30	OK	

VERIFICHE MURO 1															
TENSIONI DI ESERCIZIO MURI															
Muro N.	Ele	Tipo Comb	Cm b	Sez. σ	N σ Kg	M σ Kgm	σ Kg/cmq	σ max Kg/cmq	Cm b σ	Sez. σ	N σ Kg	M σ Kgm	σ Kg/cmq	σ max Kg/cmq	Verifica

## LAVORI DI RISANAMENTO DELLA VIA BORREMANS DEL COMUNE DI CALTANISSETTA

VERIFICHE MURO 1															
TENSIONI DI ESERCIZIO MURI															
Muro	Ele	Tipo	Cm b $\sigma$	Sez. $\sigma$	N $\sigma$ Kg	M $\sigma$ Kgm	$\sigma$ Kg/cmq	$\sigma$ max Kg/cmq	Cm b $\sigma$	Sez. $\sigma$	N $\sigma$ Kg	M $\sigma$ Kgm	$\sigma$ Kg/cmq	$\sigma$ max Kg/cmq	Verifica
1	5	rara	2	2	280	3826	9,7	192,0	2	2	280	3826	393	3600	OK
		perm	1	2	280	3826	9,7	144,0							OK
1	4	rara	2	7	2378	-4920	12,9	192,0	2	7	2378	-4920	430	3600	OK
		perm	1	7	2378	-4920	12,9	144,0							OK
1	1	rara	2	8	1500	2835	40,9	192,0	2	8	1500	2835	776	3600	OK
		perm	1	8	1500	2835	40,9	144,0							OK
1	8	rara	2	4	0	-4871	3,5	192,0	2	4	0	-4871	146	3600	OK
		perm	1	4	0	-4871	3,5	144,0							OK