

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA      Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
FABBRICATI  
FA07 - FABBRICATO PT AL KM 19+128,13  
STRUTTURE  
RELAZIONE GEOTECNICA**

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA	
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Consorzio						-	
 Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data:		Iricav Due ing. Paolo Carmona Data:		Data:					
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO	

I
N
1
7
1
2
E
I
2
R
B
F
A
0
7
0
0
0
0
0
1
A
0
0
1
P
0
0
1

VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
Firma	Data
 Luca RANDOLFI 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	MBI 	01/09/2021	MPA 	01/09/2021	GSA 	01/09/2021	 Ing. Gianluigi Santini Data: 01/09/2021

CIG: 8377957CD1      CUP: J41E91000000009      File: IN1712EI2RBFA0700001A  
 Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 2 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## INDICE

1	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	5
2	PREMESSA .....	7
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	7
3.1	FABBRICATO PT .....	7
3.2	CABINA ENEL .....	10
3.3	MURI DI SOSTEGNO.....	12
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	18
5	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA .....	19
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELL'AREA .....	20
6.1	STRATIGRAFIA DI VERIFICA MURI DI SOSTEGNO .....	23
7	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PER LA RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	26
8	COMBINAZIONE DELLE AZIONI .....	28
9	ANALISI FEM FABBRICATO PT E CABINA ENEL .....	32
9.1	STRUMENTI SOFTWARE .....	32
9.1.1	AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO.....	32
9.1.2	VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO .....	32
9.1.3	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	32
9.2	MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO .....	33
10	ANALISI FEM MURI DI SOSTEGNO .....	36
10.1	STRUMENTI SOFTWARE.....	36
10.1.1	TIPO DI ANALISI SVOLTA .....	36
10.1.2	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	36
10.1.3	Affidabilità dei codici di calcolo .....	37
10.1.4	Modalità di presentazione dei risultati.....	37
10.1.5	Informazioni generali sull'elaborazione.....	37
10.1.6	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati .....	37
10.2	MODELLI DI CALCOLO .....	37
11	RICHIAMI TEORICI MURI DI SOSTEGNO .....	37
11.1	Calcolo della spinta sul muro.....	38
11.1.1	<i>Valori caratteristici e valori di calcolo</i> .....	38
11.1.2	Metodo di Culmann.....	38
11.1.3	Spinta in presenza di falda .....	38
11.1.4	Spinta in presenza di sisma.....	39
11.1.5	Verifica a ribaltamento .....	40
11.1.6	Verifica a scorrimento .....	40
11.1.7	Verifica al carico limite .....	41

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 3 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

11.2	Verifica alla stabilità globale .....	42
11.3	Analisi dei pali .....	43
11.3.1	Capacità portante di punta.....	43
11.3.2	Capacità portante per resistenza laterale.....	44
11.3.3	Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti .....	44
11.3.4	Determinazione degli scarichi sul palo. ....	44
12	VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE PT .....	46
12.1	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	46
12.1.1	CAPACITA' PORTANTE.....	46
12.1.1	CEDIMENTI .....	51
13	VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE CABINA ENEL .....	53
13.1	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	53
13.1.1	CAPACITA' PORTANTE.....	53
13.1.1	CEDIMENTI .....	56
14	VERIFICHE GEOTECNICHE MURO DI SOSTEGNO TIPO 1 .....	58
14.1	Dati.....	58
14.2	Opzioni di calcolo.....	66
14.3	Risultati per inviluppo.....	67
14.3.1	Spinta e forze.....	67
14.3.2	Risultanti globali.....	69
14.3.3	Scarichi in testa ai pali .....	69
14.3.4	Verifiche geotecniche.....	69
15	VERIFICHE GEOTECNICHE MURO DI SOSTEGNO TIPO 2 .....	73
15.1	Dati.....	73
15.2	Opzioni di calcolo.....	81
15.3	Risultati per inviluppo.....	82
15.3.1	Spinta e forze.....	82
15.3.2	Risultanti globali.....	84
15.3.3	Scarichi in testa ai pali .....	84
15.3.4	Verifiche geotecniche.....	84
16	VERIFICHE GEOTECNICHE MURO DI SOSTEGNO TIPO 3 .....	89
16.1	Dati.....	89
16.2	Opzioni di calcolo.....	97
16.3	Risultati per inviluppo.....	98
16.3.1	Spinta e forze.....	98
16.3.2	Risultanti globali.....	100
16.3.3	Scarichi in testa ai pali .....	100

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 4 di 113</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBFA0700001</p>	<p>A</p>

16.3.4	Verifiche geotecniche.....	100
17	VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE OPERE ESTERNE .....	105
17.1	FONDAZIONE RECINZIONE ESTERNA .....	105
17.1.1	VERIFICA A RIBALTAMENTO .....	107
17.1.2	VERIFICA A SCORRIMENTO .....	109
17.1.3	VERIFICA CAPACITA' PORTANTE .....	111

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 5 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

CODIFICA	TITOLO ELABORATO
IN1712EI2EEFA0700001A	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2RGFA0700001A	RELAZIONE GENERALE DI CONFRONTO PD-PE
IN1712EI2RHFA0700001A	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
IN1712EI2RIFA0700001A	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
IN1712EI2RBFA0700001A	RELAZIONE GEOTECNICA
IN1712EI2RHFA0700002A	RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI
IN1712EI2CLFA0700001A	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
IN1712EI2CLFA0700002A	RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO
IN1712EI2RHFA0700003A	RELAZIONE SISMICA
IN1712EI2CMFA0700001A	COMPUTO METRICO
IN1712EI2CEFA0700001A	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
IN1712EI2RHFA0700004A	ELENCO PREZZI UNITARI
IN1712EI2APFA0700001A	ANALISI NUOVI PREZZI
IN1712EI2RHFA0700005A	PIANO DI MANUTENZIONE
IN1712EI2P7FA0700001A	PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO
IN1712EI2P9FA0700001A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO-RILIEVO TOPOGRAFICO
IN1712EI2P9FA0700002A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0700003A	PIAZZALE-STATO DI PROGETTO E ANDAMENTO ALTIMETRICO
IN1712EI2P9FA0700004A	PIAZZALE-COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI
IN1712EI2PZFA0700001A	PIAZZALE-TRATTAMENTO SUPERFICI
IN1712EI2BZFA0700001A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI - SEZIONE TIPO
IN1712EI2PZFA0700002A	STRADA DI ACCESSO - SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE
IN1712EI2BZFA0700002A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI STRADA DI ACCESSO
IN1712EI2BZFA0700003A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 1 DI 2
IN1712EI2BZFA0700004A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 2 DI 2
IN1712EI2P9FA0700005A	PIAZZALE - PLANIMETRIA DEI SOTTOSERVIZI DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0700006A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO
IN1712EI2FZFA0700001A	PIAZZALE - PROFILI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2BZFA0700005A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2PZFA0700003A	PIAZZALE E FABBRICATO - PLANIMETRIA RETE ACQUE REFLUE DI PROGETTO E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
IN1712EI2PZFA0700004A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE IDRICA DI PROGETTO
IN1712EI2PZFA0700005A	PIAZZALE - PLANIMETRIA OPERE ELETTROMECCANICHE INTERRATE
IN1712EI2BZFA0700006A	MURO DI SOSTEGNO - PLANIMETRIA, PROSPETTI E SEZIONI
IN1712EI2BZFA0700007A	FONDAZIONI MURO DI SOSTEGNO - ARMATURE
IN1712EI2BZFA0700008A	MURO DI SOSTEGNO - ARMATURE 1 DI 2

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 6 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

IN1712EI2BZFA0700009A	MURO DI SOSTEGNO - ARMATURE 2 DI 2
IN1712EI2BZFA0700010A	MURO DI SOSTEGNO - ARMATURE PALI
IN1712EI2PBFA0700001A	FABBRICATO: PIANTE
IN1712EI2WBFA0700001A	FABBRICATO: SEZIONI
IN1712EI2PBFA0700002A	FABBRICATO: PROSPETTI
IN1712EI2BZFA0700011A	FABBRICATO: PARTICOLARI 1/2
IN1712EI2BZFA0700012A	FABBRICATO: PARTICOLARI 2/2
IN1712EI2BCFA0700001A	FABBRICATO: ABACO SERRAMENTI
IN1712EI2BKFA0700001A	FABBRICATO: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2PBFA0700003A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE FONDAZIONI
IN1712EI2PBFA0700004A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE COPERTURA
IN1712EI2WBFA0700002A	FABBRICATO - Carpenterie : SEZIONI
IN1712EI2BZFA0700013A	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI 1 DI 2
IN1712EI2BZFA0700014A	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI 2 DI 2
IN1712EI2BZFA0700015A	FABBRICATO - ARMATURE PILASTRI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0700016A	FABBRICATO - ARMATURE TRAVI
IN1712EI2PBFA0700005A	FABBRICATO CABINA ENEL : PIANTE , SEZIONI, PROSPETTI
IN1712EI2BZFA0700017A	FABBRICATO CABINA ENEL: PARTICOLARI
IN1712EI2BCFA0700002A	FABBRICATO CABINA ENEL: ABACO SERRAMENTI
IN1712EI2BKFA0700002A	FABBRICATO CABINA ENEL: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BBFA0700001A	FABBRICATO - CABINA ENEL - PIANTE E SEZIONI
IN1712EI2BZFA0700018A	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE FONDAZIONI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0700019A	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE TRAVI E PILASTRI

### Elaborati di riferimento del Progetto Esecutivo:

- |     |                       |  |
|-----|-----------------------|--|
| [1] | IN1710EI2RHGE0000001A | Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990)     |
| [2] | IN1710EI2RHGE0000003A | Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)  |
| [3] | IN1710EI2RBGE0000002A | Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)  |
| [4] | IN1710EI2LZGE0000016A | Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 5 di 11                                     |
| [5] | IN1710EI2RHGE0000005A | Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990) |
| [6] | IN1710EI2P5GE0000005A | Planimetrie con classificazione sismica del territorio 5 di 11                                       |
| [7] | IN1710EI2LZGE0000027A | Carta idrogeologica e profilo idrogeologico 5 di 11  |

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 7 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 2 PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo delle opere strutturali del fabbricato FA07 – PT, cabina Enel e muri di sostegno al km 19+128,13 della nuova linea ferroviaria AV/AC Verona – Padova, 1° sublotto: Verona – Montebello Vicentino, in Comune di Montebello Vicentino, in Comune di San Bonifacio (VR).

In particolare la relazione illustra i parametri geotecnici alla base del progetto e riporta i calcoli del progetto esecutivo delle opere geotecniche.

## 3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

### 3.1 FABBRICATO PT

Dal punto di vista architettonico il fabbricato PT è composto da un unico organismo edilizio, a pianta rettangolare con dimensioni (58,05x7,20) m e un solo piano fuori terra, copertura a padiglione con pendenza delle falde di 19°, altezza al colmo di 5,70 m e finitura con tegole laterizie, cornicione/veletta perimetrale in calcestruzzo faccia a vista con altezza alla gronda di 3,80 m fuori terra, murature perimetrali e interne in blocchi forati di calcestruzzo vibro-compresso rivestiti all'interno e faccia a vista all'esterno.

La struttura si compone di due corpi distinti, tra loro separati mediante un giunto strutturale di 10 cm posto sull'asse centrale. Ciascuno di essi ha dimensioni in pianta di (28,52x6,70), misurati sugli assi strutturali.

La struttura in elevazione è costituita da un'intelaiatura spaziale di travi e pilastri in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera e dall'unico solaio di copertura laterocementizio, con travetti tralicciati e pignatte di alleggerimento. Sugli allineamenti trasversali sono previste “catene” in cls armato alla quota di imposta della copertura che assorbono la spinta dovuta all'inclinazione delle falde; la catena è sormontata al centro da un “monaco/ometto” che riproduce l'immagine tipica della struttura “a capriata”. Le travi di falda e di displuvio sono a spessore di solaio (s=24 cm), le travi di colmo hanno sezione (30x50) cm, le travi perimetrali hanno sezione (30x70) cm e raccordano la quota della falda con quella del cornicione, quest'ultimo con spessore di 18 cm. La catena ha sezione (40x30) cm e il monaco (25x25) cm. I pilastri di ciascun corpo hanno sezione (30x50) cm mentre i due sul giunto sono (35x50) per irrigidire questo allineamento di testata privo del pilastro intermedio (30x50) cm.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 8 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

La struttura di fondazione, anch'essa distinta per i due corpi, è costituita da un reticolo di travi. E' prevista una trave longitudinale e di testata a "T rovescia" con suola di (100x40) cm e anima di (45x80) cm, una trave sul giunto a forma di L con suola di (70x40) cm e anima di (40x80) cm; l'altezza totale è di 120 cm sull'intero perimetro.

Sono anche previste travi di collegamento, generalmente con sezione (60x40) cm, poste sugli allineamenti strutturali trasversali e delle murature interne; la sezione ribassata favorisce il libero alloggiamento del pavimento flottante e degli impianti a questo livello. Si riportano di seguito alcune figure che illustrano sommariamente la struttura in esame, con riferimento ad uno dei due corpi, mentre per il disegno dettagliato si rinvia agli elaborati grafici del progetto strutturale.

SEZIONE CC - Scala 1:50

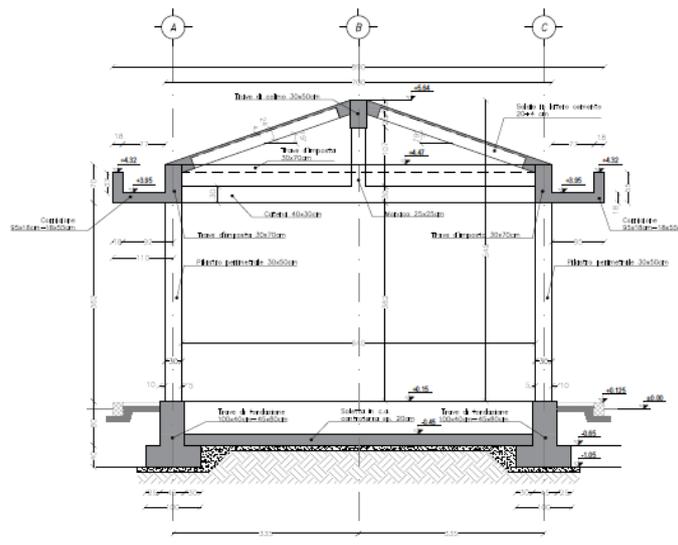
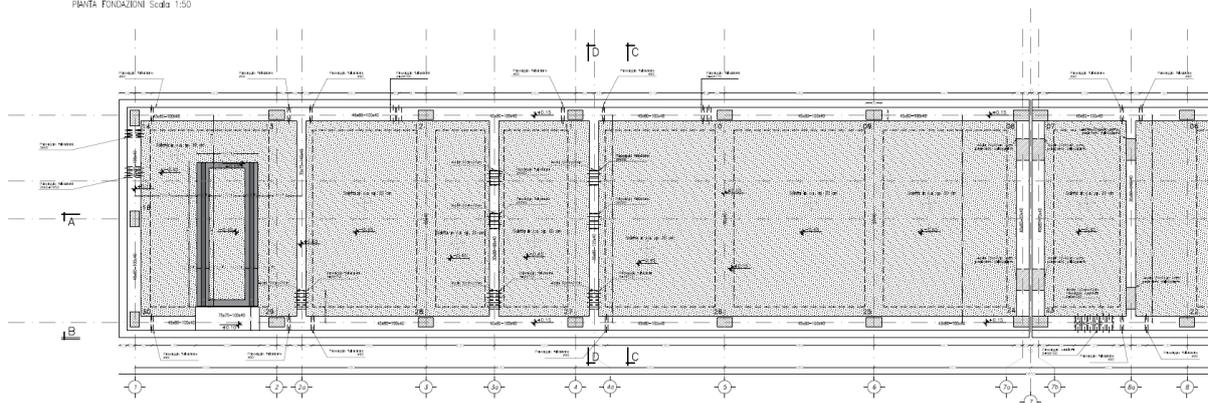


Figura 1 PT - Sezione trasversale

PIANTA FONDAZIONI Scala 1:50



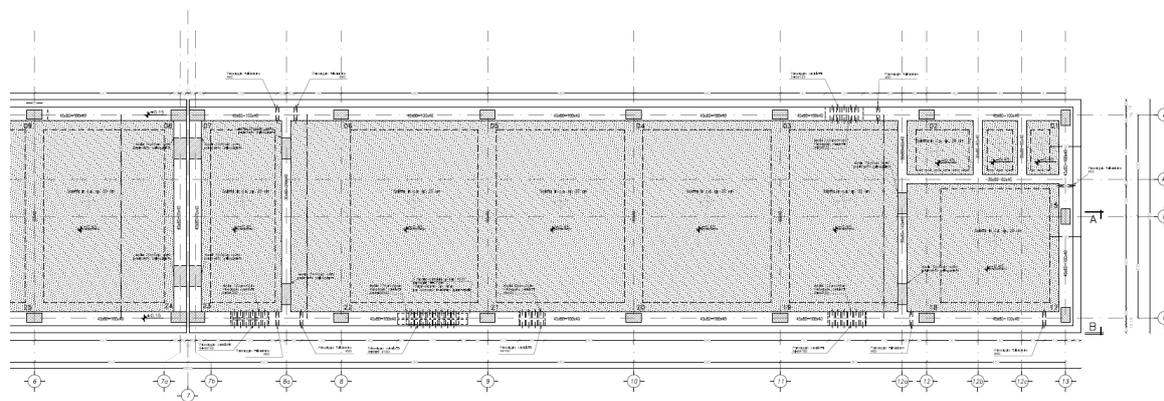


Figura 2 PT - Pianta fondazioni

Pianta Copertura a quota +5.69 Scala 1:50

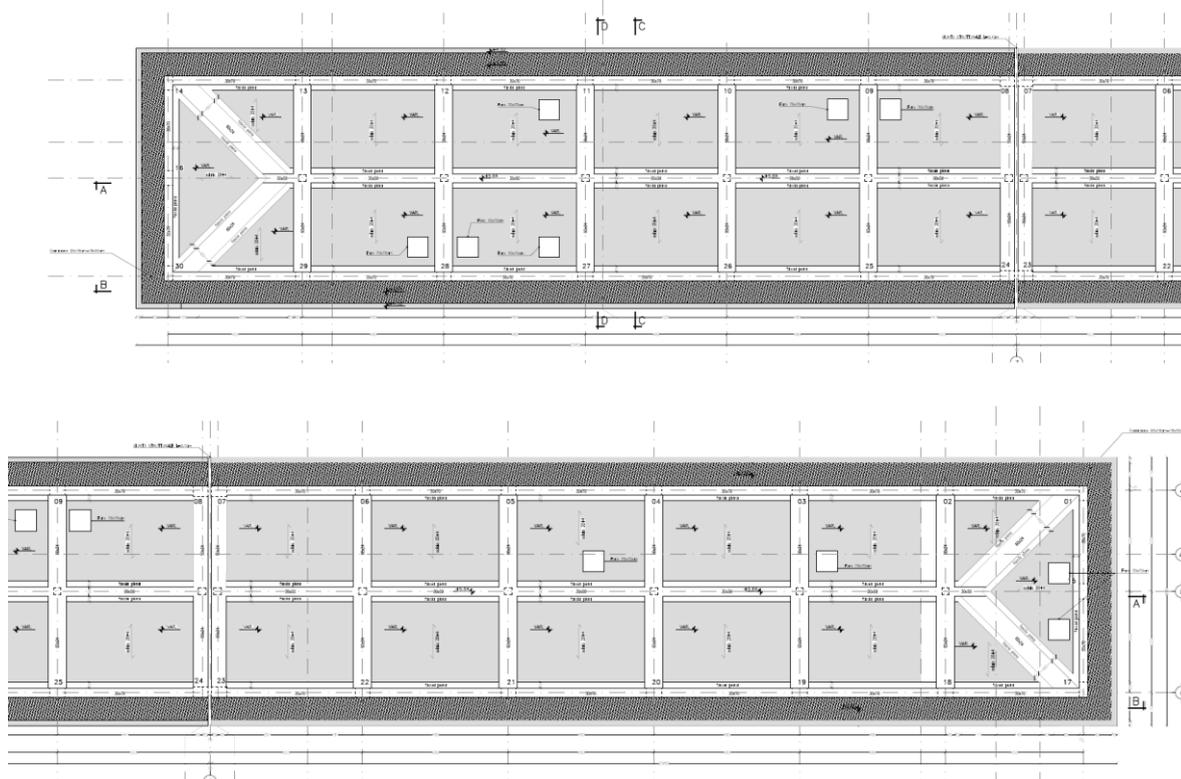


Figura 3 PT - Pianta copertura

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 10 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 3.2 CABINA ENEL

Dal punto di vista architettonico il fabbricato Cabina Enel è composto da un organismo edilizio a pianta rettangolare, con dimensioni (11,40x5,00) m e un solo piano fuori terra, copertura a padiglione con pendenza delle falde di 19°, altezza al colmo di 5,30 m e finitura con tegole laterizie, cornicione/veletta perimetrale in calcestruzzo faccia a vista con altezza alla gronda di 3,80 m fuori terra, murature perimetrali e interne in blocchi forati di calcestruzzo vibro-compresso rivestiti all'interno e faccia a vista all'esterno. La struttura ha dimensioni in pianta di (10,90x4,50) m sugli assi strutturali. La struttura in elevazione è costituita da un'intelaiatura spaziale di travi e pilastri in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera e dall'unico solaio di copertura laterocementizio, con travetti tralicciati e pignatte di alleggerimento. Le travi di falda, di colmo e di displuvio sono tutte a spessore di solaio (s=24 cm), le travi perimetrali hanno sezione (30x70) cm e raccordano la quota della falda con quella del cornicione, quest'ultimo con spessore di 18 cm. I pilastri hanno sezione (30x40) cm.

La struttura di fondazione è costituita da un reticolo di travi. È prevista una trave perimetrale a "T rovescia" con suola di (90x40) cm, anima di (40x80) cm e altezza totale è di 120 cm sull'intero perimetro. Sono anche previsti due cordoli di collegamento interni con funzione di collegamento delle fondazioni perimetrali e di sostegno delle murature interne. Si riportano di seguito alcune figure che illustrano sommariamente la struttura in esame mentre per il disegno dettagliato si rinvia agli elaborati grafici del progetto strutturale.

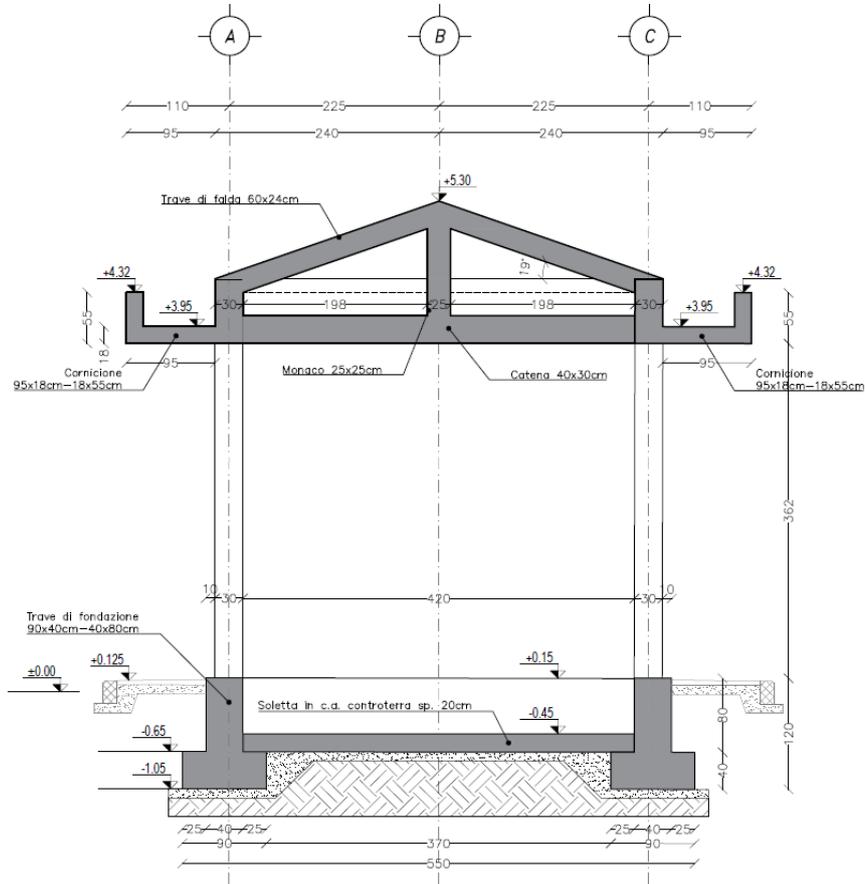


Figura 4 Cabina Enel - Sezione trasversale

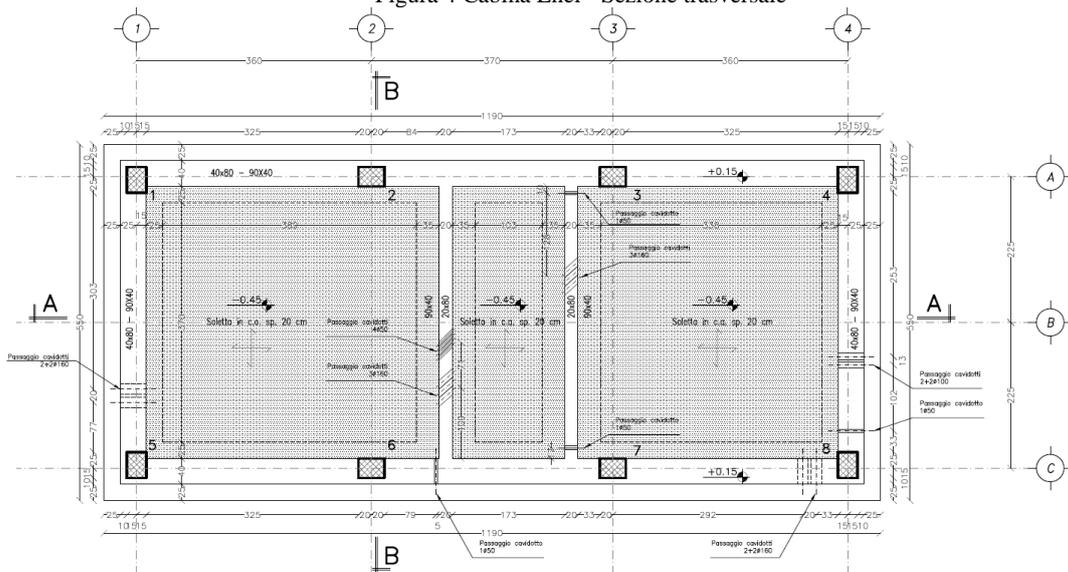


Figura 5 Cabina Enel - Pianta fondazioni

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 12 di 113</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBFA0700001</p>	<p>A</p>

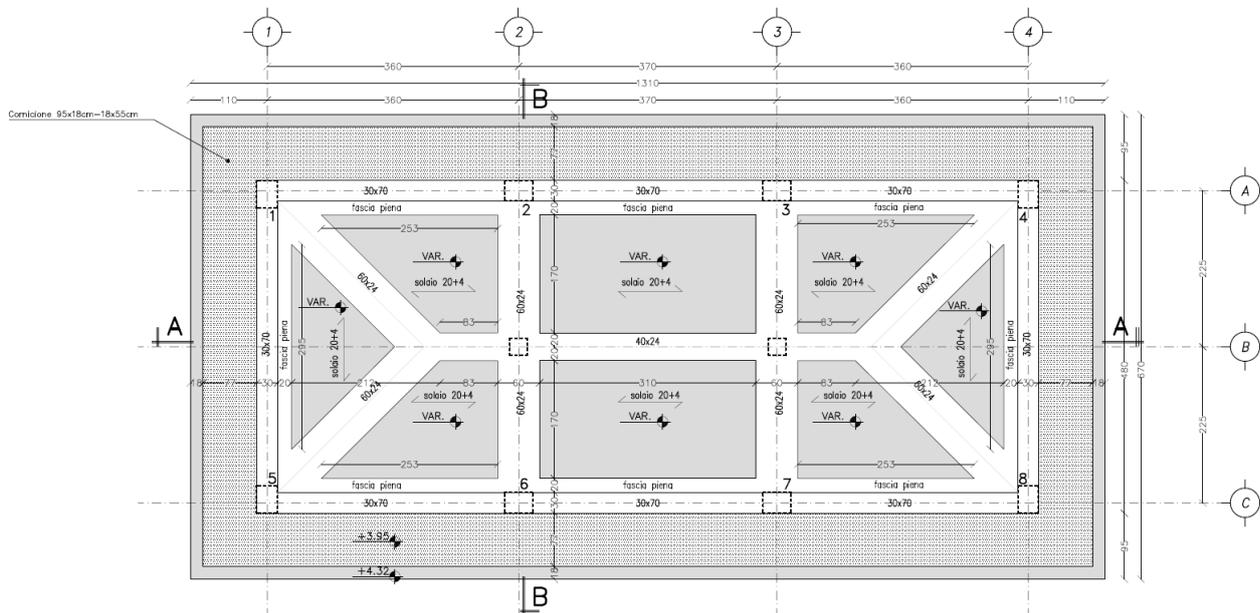


Figura 6 Cabina Enel - Pianta copertura

### 3.3 MURI DI SOSTEGNO

Le strutture, tutte realizzate in opera, vengono realizzate con il fine di sostenere il rilevato del piazzale del fabbricato in esame. Il muro ha un'altezza massima di 7.80m ed una minima di 4.75m, si sviluppa per una lunghezza complessiva di  $21.0+99.20+68.60=188.8\text{m}$ , suddiviso in conci da 9/12/18 (tipologia 1) e 14.50/18 (tipologia 2).

Le due tipologie di muro si differenziano essenzialmente per la geometria della fondazione e per il diametro dei pali. Fanno parte della prima tipologia i muri con fondazione larga 5.55m e pali di diametro  $\varnothing 1000$ ; mentre la seconda tipologia è caratterizzata da muri con fondazione larga 4.00m e pali di diametro  $\varnothing 800$ .

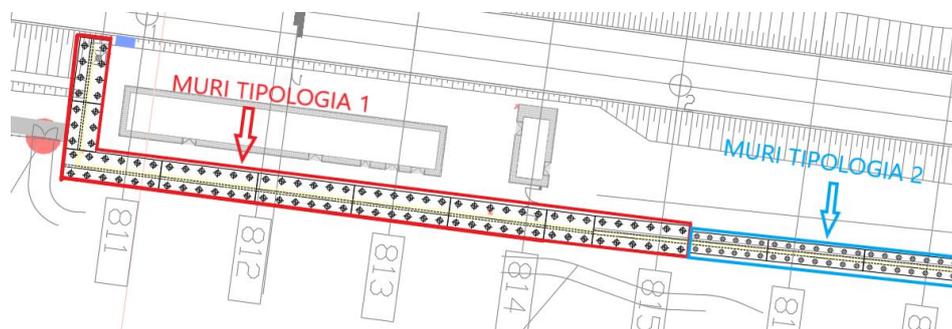


Figura 7 - Stralcio planimetrico: ubicazione muri in c.a.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 13 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

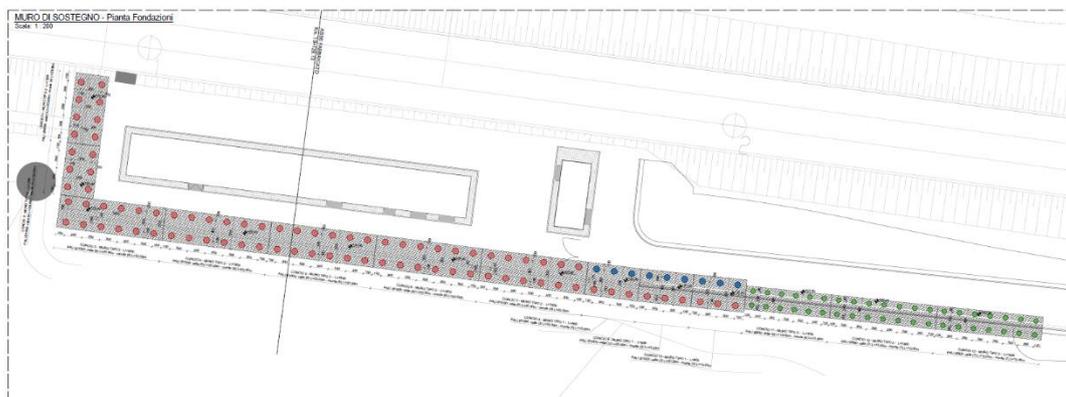


Figura 8 – Planimetria muri di sostegno

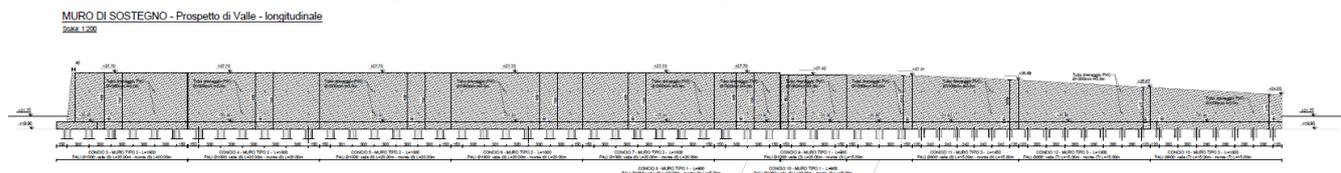


Figura 9 – Prospetto Longitudinale muri di sostegno

**MURO DI SOSTEGNO - Prospetto di Valle - trasversale**

Scala: 1:200

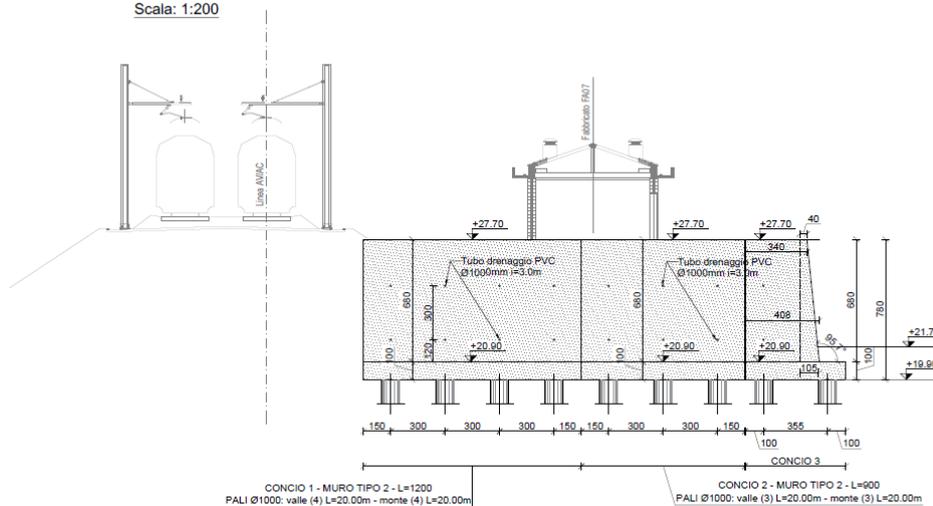


Figura 10 – Prospetto Trasversale muri di sostegno

Le verifiche sono state condotte considerando tre diversi casi, in funzione della tipologia del muro e dei carichi ad esso applicati. In particolare, nel seguito si farà riferimento a:

- Muro tipo 1: muro di tipologia 1 che sostiene il rilevato della strada di accesso al piazzale. Caratterizzato da pali di diametro Ø1000 di lunghezza 15.0m a monte del muro e 20.0m a valle.
- Muro tipo 2: muro di tipologia 1 che sostiene il rilevato del piazzale ed il piazzale stesso. Caratterizzato da pali di diametro Ø1000 di lunghezza 20.0m a monte del muro e 20.0m a valle.
- Muro tipo 3: muro di tipologia 2 che sostiene il rilevato della strada di accesso al piazzale. Caratterizzato da pali di diametro Ø800 di lunghezza 15.0m a monte del muro e 15.0m a valle.

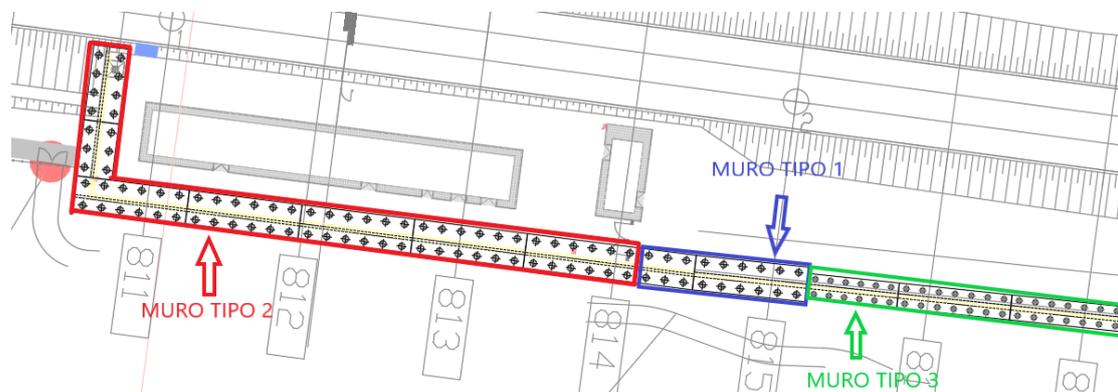


Figura 11 - Stralcio planimetrico: tipologie muri utilizzate nelle verifiche

### MURO TIPO 1 - Sezione

Scala: 1:50

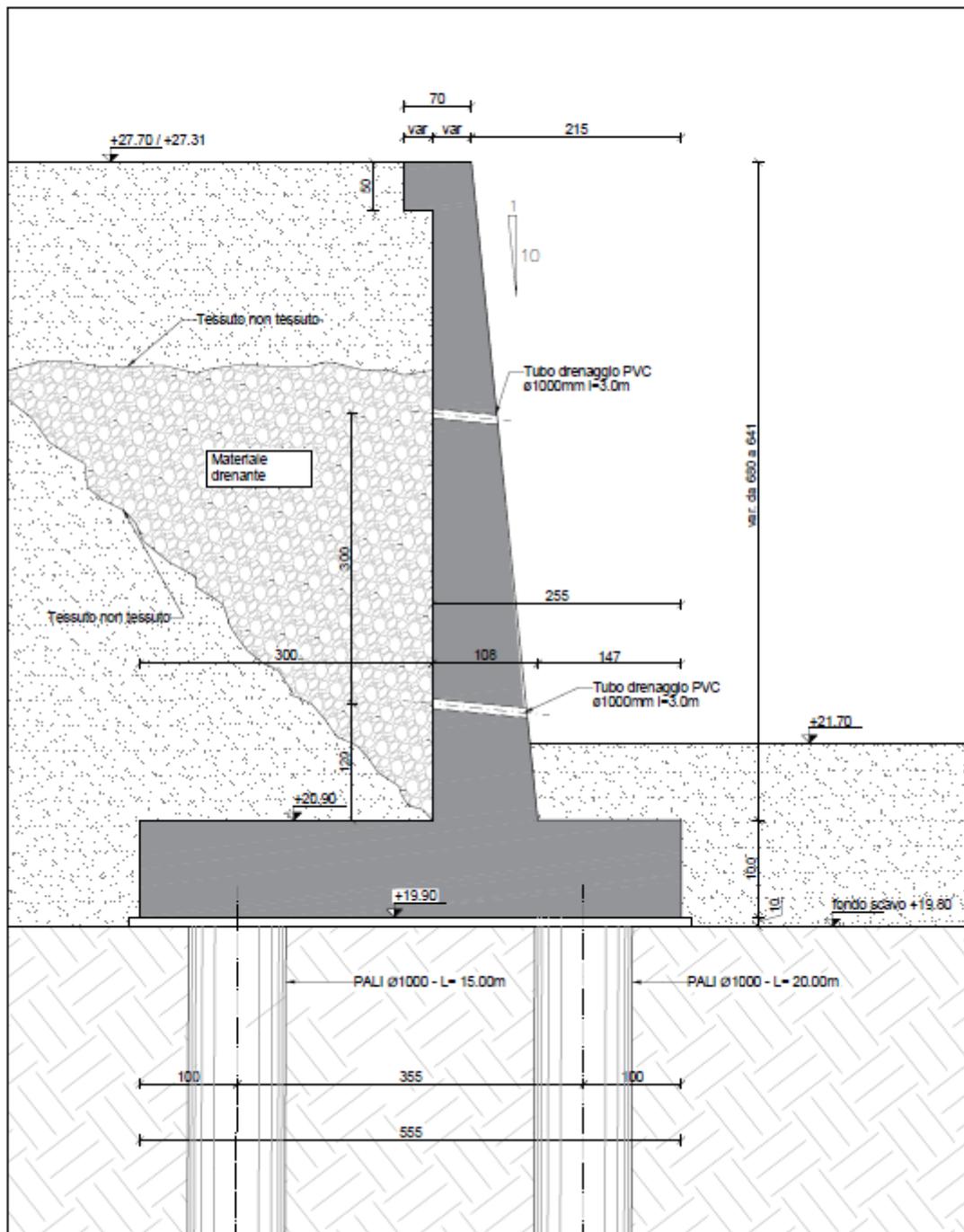


Figura 12 - Sezioni tipologiche muri – tipo 1

### MURO TIPO 2 - Sezione

Scala: 1:50

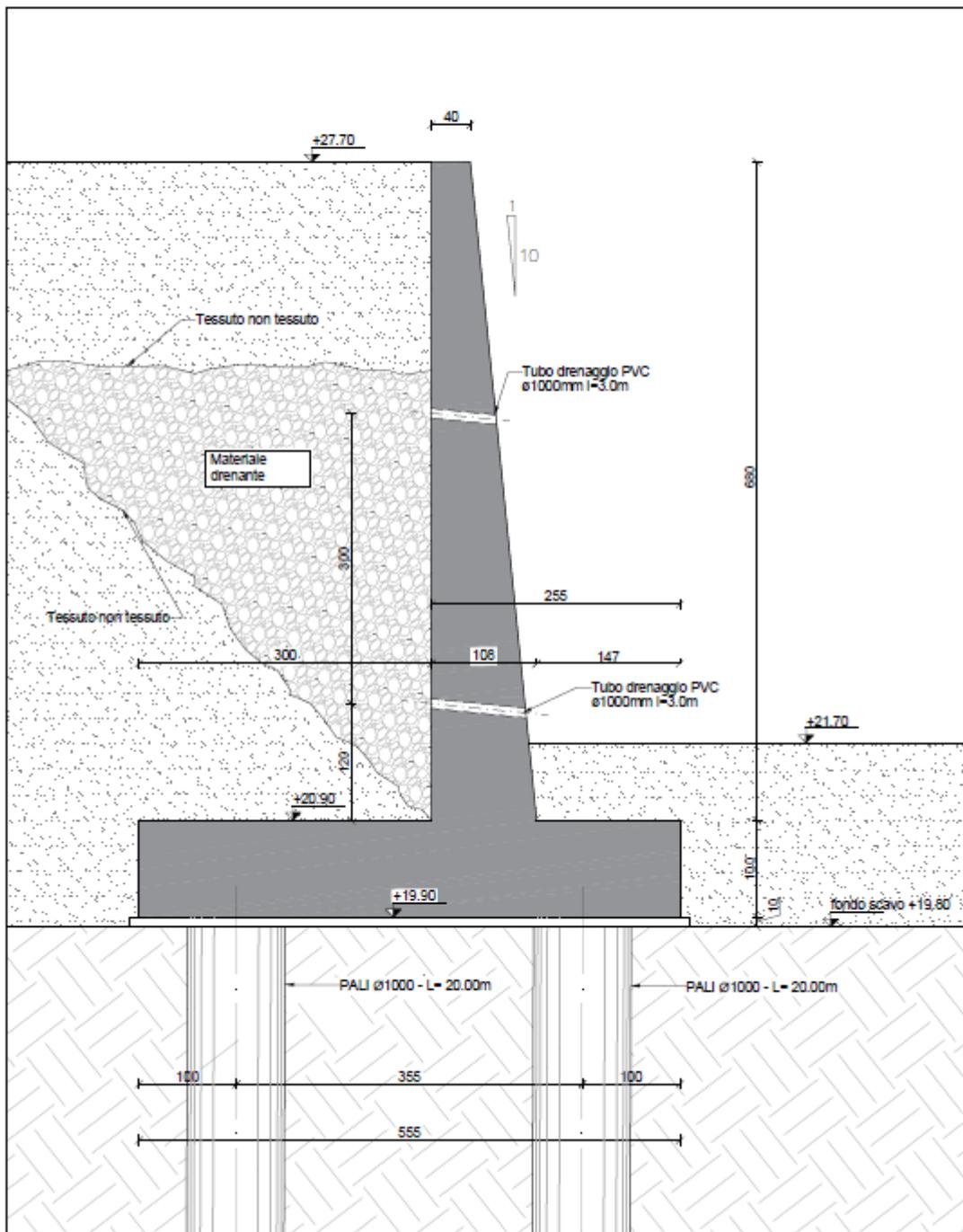


Figura 13 - Sezioni tipologiche muri – tipo 2

### MURO TIPO 3 - Sezione

Scala: 1:50

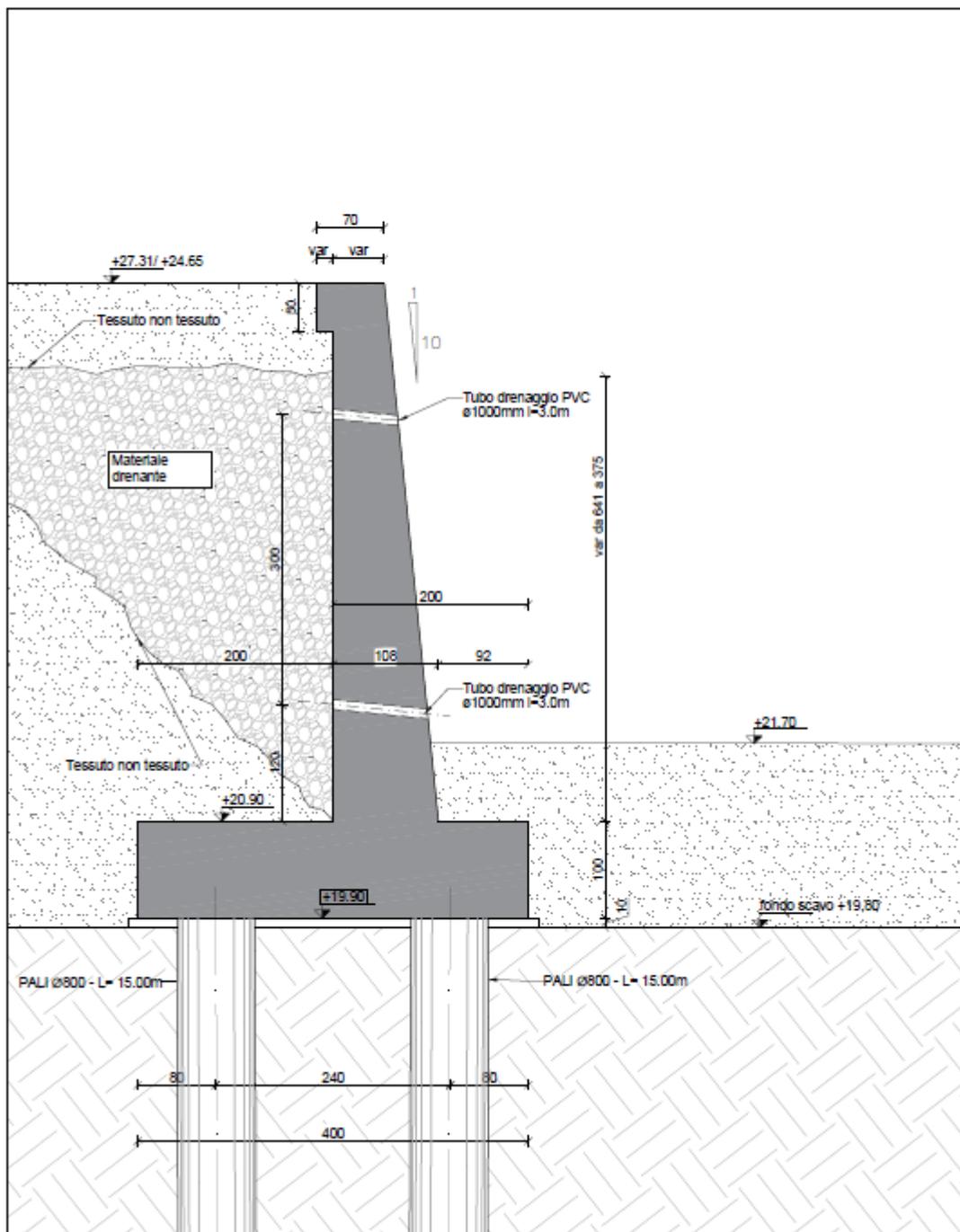


Figura 14 - Sezioni tipologiche muri – tipo 3

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 18 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento, le analisi e le verifiche delle strutture sono stati condotti in accordo con le seguenti disposizioni normative:

- Legge n° 1086 del 05/11/1971  
“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge n° 64 del 02/2/1974  
“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Ordinanza del 20/3/2003 n. 3274 e s.m.i.  
“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- D.C.R. Regione Veneto 03/12/2003 n. 67  
Allegato 1 – Elenco dei comuni classificati in zona sismica.
- Decreto Ministeriale 14/1/2008  
“Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 02/2/2009, n°617  
“Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/1/2008”
- Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo  
UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI – EN 206-1: 2206  
Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI 11104: 2004  
Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1.
- Testo coordinato dell’allegato I del DM 3 agosto 2015 “Codice di prevenzione incendi”  
aggiornamento 19 novembre 2020

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 19 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 5 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA

Con riferimento alla destinazione d'uso e alle conseguenze di un'eventuale interruzione di operatività o collasso del fabbricato, sono stati definiti i parametri di base della progettazione strutturale, con particolare riguardo all'azione sismica (punto 2.4 NTC08):

- vita nominale  $V_N = 100$  anni;
- classe d'uso III, con coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ ;
- periodo di riferimento per l'azione sismica:  $V_R = V_N \times C_U = 150$  anni.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 20 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELL'AREA

Come riportato nella Relazione Geologica **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e nella Relazione Geotecnica, nel tratto in esame i depositi superficiali sono composti da alternanze di limi argillosi sovraconsolidati (unità 3b) e limi sabbiosi e sabbie limose sciolte (unità 3a). Più in profondità e fino a 20 m pc circa si individua uno spesso strato di ghiaie con sabbie limose, con contenuto di fini generalmente inferiore a 15%. La suddetta unità 6 appare da poco a mediamente addensata. Lo strato sottostante raggiunge la massima profondità indagata (50 m) ed è costituito da sabbie limose (unità 4), con un contenuto di fine non superiore al 20%.

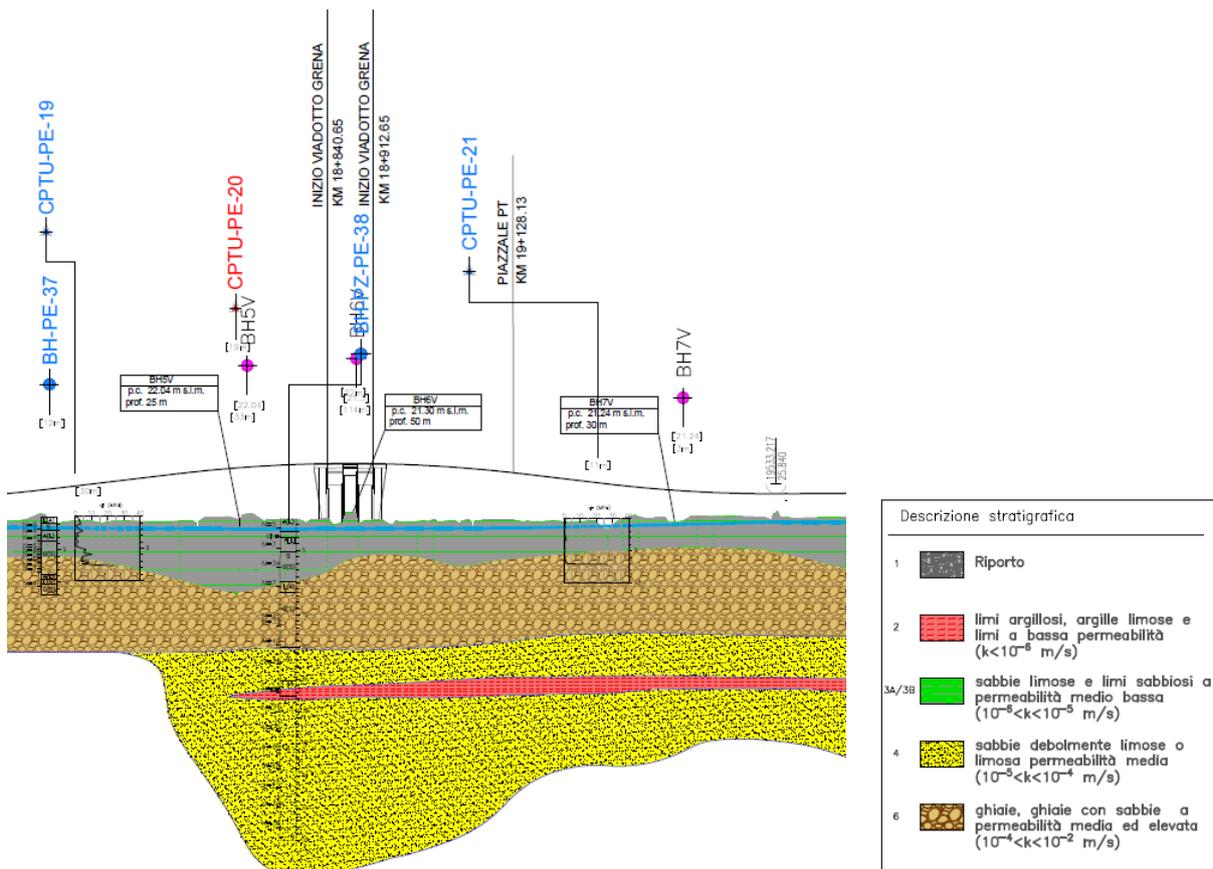


Figura 15 Profilo geotecnico dell'area di interesse

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 21 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

I parametri caratteristici suggeriti per le unità individuate sono:

Tabella 21 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 16+340 alla 19+159

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Dr (%)	$\phi'$ (°)	Vs (m/s)	G0 (MPa)	E' (MPa)	c <sub>u</sub> (kPa)	$\sigma'_p$ (kPa)
3b	17.5-18.5	-	24-28	100-170	20-60	4-8	25-60	100-200
3a	17.5-19	25-50	28-33		-	5-10	-	-
6	19-20	30-50	39-42	380-400	230-300	45-100	-	-
4	19-20	50-70	37-39				-	-
2	19-20	-	-	-	-	20-30	100-120	≥500

Per quanto riguarda i criteri di scelta dei parametri geotecnici del terreno da impiegare per la fondazione superficiale di quest'opera, si osserva che il fabbricato sorge sul rilevato di piazzale alto circa 5.50m sul piano di campagna. Considerato che il piano d'appoggio è posto a 1,15 m al di sotto del piano finito (0,00) del piazzale, ne consegue che al di sotto del piano di appoggio delle fondazioni è presente uno strato di circa 4,35 m di materiale riportato; quindi il terreno di appoggio è costituito dal rilevato e le tensioni indotte dalla fondazione superficiale si sviluppano interamente all'interno dello strato riportato, senza interessare il terreno in situ.

Per la costruzione del rilevato, su cui sorge il fabbricato e che viene eseguito sopra il piano campagna, saranno adottati materiali e tecnologie atti a garantirne le elevate prestazioni richieste dall'esercizio ferroviario. Per le verifiche geotecniche del fabbricato saranno considerate cautelativamente le seguenti caratteristiche:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$  peso di volume;
- $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata;
- $\phi' = 35^\circ$  angolo di attrito interno;
- $K_w = 10000 \text{ kN/m}^3$  costante elastica di Winkler.

Per il calcolo della costante di sottofondo si è fatto riferimento alle prove di carico su piastra standard di base quadrata o circolare di raggio interno o diametro b pari a 30cm, da cui si ricava il valore del parametro k<sub>1</sub> che viene opportunamente convertito utilizzando formule che tengano conto della dimensione reale della fondazione. Per terreni incoerenti si ha:

$$k_w = k_1 [(B + b) / 2b]^2$$

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 22 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Assumendo il terreno di fondazione come mediamente addensato non saturo, ipotesi ritenuta cautelativa considerando che le fondazioni poggiano su rilevato, si è ottenuto:

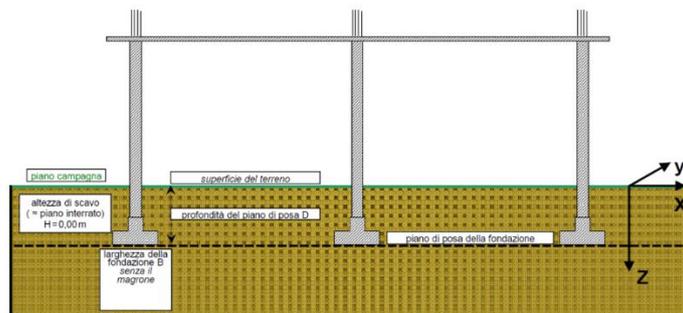
#### DATI

Piano campagna	<input type="text" value="0"/>	m
Altezza di scavo (= piano interrato) H	<input type="text" value="0"/>	m
Profondità del piano di posa D rispetto alla superficie del terreno (lato della fondazione meno interrato)	<input type="text" value="1.05"/>	m
Larghezza della fondazione senza il magrone B	<input type="text" value="1"/>	m
Densità relativa $D_R$	Medio <input type="text" value="50"/>	%

#### RISULTATI

Profondità del piano di posa D	<input type="text" value="1.05"/>	m
<b>TERRENO NON SATURO</b>		
Interpolazione del $k_1$	<input type="text" value="60"/>	N/cm <sup>3</sup>
Valore di $k_w$	<input type="text" value="2.54"/>	kg/cm <sup>3</sup>
<b>TERRENO SATURO</b>		
Valore consigliato $k_1$	<input type="text" value="30"/>	N/cm <sup>3</sup>
Valore di $k_w$	<input type="text" value="1.27"/>	kg/cm <sup>3</sup>

Schema di riferimento N°1



Il valore utilizzato nelle verifiche, ossia  $k_w=1 \text{ kg/cm}^3$ , è dunque conservativo e massimizza le sollecitazioni sulle opere di fondazioni.

Si è scelto, inoltre, di utilizzare un valore di  $K_s$  costante e pari al minore dei valori ottenuti tra la zona centrale e le zone dei bordi. In questo modo si massimizzano le sollecitazioni nelle opere di fondazione (fondazioni di tipo flessibile a trave rovescia in terreno cedevole). Nel caso in esame il valore di  $K_s$  minore si ottiene in corrispondenza delle zone centrali ed è stato assunto, cautelativamente pari a  $1 \text{ kg/cm}^3$ , come visto precedentemente. Ulteriori valutazioni sulla variazione di  $K_s$  non sono, dunque, necessarie.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 23 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Secondo quanto riportato nella Relazione Idrogeologica, per tutta la tratta compresa tra le progressive 10+045 e 19+159, alla luce dei valori di soggiacenza rilevati nei piezometri si suggerisce l'utilizzo dei seguenti valori:

- falda di progetto a medio termine (un anno): piano campagna;
- falda di progetto a lungo termine: piano campagna

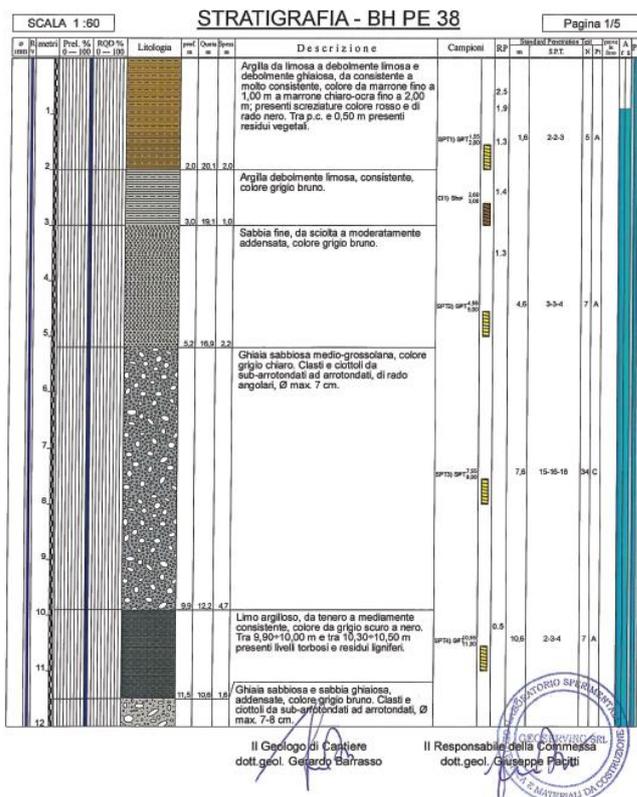
Dato che il fabbricato sorge sul rilevato di piazzale sopra il piano di campagna, che ha un'altezza maggiore della profondità del piano di posa della fondazione, il piano di fondazione dell'opera risulta sicuramente non interessato dalla falda.

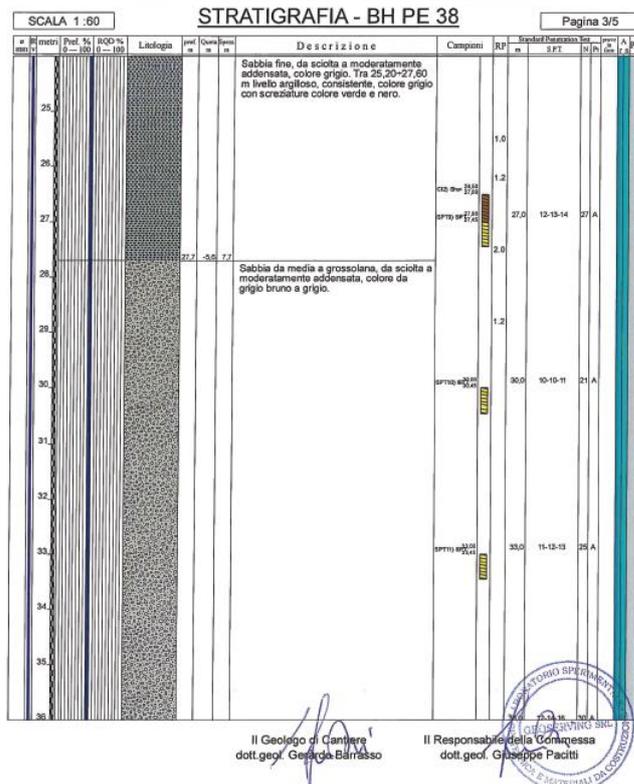
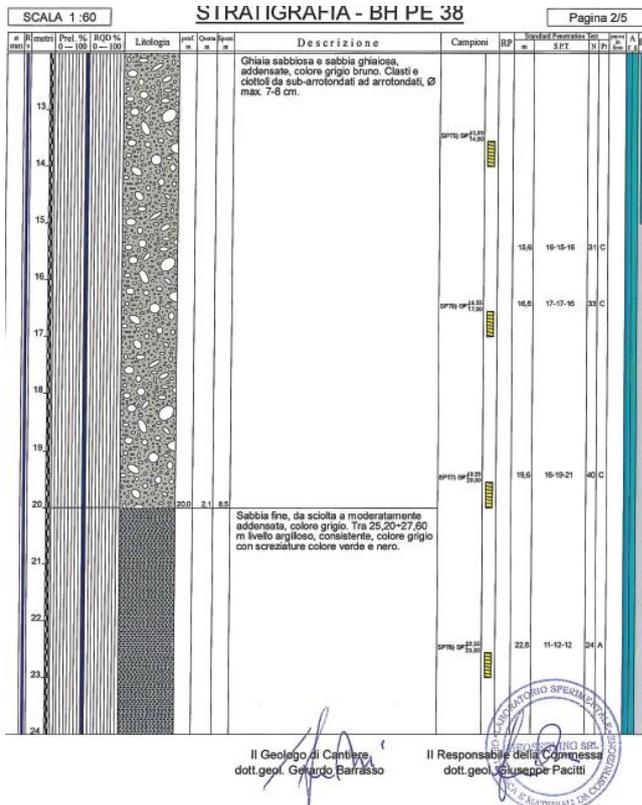
## 6.1 STRATIGRAFIA DI VERIFICA MURI DI SOSTEGNO

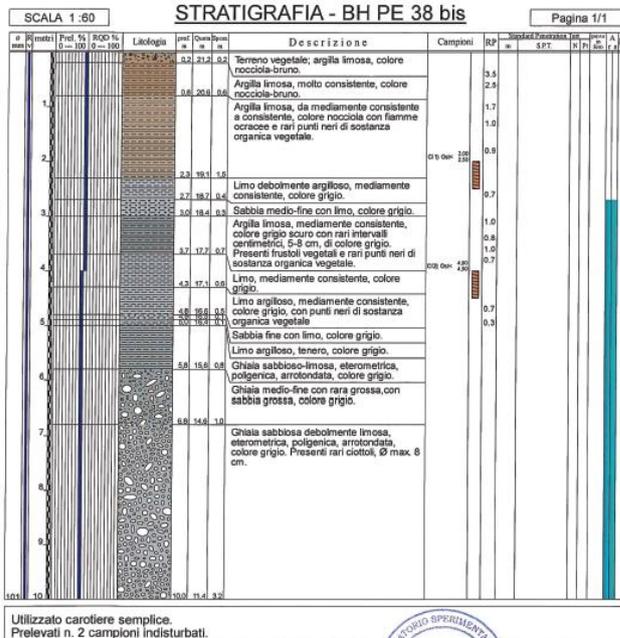
Per la determinazione della stratigrafia di progetto utilizzata per la verifica delle strutture di sostegno, si è fatto riferimento alle prove eseguite, in particolare:

- Prova BH-PE-38 (documentazione progetto esecutivo)
- Prova BH-PE-38bis (documentazione progetto esecutivo)

A titolo illustrativo si riportano i risultati dei sondaggi eseguiti nelle vicinanze del sito in esame, e si rimanda alla documentazione specifica per ulteriori approfondimenti.







Il Geologo di Cantiere  
dott. geol. Alessio Sacchi



Il Responsabile della Compresa  
dott. geol. Giuseppe Padellaro

La stratigrafia di progetto risulta dunque la seguente:

UG	DESCRIZIONE	da	a	spessore	$\gamma$	$\phi$	c'k	Cuk	E	v	Dr
		[m]	[m]	[m]	kN/m <sup>3</sup>	[°]	kPa	kPa	kPa	-	%
1	Rilevato di progetto	0	4.50	4.5	19	35	-	-	50000	0.3	50
2	Argilla limosa (unità 3b)	4.5	9.5	5.0	18	24	-	25-60	5000	0.3	-
3	Ghiaia sabbiosa (unità 6)	9.5	30	20.5	19	39	-	150	45000	0.3	40

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 26 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 7 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PER LA RISPOSTA SISMICA LOCALE

La zonazione del tracciato di progetto rispetto alla risposta sismica locale dei terreni presenti è stata svolta in accordo alle prescrizioni delle NTC08, identificando la Categoria di Sottosuolo di appartenenza del sito sulla base dei dati delle indagini condotte. In particolare, l'associazione tra stratigrafia rilevata ai punti di interesse e relativa categoria di sottosuolo è stata condotta in funzione dei valori medi calcolati sui primi 30m di profondità della velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{S,30}$ ) definita dall'espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

$h_i$  = spessore (in metri) dell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato, ricavata attraverso correlazioni.

Si rimanda alla Relazione Geotecnica [3] per la descrizione completa delle diverse prove in sito condotte nel corso delle varie campagne, per ogni punto di interesse identificato lungo il tracciato. Nella Relazione Sismica il terreno su cui sorgerà il FA07 è classificato in categoria C.

Si riporta nell'immagine seguente uno stralcio della Planimetria con Classificazione Sismica del Territorio [5], in cui è individuata la localizzazione del fabbricato in oggetto.

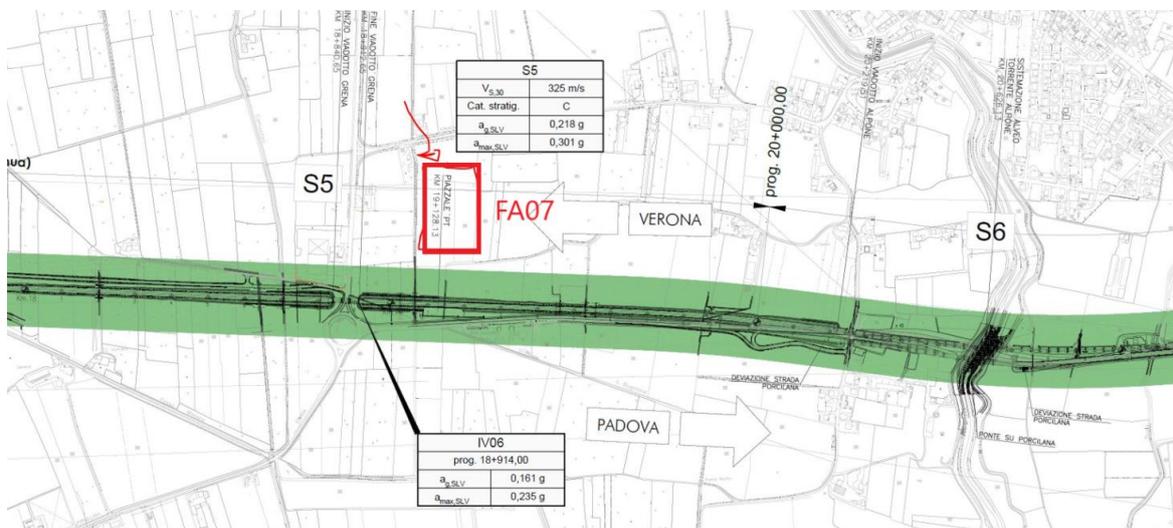


Figura 16 Categoria di sottosuolo del sito in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 27 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0700001	A

L'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base può essere determinato secondo le NTC08 attraverso l'impiego di un fattore di sito  $S$  funzione sia della categoria di sottosuolo ( $S_s$ ) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica ( $S_T$ ):

Il coefficiente  $S_s$  si ottiene dalla seguente espressione per un sottosuolo di categoria C (Tabella 3.2.V del par. 3.2.3 delle NTC08):

$$S_s = 1.00 \leq 1.70 - 0.60F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.50$$

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, il sito di interesse si trova su superficie sostanzialmente pianeggiante. Pertanto, esso ricade in categoria  $T_1$ , ossia Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ , in accordo alla Tabella 3.2.IV al par.3.2.2. delle NTC08. Di conseguenza il fattore di amplificazione topografica ha valore unitario,  $S_T = 1$ .

L'azione sismica prima individuata viene corretta per tener conto delle effettive condizioni locali, stratigrafiche (categoria di sottosuolo "C") e topografiche (superficie pianeggiante), attraverso i coefficienti correttivi che amplificano l'accelerazione riferita al suolo rigido determinando l'accelerazione di progetto:  $a_{max} = S a_g (T=0)$ . I valori del fattore di sito  $S$  e dell'azione sismica di progetto  $a_{max}$  per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono stati calcolati e riportati di seguito:

STATO LIMITE	$S_s$	$S_T$	$S=S_s*S_T$	$a_g$ (g)	$a_{max}=a_g*S$ (g)
SLO	1.500	1	1.500	0.066	0.099
SLD	1.500	1	1.500	0.084	0.126
SLV	1.395	1	1.372	0.209	0.291
SLC	1.333	1	1.307	0.256	0.341

Tabella 3: Coefficienti correttivi locali e accelerazioni massime

Per un maggior dettaglio circa l'entità dell'azione sismica e i relativi spettri di risposta si rimanda alla Relazione Sismica e alla Relazione di Calcolo Strutturale.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 28 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 8 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Il metodo di calcolo utilizzato per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali è il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite, per cui le combinazioni di carico utilizzate per la determinazione dei Parametri delle Sollecitazioni e le deformazioni sono le seguenti:

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Statiche):

$$\gamma_{G1}G_{K1} + \gamma_{G2}G_{K2} + \gamma_Q \left[ Q_{K} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} Q_{ki}) \right]$$

dove:

- G<sub>1</sub>      Peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti al loro valore caratteristico
- G<sub>2</sub>      Peso propri degli elementi non strutturali al loro valore caratteristico
- Q<sub>k</sub>      Azioni Variabili al loro valore caratteristico
- γ<sub>G1</sub>      Coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti
- g<sub>G2</sub>      Coefficiente parziale del peso propri degli elementi non strutturali
- γ<sub>Q</sub>      Coefficiente parziale delle azioni variabili
- ψ<sub>0i</sub>      Coefficiente di combinazione

		γ <sub>F</sub>	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G <sub>1</sub>	Favorevoli		0.9	1.0	1.0
	Sfavorevoli	γ <sub>G1</sub>	1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali G <sub>2</sub>	Favorevoli		0.8	0.8	0.8
	Sfavorevoli	γ <sub>G2</sub>	1.5	1.5	1.3
Carichi variabili Q	Favorevoli		0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli	γ <sub>Q</sub>	1.5	1.5	1.3
EQU		stato limite di equilibrio come corpo rigido			
STR		stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione			
GEO		stato limite di resistenza del terreno			

Tabella 1 Coefficienti parziali impiegati

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 29 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Gli stati limite STR e GEO prevedono il raggiungimento della resistenza delle strutture o del terreno, rispettivamente. Nelle verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi, per le opere di fondazione e di sostegno delle terre, viene utilizzato l'Approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3), secondo quanto riportato nel cap.6 delle NTC 08, dove la combinazione (A1+M1+R3) è dimensionante sia per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale, STR, e sia per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico, GEO.

PARAMETRI TERRENO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	CASO	
			M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$c'$	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
Peso di volume	$\gamma$	$\gamma$	1.00	1.00

Tabella 2 Coefficienti parziali impiegati per i parametri del terreno

A1 e A2 sono i coefficienti parziali da applicare alle azioni;

M1 e M2 sono i coefficienti parziali da applicare ai parametri del terreno.

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Dinamiche):

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

dove:

E Azione Sismica per lo stato limite in esame

G<sub>1</sub> Peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti al loro valore caratteristico

G<sub>2</sub> Peso propri degli elementi non strutturali al loro valore caratteristico

Q<sub>k</sub> Azioni Variabili al loro valore caratteristico

$\psi_{2i}$  Coefficiente di combinazione

L'azione sismica viene determinata prendendo in considerazione le masse strutturali determinate secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 30 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

La risposta a ciascuna componente, in accordo con il punto 7.3.5 delle NTC08, è combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00*E_x + 0,30*E_y + 0,30*E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Eccezionali: incendi, esplosioni, urti):

$$G_1 + G_2 + A_d + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- Stati Limite Esercizio (Combinazione Statiche):

- Combinazione Rara

$$G_1 + G_2 + Q_{K1} + \sum_i (\psi_{0i} Q_{ki})$$

- Combinazione Frequente

$$G_1 + G_2 + \psi_{1K} Q_{K1} + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- Combinazione Quasi Permanente

$$G_1 + G_2 + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

Valori dei coefficienti di combinazione			
Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
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
Categorie H Coperture	0.0	0.0	0.0
Vento	0.6	0.2	0.0

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 31 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Neve (a quota $\leq 1000$ s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota $> 1000$ s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

Tabella 3 Coefficienti di combinazione dei carichi variabili

Le suddette combinazioni serviranno per verificare le tensioni di esercizio dei materiali, la deformabilità della struttura nonché la fessurazione nel caso di elementi in c.a. In particolar modo, le condizioni di cui tener conto nel caso di elementi in c.a. sono le seguenti:

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
<b>a</b>	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
<b>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4 Parametri per lo stato limite di fessurazione

Dove si definiscono, in base a quanto riportato al paragrafo 4.1.2.2.4.1, le seguenti grandezze:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 32 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 9 ANALISI FEM FABBRICATO PT E CABINA ENEL

### 9.1 STRUMENTI SOFTWARE

Per la modellazione della sovrastruttura e delle opere di fondazione è stato impiegato il software FEM Midas GEN, di Midas Information Technologies:



Figura 17 Versione di Midas Gen impiegata nella modellazione FEM del fabbricato in oggetto.

#### 9.1.1 AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO

Per quanto riguarda nel dettaglio le basi teoriche sulle quali sono implementati gli algoritmi di calcolo del software si rimanda alla documentazione allegata al software fornita dal produttore, nel caso specifico al documento “Analysis Manual”.

#### 9.1.2 VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Il codice di calcolo sopra descritto è soggetto a periodica validazione interna.

#### 9.1.3 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Come previsto nel paragrafo 10.2.1 delle NTC 2008, la scrivente ha sottoposto i risultati delle elaborazioni numeriche derivanti da codici FEM a controlli che ne comprovano l’affidabilità.

I controlli effettuati, non riportati per brevità, sono stati i seguenti (elenco indicativo non esaustivo):

- 1) Controllo delle reazioni vincolari totali per porzioni di impalcato facilmente estrapolabili;
- 2) Controllo degli sforzi normali dovuti ai pesi agenti su aste verticali, per aree di influenza;

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 33 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

- 3) Controllo del diagramma di sollecitazione per la componente flettente per aste semplici quali quelle doppiamente incernierate;
- 4) Controllo delle deformazioni verticali per aste semplici quali quelle doppiamente incernierate.

I suddetti controlli sono stati effettuati a mano o mediante l'ausilio di fogli di calcolo Excel ed hanno portato a confermare l'attendibilità dei risultati forniti dal software di calcolo utilizzato.

## 9.2 MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO

Per la progettazione delle strutture in oggetto è stata eseguita un'analisi dinamica lineare, realizzando un modello FEM tridimensionale per ciascuna struttura, per rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidità e resistenza. In particolare, sono stati realizzati 2 modelli indipendenti: il primo relativo ad un blocco del PT (i blocchi del PT sono tra loro simmetrici ed analoghi), il secondo per la Cabina Enel. Gli elementi considerati "secondari" e gli elementi non strutturali autoportanti (tamponature e tramezzi) sono stati rappresentati in termini di massa.

La rigidità degli elementi strutturali è stata rappresentata con modelli lineari. Le azioni conseguenti al moto sismico sono modellate direttamente mediante spettri di risposta.

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa si è attribuita una eccentricità accidentale (0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica) rispetto alla sua posizione che deriva dal calcolo.

È stata eseguita un'analisi dinamica lineare con riferimento agli spettri di progetto ottenuti assumendo un fattore di struttura  $q$ , come descritto al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** della presente relazione.

L'analisi modale è stata impiegata per la determinazione dei modi di vibrare dell'edificio; gli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, sono stati calcolati per ciascuno dei modi di vibrare individuati (spectral response), e combinati utilizzando la combinazione quadratica completa CQC.

Per l'analisi elastica globale i materiali costituenti la struttura sono considerati elastici, omogenei ed isotropi e con comportamento lineare. La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 34 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Nel fabbricato PT le travi di fondazione sono state incluse, modellandole su un letto di molle alla Winkler, attribuendo un opportuno valore alla costante elastica delle molle che rappresentano il terreno ( $k=10000\text{kN/m}^3$ ). Nella Cabina Enel le travi di fondazione sono state incluse, modellandole su un letto di molle alla Winkler, attribuendo un opportuno valore alla costante elastica delle molle che rappresentano il terreno ( $k=10000\text{kN/m}^3$ ).

Nel fabbricato PT per la modellazione del solaio di copertura sono stati impiegati elementi plate ortotropi, assegnando una diversa rigidità nelle due direzioni per tener conto, oltre che della presenza della cappa di completamento del solaio, anche dei travetti presenti nella direzione di orditura del solaio latero-cementizio. La cappa di completamento, di spessore pari a 4cm, consente comunque di poter considerare il solaio infinitamente rigido nel proprio piano (NTC08 7.2.6).

Si riporta di seguito un'immagine dei modelli FEM delle strutture.

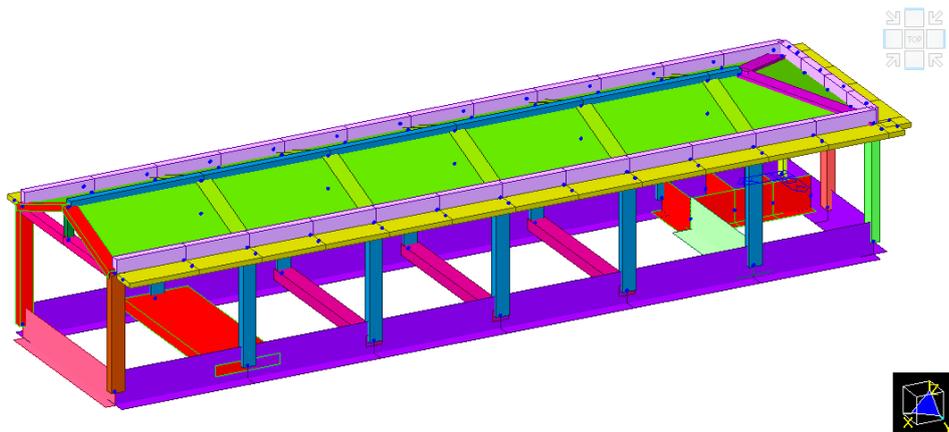


Figura 18 Modello FEM Midas Gen PT, blocco 1 di estremità

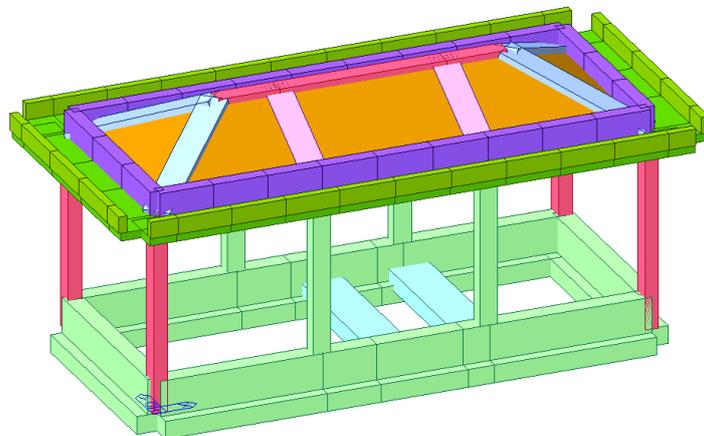


Figura 19 Modello FEM Midas Gen Cabina Enel

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 35 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

I carichi verticali sono stati attribuiti agli elementi strutturali, sotto forma di beam load o floor load. Si riporta a titolo esemplificativo l'immagine seguente, in cui possono vedere i carichi  $G_2$  sul solaio di copertura attribuiti agli elementi del modello FEM.

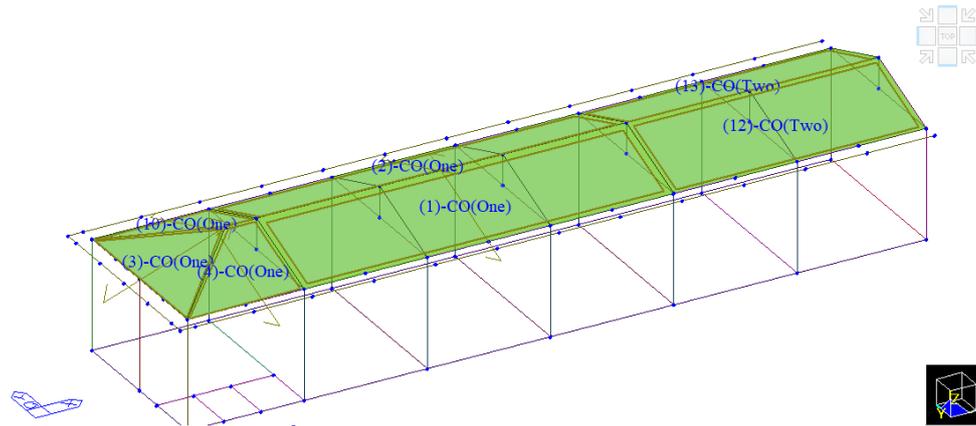


Figura 20 Floor load sul solaio di copertura PT

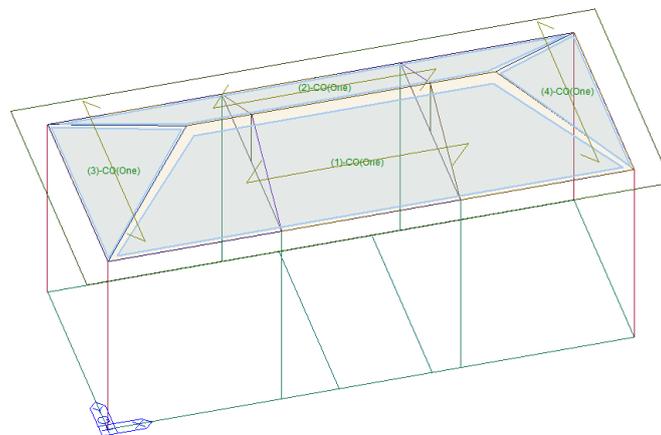


Figura 21 Floor load sul solaio di copertura Cabina Enel

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 36 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0700001	A

## 10 ANALISI FEM MURI DI SOSTEGNO

### 10.1 STRUMENTI SOFTWARE

Per la verifica dei muri di sostegno è stato utilizzato il software MAX 15.0 di Aztec Informatica:



#### 10.1.1 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.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.
- Calcolo della portanza assiale e trasversale dei pali. Progetto e verifica delle armature dei pali inseriti.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 14/01/2008.

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.

#### 10.1.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	One Works S.p.A.
Licenza	AIU5057A3

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 37 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0700001	A

### 10.1.3 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 Aztec Informatica srl 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.

### 10.1.4 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.

### 10.1.5 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.

### 10.1.6 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.

## 10.2 MODELLI DI CALCOLO

Per la descrizione dei modelli di calcolo, si rimanda ai successivi paragrafi specifici per ogni muro.

## 11 RICHIAMI TEORICI MURI DI SOSTEGNO

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 38 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 11.1 Calcolo della spinta sul muro

### 11.1.1 Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo A1-M1 nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo A2-M2 nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### 11.1.2 Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $r$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

### 11.1.3 Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 39 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

#### 11.1.4 Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

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

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $q$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

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

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 40 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 11.1.5 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### 11.1.6 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento. Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 41 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 11.1.7 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

La formula di Vesic è analoga alla formula di Hansen. Cambia solo il fattore  $N_\gamma$  e l'espressione di alcuni coefficienti.

Di seguito sono riportate per intero tutte le espressioni.

Caso generale  $\phi > 0$

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi = 0$

$$q_u = 5.14c_u(1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

$N$  fattori di capacità portante

$s$  fattori di forma

$d$  fattori di profondità

$i$  fattori di inclinazione del carico

$b$  fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata), con  $\eta$  inclinazione del piano di posa

$g$  fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio), con  $\beta$  pendenza del pendio

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$	$N_q = e^{\pi \tan \varphi} K_p$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \varphi$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$		
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 0.4k$		
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.4k$	$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 k$	$d_\gamma = 1$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = 1 - \frac{mH}{A_r c_a N_c}$		
	$\varphi > 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_r c_a \cot \varphi}\right)^m$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_r c_a \cot \varphi}\right)^{m+1}$
Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)	$\varphi = 0$	$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_q = (1 - \eta \tan \varphi)^2$	$b_\gamma = (1 - \eta \tan \varphi)^2$
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)	$\varphi = 0$	$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_q = (1 - \tan \beta)^2$	$g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dove i coeff.  $k$  e  $m$  assumono le seguenti espressioni:

$k = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$	$k = \arctan \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} > 1$	$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$
---	--	---

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 42 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Per poter applicare la formula di Vesic devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$H < V \tan \delta + A_r c_a$	$\beta \leq \varphi$	$i_q, i_\gamma > 0$	$\beta + \eta \leq 90^\circ$
-------------------------------	----------------------	---------------------	------------------------------

### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

### Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 + 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_\gamma r_\gamma$$

## 11.2 Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. In presenza di pali, per ogni centro vengono analizzate 3 famiglie di superfici di scorrimento: la prima famiglia di superfici passa per tacco della fondazione, la seconda per il punto centrale della lunghezza dei pali, la terza per il piede dei pali. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 25.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 43 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

$i_{esima}$ ,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $h$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### 11.3 Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $f$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

- $Q_T$  portanza totale del palo
- $Q_P$  portanza di base del palo
- $Q_L$  portanza per attrito laterale del palo
- $W_P$  peso proprio del palo

e le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale  $\eta_l$ .

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

#### 11.3.1 Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left( cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B\gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

- $A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo
- $c$  è la coesione
- $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo
- $\gamma$  è il peso specifico del terreno
- $D$  è il diametro del palo

$N'_c$   $N'_q$   $N'_\gamma$  sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 44 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 11.3.2 Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_l = \int_s \tau_a dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove:

$c_a$  è l'adesione palo-terreno

$\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno

$\gamma$  è il peso specifico del terreno

$z$  è la generica quota a partire dalla testa del palo

$L$  è la lunghezza del palo

$P$  è il perimetro del palo

$K_s$  è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

### 11.3.3 Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica  $K$  espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere l'abbassamento di 1 cm.

Nel metodo degli elementi finiti occorre discretizzare il particolare problema. Nel caso specifico il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidità assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite,  $X_{\max}$  oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. È evidente che assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che può essere risolto solo mediante una analisi al passo.

Questa modellazione presenta il notevole vantaggio di poter schematizzare tutti quei comportamenti individuati da Broms e che sarebbe impossibile trattare in un modello numerico. In particolare risulta automatico analizzare casi in cui si ha insufficiente portanza non per rottura del palo ma per rottura del terreno (vedi il caso di un palo molto rigido in un terreno molle).

### 11.3.4 Determinazione degli scarichi sul palo.

Gli scarichi sui pali vengono determinati mediante il metodo delle rigidità.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 45 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

La piastra di fondazione viene considerata infinitamente rigida (3 gradi di libertà) ed i pali vengono considerati incastrati o incernierati (la scelta del vincolo viene fatta dall'Utente nella tabella CARATTERISTICHE del sottomenu PALI) a tale piastra.

Viene effettuata una prima analisi di ogni palo di ciascuna fila (i pali di ogni fila hanno le stesse caratteristiche) per costruire una curva carichi-spostamenti del palo. Questa curva viene costruita considerando il palo elastico. Si tratta, in definitiva, della matrice di rigidezza del palo  $K_e$ , costruita imponendo traslazioni e rotazioni unitarie per determinare le corrispondenti sollecitazioni in testa al palo.

Nota la matrice di rigidezza di ogni palo si assembla la matrice globale (di dimensioni 3x3) della palificata,  $K$ .

A questo punto, note le forze agenti in fondazione (N, T, M) si possono ricavare gli spostamenti della piastra (abbassamento, traslazione e rotazione) e le forze che si scaricano su ciascun palo. Infatti indicando con  $p$  il vettore dei carichi e con  $u$  il vettore degli spostamenti della piastra abbiamo:

$$u = K^{-1}p$$

Noti gli spostamenti della piastra, e quindi della testa dei pali, abbiamo gli scarichi su ciascun palo. Allora per ciascun palo viene effettuata un'analisi elastoplastica incrementale (tramite il metodo degli elementi finiti) che, tenendo conto della plasticizzazione del terreno, calcola le sollecitazioni in tutte le sezioni del palo.

Se, le caratteristiche del terreno (rappresentate da  $Kh$ ) sono tali che se non è possibile raggiungere l'equilibrio si ha collasso per 'rottura' del terreno.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 46 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 12 VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE PT

### 12.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

#### 12.1.1 CAPACITA' PORTANTE

La verifica di capacità portante viene condotta seguendo l'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), con i coefficienti parziali indicati in dettaglio nel capitolo 8, quindi con coefficienti parziali unitari per le caratteristiche del terreno e pari a 2.3 per la fondazione superficiale (verifica di capacità portante). A titolo di esempio, si riporta il contour plot degli spostamenti verticali sulle travi di fondazione nella combinazione quasi permanente dei carichi.

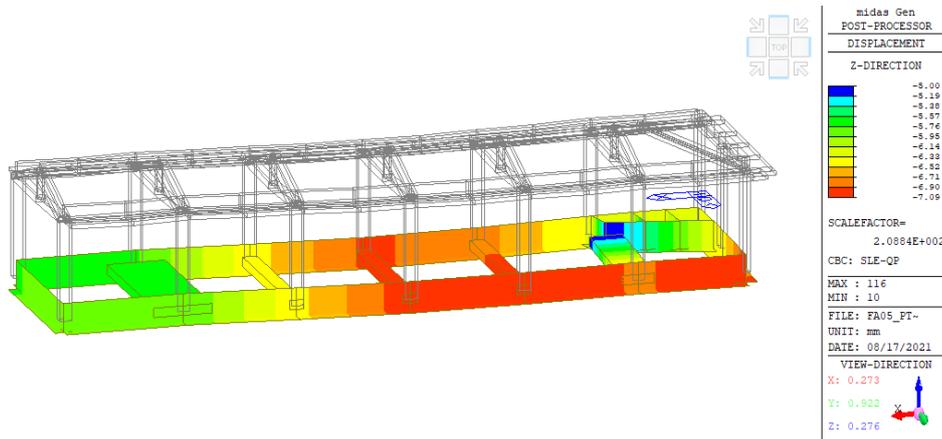


Figura 22 Spostamenti verticali sulle travi di fondazione in combinazione quasi permanente

Dal contour plot risulta una distribuzione sostanzialmente omogenea degli abbassamenti e quindi della reazione del terreno, come atteso data la notevole rigidezza delle travi rovesce.

La pressione limite  $q_{lim}$  è stata determinata con la formula generale di Brinch-Hansen, impiegata per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali.

$$q_{lim} = 0.5\gamma'BN_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}i_{\gamma}b_{\gamma}g_{\gamma} + q'N_q s_q d_q i_q b_q g_q + c'N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

Sulla base dei parametri geotecnici, di cui al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, sono stati calcolati i diversi termini seguenti:

**$N_c, N_q, N_{\gamma}$  : coefficienti di capacità portante**

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

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

**$s_c, s_q, s_{\gamma}$  : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L^*$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

**$i_c, i_q, i_{\gamma}$  : fattori di inclinazione del carico**

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_{\gamma} = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{(m+1)}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 47 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

$$m_0 = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*)$$

$$m_1 = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*)$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl)$$

**d<sub>c</sub>, d<sub>q</sub>, d<sub>γ</sub> : fattori di profondità del piano di posa**

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$D/B^* \leq 1 \rightarrow d_q = 1 + 2D \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 / B^*$$

$$d_\gamma$$

$$\beta_r + \beta_p = 0.00^\circ$$

$$\beta_r + \beta_p < 45^\circ$$

**b<sub>c</sub>, b<sub>q</sub>, b<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_r \tan \phi')^2$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$b_\gamma = b_q$$

**g<sub>c</sub>, g<sub>q</sub>, g<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \phi')$$

$$g_\gamma = g_q$$

La verifica è stata eseguita estraendo i risultati all'involuppo SLU SLV per tutti gli elementi delle travi di fondazione, come riportato nelle tabelle seguenti. Il valore della capacità portante  $q_{lim}$  di seguito riportato è stato calcolato dividendo il risultato ottenuto con la formula di Brich-Hansen per il coefficiente parziale di sicurezza pari a 2.3, secondo l'approccio 2 di NTC08. Inoltre, la pressione agente  $q$  è quella ottenuta dai risultati del modello di calcolo, amplificando poi le sollecitazioni agenti per il coefficiente  $\gamma_{RD}$  pari a 1.1 in CDB, come richiesto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC08. È possibile osservare che i rapporti tra azione resistenti ed agenti sono largamente maggiori dell'unità e le verifiche sono abbondantemente soddisfatte in tutti i casi analizzati.

## Verifica in tensioni efficaci

Element	Load coml Part	LarghezzaLunghezza fondazione		N (kN)	Tb (kN)	Tl (kN)	Ml (kN*m)	Mb (kN*m)	q <sub>lim</sub>	q	F <sub>s</sub> =q <sub>lim</sub> /q	Sd	Hd	F <sub>s</sub> =Sd/Hd	
		B	L												
1	SLU-SLV(I[1]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
1	SLU-SLV(1/4	1	100.00	32.69	1.00	1.00	0.01	0.00	477.53	35.96	✓13.28	22.89	1.41	✓16.18	
1	SLU-SLV(2/4	1	100.00	32.50	1.00	1.00	0.01	0.00	477.23	35.75	✓13.35	22.75	1.41	✓16.09	
1	SLU-SLV(3/4	1	100.00	32.33	1.00	1.00	0.00	0.00	476.96	35.56	✓13.41	22.64	1.41	✓16.01	
1	SLU-SLV(J[113]	1	100.00	32.19	1.00	1.00	0.00	0.00	476.74	35.40	✓13.47	22.54	1.41	✓15.94	
2	SLU-SLV(I[7]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
2	SLU-SLV(1/4	1	100.00	112.62	1.00	1.00	0.27	0.00	514.62	123.88	✓4.15	78.86	1.41	✓55.76	
2	SLU-SLV(2/4	1	100.00	115.63	1.00	1.00	0.33	0.00	515.02	127.19	✓4.05	80.96	1.41	✓57.25	
2	SLU-SLV(3/4	1	100.00	118.89	1.00	1.00	0.33	0.00	515.44	130.78	✓3.94	83.25	1.41	✓58.86	
2	SLU-SLV(J[9]	1	100.00	121.89	1.00	1.00	0.27	0.00	515.80	134.08	✓3.85	85.35	1.41	✓60.35	
3	SLU-SLV(I[9]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
3	SLU-SLV(1/4	1	100.00	124.24	1.00	1.00	0.20	0.00	516.07	136.66	✓3.78	86.99	1.41	✓61.51	
3	SLU-SLV(2/4	1	100.00	125.85	1.00	1.00	0.12	0.00	516.25	138.43	✓3.73	88.12	1.41	✓62.31	
3	SLU-SLV(3/4	1	100.00	126.69	1.00	1.00	0.04	0.00	516.34	139.36	✓3.71	88.71	1.41	✓62.73	
3	SLU-SLV(J[11]	1	100.00	126.71	1.00	1.00	0.04	0.00	516.34	139.38	✓3.70	88.72	1.41	✓62.74	
4	SLU-SLV(I[11]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
4	SLU-SLV(1/4	1	100.00	125.83	1.00	1.00	0.13	0.00	516.25	138.41	✓3.73	88.11	1.41	✓62.30	
4	SLU-SLV(2/4	1	100.00	124.08	1.00	1.00	0.22	0.00	516.05	136.49	✓3.78	86.88	1.41	✓61.43	
4	SLU-SLV(3/4	1	100.00	121.59	1.00	1.00	0.28	0.00	515.76	133.75	✓3.86	85.14	1.41	✓60.20	
4	SLU-SLV(J[2]	1	100.00	118.56	1.00	1.00	0.33	0.00	515.40	130.41	✓3.95	83.02	1.41	✓58.70	
11	SLU-SLV(I[4]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
11	SLU-SLV(1/4	1	100.00	28.84	1.00	1.00	0.01	0.00	470.74	31.72	✓14.84	20.19	1.41	✓14.28	
11	SLU-SLV(2/4	1	100.00	28.61	1.00	1.00	0.01	0.00	470.29	31.47	✓14.95	20.03	1.41	✓14.16	
11	SLU-SLV(3/4	1	100.00	28.42	1.00	1.00	0.00	0.00	469.91	31.26	✓15.03	19.90	1.41	✓14.07	
11	SLU-SLV(J[115]	1	100.00	28.28	1.00	1.00	0.00	0.00	469.61	31.10	✓15.10	19.80	1.41	✓14.00	
12	SLU-SLV(I[6]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
12	SLU-SLV(1/4	1	100.00	87.64	1.00	1.00	0.21	0.00	510.21	96.40	✓5.29	61.36	1.41	✓43.39	
12	SLU-SLV(2/4	1	100.00	84.72	1.00	1.00	0.19	0.00	509.52	93.19	✓5.47	59.32	1.41	✓41.95	
12	SLU-SLV(3/4	1	100.00	82.13	1.00	1.00	0.17	0.00	508.88	90.34	✓5.63	57.51	1.41	✓40.66	
12	SLU-SLV(J[4]	1	100.00	79.90	1.00	1.00	0.14	0.00	508.29	87.89	✓5.78	55.95	1.41	✓39.56	
13	SLU-SLV(I[8]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
13	SLU-SLV(1/4	1	100.00	117.67	1.00	1.00	0.04	0.00	515.28	129.44	✓3.98	82.39	1.41	✓58.26	
13	SLU-SLV(2/4	1	100.00	117.48	1.00	1.00	0.00	0.00	515.26	129.23	✓3.99	82.26	1.41	✓58.17	
13	SLU-SLV(3/4	1	100.00	118.20	1.00	1.00	0.13	0.00	515.35	130.02	✓3.96	82.76	1.41	✓58.52	
13	SLU-SLV(J[6]	1	100.00	120.00	1.00	1.00	0.21	0.00	515.57	132.00	✓3.91	84.03	1.41	✓59.42	

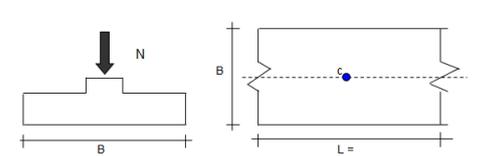


Pag	Progetto	Lotto	Codifica	
50 di 113	IN17	12	EI2RBFA0700001	A

232 SLU-SLV( I[113]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
232 SLU-SLV( 1/4	1	100.00	32.53	1.00	1.00	0.00	0.00	477.29	35.78	13.34	22.78	1.41	16.11	
232 SLU-SLV( 2/4	1	100.00	32.47	1.00	1.00	0.00	0.00	477.19	35.72	13.36	22.74	1.41	16.08	
232 SLU-SLV( 3/4	1	100.00	32.50	1.00	1.00	0.00	0.00	477.23	35.75	13.35	22.76	1.41	16.09	
232 SLU-SLV( J[114]	1	100.00	32.60	1.00	1.00	0.00	0.00	477.39	35.86	13.31	22.82	1.41	16.14	
233 SLU-SLV( I[114]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
233 SLU-SLV( 1/4	1	100.00	37.71	1.00	1.00	0.01	0.00	484.36	41.48	11.68	26.41	1.41	18.67	
233 SLU-SLV( 2/4	1	100.00	37.96	1.00	1.00	0.01	0.00	484.65	41.75	11.61	26.58	1.41	18.79	
233 SLU-SLV( 3/4	1	100.00	38.25	1.00	1.00	0.01	0.00	484.99	42.08	11.53	26.78	1.41	18.94	
233 SLU-SLV( J[7]	1	100.00	38.56	1.00	1.00	0.01	0.00	485.34	42.41	11.44	27.00	1.41	19.09	
234 SLU-SLV( I[115]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
234 SLU-SLV( 1/4	1	100.00	48.54	1.00	1.00	0.01	0.00	494.38	53.40	9.26	33.99	1.41	24.03	
234 SLU-SLV( 2/4	1	100.00	48.44	1.00	1.00	0.00	0.00	494.31	53.28	9.28	33.92	1.41	23.98	
234 SLU-SLV( 3/4	1	100.00	48.46	1.00	1.00	0.00	0.00	494.32	53.30	9.27	33.93	1.41	23.99	
234 SLU-SLV( J[1]	1	100.00	48.55	1.00	1.00	0.00	0.00	494.39	53.40	9.26	33.99	1.41	24.04	
235 SLU-SLV( I[116]	1.4	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
235 SLU-SLV( 1/4	1.4	100.00	113.46	1.00	1.00	0.52	0.00	659.62	89.14	7.40	79.44	1.41	56.17	
235 SLU-SLV( 2/4	1.4	100.00	115.92	1.00	1.00	0.99	0.00	660.05	91.08	7.25	81.17	1.41	57.39	
235 SLU-SLV( 3/4	1.4	100.00	131.31	1.00	1.00	1.94	0.00	662.35	103.17	6.42	91.94	1.41	65.01	
235 SLU-SLV( J[8]	1.4	100.00	153.81	1.00	1.00	2.35	0.00	664.89	120.85	5.50	107.70	1.41	76.15	
236 SLU-SLV( I[116]	0.6	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
236 SLU-SLV( 1/4	0.6	100.00	24.42	1.00	1.00	0.01	0.00	394.52	44.77	8.81	17.10	1.41	12.09	
236 SLU-SLV( 2/4	0.6	100.00	24.85	1.00	1.00	0.02	0.00	395.47	45.56	8.68	17.40	1.41	12.30	
236 SLU-SLV( 3/4	0.6	100.00	25.31	1.00	1.00	0.02	0.00	396.44	46.39	8.55	17.72	1.41	12.53	
236 SLU-SLV( J[118]	0.6	100.00	25.79	1.00	1.00	0.02	0.00	397.42	47.27	8.41	18.06	1.41	12.77	
237 SLU-SLV( I[117]	0.6	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
237 SLU-SLV( 1/4	0.6	100.00	24.35	1.00	1.00	0.02	0.00	394.37	44.64	8.83	17.05	1.41	12.06	
237 SLU-SLV( 2/4	0.6	100.00	24.89	1.00	1.00	0.02	0.00	395.56	45.64	8.67	17.43	1.41	12.33	
237 SLU-SLV( 3/4	0.6	100.00	25.45	1.00	1.00	0.02	0.00	396.74	46.66	8.50	17.82	1.41	12.60	
237 SLU-SLV( J[115]	0.6	100.00	25.98	1.00	1.00	0.02	0.00	397.82	47.64	8.35	18.19	1.41	12.87	
238 SLU-SLV( I[118]	0.6	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
238 SLU-SLV( 1/4	0.6	100.00	22.80	1.00	1.00	0.01	0.00	390.66	41.81	9.34	15.97	1.41	11.29	
238 SLU-SLV( 2/4	0.6	100.00	23.22	1.00	1.00	0.01	0.00	391.71	42.57	9.20	16.26	1.41	11.50	
238 SLU-SLV( 3/4	0.6	100.00	23.67	1.00	1.00	0.01	0.00	392.80	43.40	9.05	16.58	1.41	11.72	
238 SLU-SLV( J[117]	0.6	100.00	24.17	1.00	1.00	0.02	0.00	393.95	44.30	8.89	16.92	1.41	11.97	
239 SLU-SLV( I[114]	0.6	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
239 SLU-SLV( 1/4	0.6	100.00	37.54	1.00	1.00	0.06	0.00	413.89	68.83	6.01	26.29	1.41	18.59	
239 SLU-SLV( 2/4	0.6	100.00	36.25	1.00	1.00	0.06	0.00	412.59	66.45	6.21	25.38	1.41	17.95	
239 SLU-SLV( 3/4	0.6	100.00	34.96	1.00	1.00	0.06	0.00	411.19	64.09	6.42	24.48	1.41	17.31	
239 SLU-SLV( J[118]	0.6	100.00	33.68	1.00	1.00	0.06	0.00	409.71	61.75	6.64	23.58	1.41	16.68	
240 SLU-SLV( I[113]	0.6	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
240 SLU-SLV( 1/4	0.6	100.00	37.79	1.00	1.00	0.03	0.00	414.13	69.28	5.98	26.46	1.41	18.71	
240 SLU-SLV( 2/4	0.6	100.00	37.17	1.00	1.00	0.03	0.00	413.53	68.15	6.07	26.03	1.41	18.40	
240 SLU-SLV( 3/4	0.6	100.00	36.58	1.00	1.00	0.03	0.00	412.93	67.06	6.16	25.61	1.41	18.11	
240 SLU-SLV( J[117]	0.6	100.00	36.00	1.00	1.00	0.03	0.00	412.32	66.00	6.25	25.21	1.41	17.82	
241 SLU-SLV( I[90]	1	100.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
241 SLU-SLV( 1/4	1	100.00	108.42	1.00	1.00	0.21	0.00	514.02	119.26	4.31	75.92	1.41	53.68	
241 SLU-SLV( 2/4	1	100.00	106.99	1.00	1.00	0.09	0.00	513.80	117.69	4.37	74.91	1.41	52.97	
241 SLU-SLV( 3/4	1	100.00	107.29	1.00	1.00	0.16	0.00	513.85	118.02	4.35	75.13	1.41	53.12	
241 SLU-SLV( J[102]	1	100.00	109.36	1.00	1.00	0.28	0.00	514.16	120.30	4.27	76.58	1.41	54.15	

### 12.1.1 CEDIMENTI

Si riporta di seguito la verifica dei cedimenti. Poiché le fondazioni poggiano sullo strato di rilevato, la valutazione dei cedimenti viene effettuata per le sole condizioni di breve termine. Si riporta di seguito il calcolo eseguito:



**Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis, 1974)**

$$\Delta\sigma_z = (2q/\pi)^{1/2}(\alpha + \text{sen}\alpha\cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_x = (2q/\pi)^{1/2}(\alpha - \text{sen}\alpha\cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_y = (4q/\pi)^{1/2}(\nu\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{tot} = \sum \delta_i = \sum ((\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y))\Delta z_i/E_i)$$

**DATI DI INPUT:**

B = 1.00 (m) (Larghezza della Fondazione)

N = 75.00 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 75.00 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/B))

ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da	z <sub>i</sub>	a	z <sub>i+1</sub>	Δz <sub>i</sub>	E	ν	δ <sub>ci</sub>
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	RILEVATO	4.50	0.0	4.5	1.0	50000	0.30	0.21		
2	LIMI	5.00	4.5	9.5	1.0	5000	0.30	0.70		
3	GHIAIA	15.00	9.5	24.5	1.0	45000	0.30	0.40		
-		2.00	0.0	2.0	0.0	0	0.00	-		
-		3.00	0.0	3.0	0.0	0	0.00	-		
-		0.00	0.0	0.0	0.0	0	0.00	-		

**δ<sub>ctot</sub> = 1.31 (cm)**



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 53 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0700001	A

## 13 VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE CABINA ENEL

### 13.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

#### 13.1.1 CAPACITA' PORTANTE

La verifica di capacità portante viene condotta seguendo l'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), con i coefficienti parziali indicati in dettaglio nel capitolo 8, quindi con coefficienti parziali unitari per le caratteristiche del terreno e pari a 2.3 per la fondazione superficiale (verifica di capacità portante). A titolo di esempio, si riporta il contour plot degli spostamenti verticali sulle travi di fondazione nella combinazione quasi permanente dei carichi.

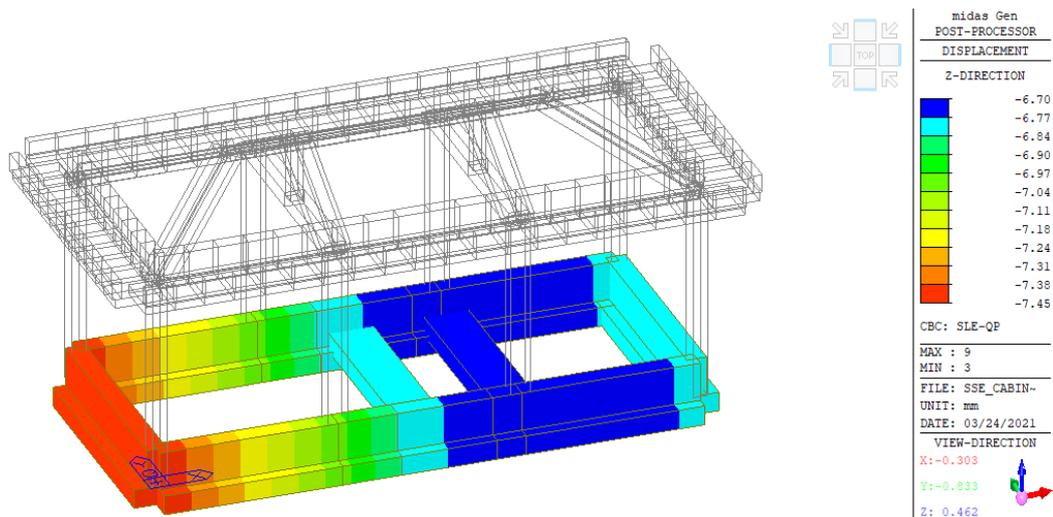


Figura 23 Spostamenti verticali sulle travi di fondazione in combinazione quasi permanente

Dal contour plot risulta una distribuzione sostanzialmente omogenea degli abbassamenti e quindi della reazione del terreno, come atteso data la notevole rigidezza delle travi rovesce.

La pressione limite  $q_{lim}$  è stata determinata con la formula generale di Brinch-Hansen, impiegata per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali.

$$q_{lim} = 0.5\gamma'BN_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}i_{\gamma}b_{\gamma}g_{\gamma} + q'N_qs_qd_qi_qb_qg_q + c'N_cs_cd_ci_cb_cg_c$$

Sulla base dei parametri geotecnici, di cui al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, sono stati calcolati i diversi termini seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 54 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

**Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante**

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * tg \varphi')}$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Ny = 2 * (Nq + 1) * \tan \varphi'$$

**sc, sq, sy : fattori di forma**

$$sc = 1 + B * Nq / (L * Nc)$$

$$sq = 1 + B * \tan \varphi' / L *$$

$$sy = 1 - 0,4 * B * / L *$$

**ic, iq, iy : fattori di inclinazione del carico**

$$iq = (1 - H / (N + B * L * c' \cot \varphi'))^m$$

$$ic = iq - (1 - iq) / (Nq - 1)$$

$$iy = (1 - H / (N + B * L * c' \cot \varphi'))^{(m+1)}$$

$$mb = (2 + B * / L *) / (1 + B * / L *)$$

$$mi = (2 + L * / B *) / (1 + L * / B *)$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl)$$

**dc, dq, dy : fattori di profondità del piano di posa**

$$dc = dq - (1 - dq) / (Nc \tan \varphi')$$

$$D/B \leq 1 \rightarrow dq = 1 + 2D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B *$$

$$dy$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00^\circ \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

**bc, bq, by : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$bq = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2$$

$$bc = bq - (1 - bq) / (Nc \tan \varphi')$$

$$by = bq$$

**gc, gq, gy : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$gq = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$gc = gq - (1 - gq) / (Nc \tan \varphi')$$

$$gy = gq$$

La verifica è stata eseguita estraendo i risultati all'involuppo SLU SLV per tutti gli elementi delle travi di fondazione, come riportato nelle tabelle seguenti. Il valore della capacità portante  $q_{lim}$  di seguito riportato è stato calcolato dividendo il risultato ottenuto con la formula di Brich-Hansen per il coefficiente parziale di sicurezza pari a 2.3, secondo l'approccio 2 di NTC08. Inoltre, la pressione agente  $q$  è quella ottenuta dai risultati del modello di calcolo, amplificando poi le sollecitazioni agenti per il coefficiente  $\gamma_{Rd}$  pari a 1.1 in CDB, come richiesto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC08. È possibile osservare che i rapporti tra azione resistenti ed agenti sono largamente maggiori dell'unità e le verifiche sono abbondantemente soddisfatte in tutti i casi analizzati.

Pag

55 di 113

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBFA0700001

A

## Verifica in tensioni efficaci

Element	Load comb.	Part	Larghezza: fondazione B	N (kN)	Tb (kN)	Tl (kN)	Ml (kN*m)	Mb (kN*m)	Verifica in tensioni efficaci							
									Q <sub>lim</sub>	q	F <sub>s</sub> =Q <sub>lim</sub> /q	Sd	Hd	F <sub>s</sub> =Sd/Hd		
9	SLU-SLV(all)	I[1]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
9	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	89.77	1.00	1.00	0.13	0.00	481.91	109.72	4.39	62.86	1.41	44.45		
9	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	88.06	1.00	1.00	0.12	0.00	481.56	107.63	4.47	61.66	1.41	43.60		
9	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	86.45	1.00	1.00	0.12	0.00	481.22	105.66	4.55	60.53	1.41	42.80		
9	SLU-SLV(all)	J[5]	0.9	84.92	1.00	1.00	0.11	0.00	480.88	103.79	4.63	59.46	1.41	42.05		
10	SLU-SLV(all)	I[5]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
10	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	27.74	1.00	1.00	0.00	0.00	442.69	33.90	13.06	19.42	1.41	13.73		
10	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	27.56	1.00	1.00	0.00	0.00	442.33	33.68	13.13	19.30	1.41	13.64		
10	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	27.37	1.00	1.00	0.00	0.00	441.96	33.46	13.21	19.17	1.41	13.55		
10	SLU-SLV(all)	J[17]	0.9	27.21	1.00	1.00	0.00	0.00	441.61	33.25	13.28	19.05	1.41	13.47		
11	SLU-SLV(all)	I[9]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
11	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	80.79	1.00	1.00	0.01	0.00	479.91	98.74	4.86	56.57	1.41	40.00		
11	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	81.12	1.00	1.00	0.04	0.00	479.99	99.14	4.84	56.80	1.41	40.16		
11	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	81.71	1.00	1.00	0.05	0.00	480.14	99.87	4.81	57.22	1.41	40.46		
11	SLU-SLV(all)	J[13]	0.9	82.49	1.00	1.00	0.06	0.00	480.32	100.82	4.76	57.76	1.41	40.84		
12	SLU-SLV(all)	I[7]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
12	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	85.89	1.00	1.00	0.12	0.00	481.10	104.97	4.58	60.14	1.41	42.53		
12	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	87.48	1.00	1.00	0.12	0.00	481.44	106.92	4.50	61.26	1.41	43.31		
12	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	89.16	1.00	1.00	0.13	0.00	481.79	108.98	4.42	62.43	1.41	44.15		
12	SLU-SLV(all)	J[3]	0.9	90.95	1.00	1.00	0.14	0.00	482.14	111.16	4.34	63.68	1.41	45.03		
13	SLU-SLV(all)	I[18]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
13	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	27.50	1.00	1.00	0.00	0.00	442.21	33.61	13.16	19.25	1.41	13.61		
13	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	27.67	1.00	1.00	0.00	0.00	442.56	33.82	13.09	19.37	1.41	13.70		
13	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	27.86	1.00	1.00	0.00	0.00	442.94	34.05	13.01	19.51	1.41	13.79		
13	SLU-SLV(all)	J[7]	0.9	28.04	1.00	1.00	0.00	0.00	443.30	34.28	12.93	19.64	1.41	13.89		
14	SLU-SLV(all)	I[15]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
14	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	83.21	1.00	1.00	0.06	0.00	480.49	101.70	4.72	58.26	1.41	41.20		
14	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	82.45	1.00	1.00	0.05	0.00	480.31	100.77	4.77	57.73	1.41	40.82		
14	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	81.86	1.00	1.00	0.04	0.00	480.17	100.05	4.80	57.32	1.41	40.53		
14	SLU-SLV(all)	J[11]	0.9	81.55	1.00	1.00	0.01	0.00	480.10	99.67	4.82	57.10	1.41	40.38		
15	SLU-SLV(all)	I[13]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
15	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	103.22	1.00	1.00	0.08	0.00	484.26	126.16	3.84	72.28	1.41	51.11		
15	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	102.67	1.00	1.00	0.03	0.00	484.17	125.49	3.86	71.89	1.41	50.84		
15	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	102.81	1.00	1.00	0.05	0.00	484.20	125.66	3.85	71.99	1.41	50.90		
15	SLU-SLV(all)	J[15]	0.9	103.81	1.00	1.00	0.14	0.00	484.35	126.88	3.82	72.69	1.41	51.40		
16	SLU-SLV(all)	I[3]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
16	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	114.08	1.00	1.00	0.14	0.00	485.75	139.43	3.48	79.88	1.41	56.48		
16	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	112.89	1.00	1.00	0.08	0.00	485.60	137.98	3.52	79.05	1.41	55.90		
16	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	112.44	1.00	1.00	0.00	0.00	485.55	137.43	3.53	78.73	1.41	55.67		
16	SLU-SLV(all)	J[1]	0.9	112.87	1.00	1.00	0.08	0.00	485.60	137.95	3.52	79.03	1.41	55.88		
17	SLU-SLV(all)	I[17]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
17	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	99.10	1.00	1.00	0.42	0.00	483.61	121.12	3.99	69.39	1.41	49.07		
17	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	96.13	1.00	1.00	0.14	0.00	483.10	117.50	4.11	67.31	1.41	47.60		
17	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	96.36	1.00	1.00	0.18	0.00	483.14	117.77	4.10	67.47	1.41	47.71		
17	SLU-SLV(all)	J[18]	0.9	99.84	1.00	1.00	0.47	0.00	483.73	122.03	3.96	69.91	1.41	49.43		
18	SLU-SLV(all)	I[17]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
18	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	43.72	1.00	1.00	0.01	0.00	463.19	53.44	8.67	30.62	1.41	21.65		
18	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	43.45	1.00	1.00	0.01	0.00	462.97	53.11	8.72	30.43	1.41	21.52		
18	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	43.27	1.00	1.00	0.01	0.00	462.81	52.89	8.75	30.30	1.41	21.42		
18	SLU-SLV(all)	J[19]	0.9	43.15	1.00	1.00	0.00	0.00	462.71	52.74	8.77	30.21	1.41	21.36		
19	SLU-SLV(all)	I[20]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
19	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	43.58	1.00	1.00	0.00	0.00	463.07	53.26	8.69	30.51	1.41	21.58		
19	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	43.71	1.00	1.00	0.01	0.00	463.18	53.42	8.67	30.60	1.41	21.64		
19	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	43.90	1.00	1.00	0.01	0.00	463.34	53.66	8.63	30.74	1.41	21.74		
19	SLU-SLV(all)	J[18]	0.9	44.18	1.00	1.00	0.01	0.00	463.56	54.00	8.58	30.94	1.41	21.88		
20	SLU-SLV(all)	I[19]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
20	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	98.33	1.00	1.00	0.41	0.00	483.48	120.18	4.02	68.85	1.41	48.69		
20	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	95.44	1.00	1.00	0.14	0.00	482.98	116.65	4.14	66.83	1.41	47.25		
20	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	95.61	1.00	1.00	0.17	0.00	483.01	116.86	4.13	66.95	1.41	47.34		
20	SLU-SLV(all)	J[20]	0.9	98.99	1.00	1.00	0.46	0.00	483.59	120.99	4.00	69.31	1.41	49.01		
21	SLU-SLV(all)	I[19]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
21	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	13.10	1.00	1.00	0.00	0.00	383.50	16.01	23.96	9.17	1.41	6.48		
21	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	13.10	1.00	1.00	0.00	0.00	383.51	16.01	23.95	9.17	1.41	6.49		
21	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	13.11	1.00	1.00	0.00	0.00	383.57	16.02	23.95	9.18	1.41	6.49		
21	SLU-SLV(all)	J[9]	0.9	13.11	1.00	1.00	0.00	0.00	383.61	16.03	23.94	9.18	1.41	6.49		
22	SLU-SLV(all)	I[11]	0.9	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00								
22	SLU-SLV(all)	1/4	0.9	13.24	1.00	1.00	0.00	0.00	384.64	16.18	23.77	9.27	1.41	6.55		
22	SLU-SLV(all)	2/4	0.9	13.23	1.00	1.00	0.00	0.00	384.60	16.17	23.78	9.27	1.41	6.55		
22	SLU-SLV(all)	3/4	0.9	13.23	1.00	1.00	0.00	0.00	384.55	16.17	23.79	9.26	1.41	6.55		
22	SLU-SLV(all)	J[20]	0.9	13.23	1.00	1.00	0.00	0.00	384.54	16.17	23.79	9.26	1.41	6.55		

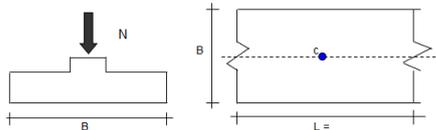
<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 56 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 13.1.1 CEDIMENTI

Si riporta di seguito la verifica dei cedimenti. Poiché le fondazioni poggiano sullo strato rilevato, la valutazione dei cedimenti viene effettuata per le sole condizioni di breve termine. Si riporta di seguito il calcolo eseguito:

#### CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE NASTRIFORME

LAVORO:



#### DATI DI INPUT:

B = 0.90 (m) (Larghezza della Fondazione)  
N = 75.00 (kN) (Carico Verticale Agente)  
q = 83.33 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/B))  
ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

#### Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis: 1974)

$$\Delta\sigma_z = (2q/\pi)(\alpha + \text{sen}\alpha\cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_x = (2q/\pi)(\alpha - \text{sen}\alpha\cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_y = (4q/\pi)(\nu\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{tot} = \sum \delta_i = \sum ((\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y))\Delta z_i / E_i)$$

Strato	Litologia	Spessore	da	z <sub>i</sub>	a	z <sub>i+1</sub>	Δz <sub>i</sub>	E	ν	δ <sub>ci</sub>
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	RILEVATO	4.50	0.0	4.5	1.0	50000	0.30	0.22		
2	LIMI	5.00	4.5	9.5	1.0	5000	0.30	0.70		
3	GHIAIA	15.00	9.5	24.5	1.0	45000	0.30	0.40		
-		2.00	0.0	2.0	0.0	0	0.00	-		
-		3.00	0.0	3.0	0.0	0	0.00	-		
-		0.00	0.0	0.0	0.0	0	0.00	-		

$$\delta_{ctot} = 1.32 \text{ (cm)}$$

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Pag 57 di 113		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

z	Azi	Terreno	α	senα	cosα	E	v	Δσzi	Δσxi	Δσyi	δi	Σδi	z	Azi	Terreno	α	senα	cosα	E	v	Δσzi	Δσxi	Δσyi	δi	Σδi
(m)	(m)	(-)	(rad)	(-)	(-)	(kNm <sup>2</sup> )	(-)	(kNm <sup>2</sup> )	(kNm <sup>2</sup> )	(kNm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm)	(m)	(m)	(-)	(rad)	(-)	(-)	(kNm <sup>2</sup> )	(-)	(kNm <sup>2</sup> )	(kNm <sup>2</sup> )	(kNm <sup>2</sup> )	(cm)	(cm)
0.00	1.0	1				50000	0.30						24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.12
1.00	1.0	1	0.73	0.67	0.74	50000	0.30	65.26	12.50	23.33	0.11	0.11	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.13
2.00	1.0	1	0.29	0.29	0.96	50000	0.30	30.06	0.86	9.28	0.05	0.16	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.13
3.00	1.0	1	0.18	0.18	0.98	50000	0.30	18.70	0.20	5.67	0.03	0.20	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.13
4.00	1.0	1	0.13	0.13	0.99	50000	0.30	13.49	0.07	4.07	0.02	0.22	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.14
5.00	1.0	2	0.10	0.10	1.00	5000	0.30	10.54	0.03	3.17	0.19	0.41	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.14
6.00	1.0	2	0.08	0.08	1.00	5000	0.30	8.64	0.02	2.60	0.16	0.57	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.15
7.00	1.0	2	0.07	0.07	1.00	5000	0.30	7.32	0.01	2.20	0.13	0.70	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.15
8.00	1.0	2	0.06	0.06	1.00	5000	0.30	6.35	0.01	1.91	0.12	0.82	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.16
9.00	1.0	2	0.05	0.05	1.00	5000	0.30	5.61	0.01	1.68	0.10	0.92	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.16
10.00	1.0	3	0.05	0.05	1.00	45000	0.30	5.02	0.00	1.51	0.01	0.93	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.16
11.00	1.0	3	0.04	0.04	1.00	45000	0.30	4.54	0.00	1.36	0.01	0.94	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.17
12.00	1.0	3	0.04	0.04	1.00	45000	0.30	4.15	0.00	1.24	0.01	0.95	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.17
13.00	1.0	3	0.04	0.04	1.00	45000	0.30	3.82	0.00	1.15	0.01	0.96	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.17
14.00	1.0	3	0.03	0.03	1.00	45000	0.30	3.53	0.00	1.06	0.01	0.96	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.18
15.00	1.0	3	0.03	0.03	1.00	45000	0.30	3.29	0.00	0.99	0.01	0.97	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.18
16.00	1.0	3	0.03	0.03	1.00	45000	0.30	3.08	0.00	0.92	0.01	0.98	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.18
17.00	1.0	3	0.03	0.03	1.00	45000	0.30	2.89	0.00	0.87	0.01	0.98	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.19
18.00	1.0	3	0.03	0.03	1.00	45000	0.30	2.73	0.00	0.82	0.01	0.99	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.19
19.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.58	0.00	0.77	0.01	0.99	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.20
20.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.45	0.00	0.73	0.00	1.00	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.20
21.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.33	0.00	0.70	0.00	1.00	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.20
22.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.22	0.00	0.67	0.00	1.01	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.21
23.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.12	0.00	0.64	0.00	1.01	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.21
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.02	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.22
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.02	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.22
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.03	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.22
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.03	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.23
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.04	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.24
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.04	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.24
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.05	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.25
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.05	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.25
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.06	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.26
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.06	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.26
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.06	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.27
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.07	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.27
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.07	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.27
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.08	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.28
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.08	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.28
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.09	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.29
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.09	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.29
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.09	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.29
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.10	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.30
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.11	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.31
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.11	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.31
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.11	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.32
24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.12	24.00	1.0	3	0.02	0.02	1.00	45000	0.30	2.03	0.00	0.61	0.00	1.32

Il cedimento ottenuto, di modesta entità, risulta accettabile per l'opera in esame.

Al paragrafo 16.1.1 sono stati riportati i risultati dell'analisi in termini di spostamenti verticali. Ne risulta una distribuzione sostanzialmente omogenea. I cedimenti differenziali sono dunque trascurabili considerando, anche, la loro variazione lineare lungo lo sviluppo delle travi.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 58 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 14 VERIFICHE GEOTECNICHE MURO DI SOSTEGNO TIPO 1

### 14.1 Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
$R_{ck}$	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	$R_{ck}$ [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C30/37	C30/37	B450C	24.5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	$f_{yk}$ [kPa]	$f_{uk}$ [kPa]
B450C	450000	540000

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Incastro	1	NO	NO	--	--

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 59 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0700001	A

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	7.75	0.00	0.000
3	15.50	-5.10	-33.347

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

## Falda

### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-4.60	-8.70	0.000
2	12.00	-8.70	0.000
3	18.00	-8.70	0.000

## Geometria muro

### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	9.00	[m]
<b>Paramento</b>		
Materiale	C30/37	
Altezza paramento	6.80	[m]
Altezza paramento libero	6.00	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.08	[m]
Inclinazione paramento esterno	5.71	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]
<b>Mensola di contrappeso</b>		
Posizione rispetto alla testa del muro	0.00	[m]
Lunghezza	0.30	[m]
Spessore all'estremità libera	0.50	[m]
Spessore all'incastro	0.50	[m]
<b>Fondazione</b>		
Materiale	C30/37	
Lunghezza mensola di valle	1.50	[m]
Lunghezza mensola di monte	3.00	[m]
Lunghezza totale	5.58	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	1.00	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 60 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

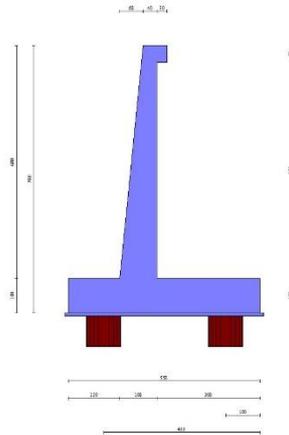


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- X ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
- I interasse tra i pali, espressa in [m]
- f franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
- Np Numero di pali della fila
- D diametro dei pali della fila espresso in [cm]
- L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
- $\alpha$  inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
- ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	Tipologia palo	1.00	3.00	0.00	3	100.00	15.00	0.00	Centrati
2	Tipologia palo	4.55	3.00	0.00	3	100.00	20.00	0.00	Centrati

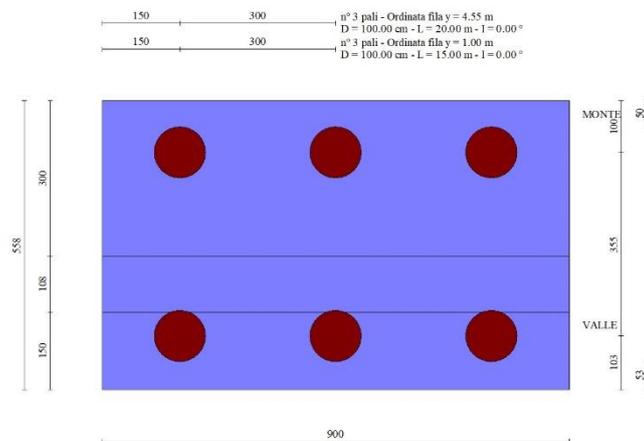


Fig. 2 - Pianta pali

### Descrizione terreni

#### Parametri di resistenza

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 61 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### Simbologia adottata

n° Indice del terreno  
Descr Descrizione terreno  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]  
 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]  
c Coesione espressa in [kPa]  
 $c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kPa]  
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix  
Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)  
 $\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	Rilevato	19.0000	19.0000	35.000	23.333	0	0	0.000	0	0 (CAR)
				35.000	23.333	0	0			0 (MIN)
				35.000	23.333	0	0			0 (MED)
2	Limo Argilloso	18.0000	18.0000	24.000	16.000	40	20	1.700	90	90 (CAR)
				24.000	16.000	40	20			80 (MIN)
				24.000	16.000	40	20			85 (MED)
3	Ghiaia 1	19.0000	19.0000	34.000	31.000	150	75	1.700	90	90 (CAR)
				34.000	31.000	150	75			80 (MIN)
				34.000	31.000	150	75			85 (MED)
4	Ghiaia 2	19.0000	19.0000	37.000	34.000	0	0	1.800	0	0 (CAR)
				37.000	34.000	0	0			0 (MIN)
				37.000	37.000	0	0			0 (MED)

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n° Indice dello strato  
H Spessore dello strato espresso in [m]  
 $\alpha$  Inclinazione espressa in [°]  
Terreno Terreno dello strato  
Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
Per calcolo pali (solo se presenti)  
Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
Ks Coefficiente di spinta  
Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')  
Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	5.00	0.000	Rilevato	0.000	0.000	0.750	0.500	1.000	---	---
2	5.00	0.000	Limo Argilloso	0.000	0.000	0.990	0.000	1.000	---	---
3	25.00	0.000	Ghiaia 1	0.000	0.000	7.460	0.470	1.000	---	---

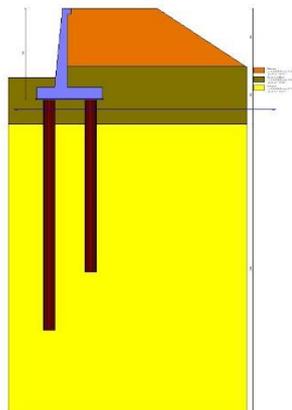


Fig. 3 - Stratigrafia

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 62 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## Condizioni di carico

### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.  
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
 Momento positivo senso antiorario.  
 X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
 F<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
 F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
 M Momento espresso in [kNm]  
 X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
 X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
 Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kN]  
 Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kN]

### Condizione n° 1 (q) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.70 - \Psi_1=0.70 - \Psi_2=0.60$

Indice di raggruppamento 1

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0.00	7.75	25.0000	25.0000

### Condizione n° 2 (g2) - PERMANENTE NS

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0.00	7.75	3.0000	3.0000

### Condizione n° 3 (Urto) - ECCEZIONALE

#### Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Concentrato	Paramento	0.00; 0.00	75.0000	0.0000	0.0000				

### Condizione n° 4 (Condizione 4) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2008 (D.M. 14.01.2008) - Approccio 1 + Circolare C.S.LL.PP. 02/02/2009 n.617**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.40
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 63 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.20
Scorrimento	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00
Resistenza terreno a valle	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.20
Ribaltamento	--	--	1.00	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.70	1.35	1.00	1.60	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.60	1.30	1.00	1.55	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	1.00	1.60	1.30

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 5

$\zeta_3=1.50$        $\zeta_4=1.34$

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali Ad:

$$G_1 + G_2 + A_d + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili. per I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

**Simbologia adottata**

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R1)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 64 di 113</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBFA0700001</p>	<p>A</p>

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R1) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - ECC

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole
Urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 65 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
g2	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 10 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 11 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 12 - SLEQ\_H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 13 - HYD

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 14 - UPL

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

### Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	2.080	0.844
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.212	0.086
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.435	2.467
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.288	0.271
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.390
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	29.472	14.736
Esercizio	1.000	12.905	6.453

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale  
 Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 66 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 14.2 Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00	
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00	
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni		SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO	
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO	
Calcolo percorso filtrazione nella verifica a sifonamento	Lane	

### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5.00 [cm]

### Opzioni calcolo pali

#### *Portanza verticale*

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + ca$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica
Applica coeff. parziale azione peso proprio palo e attrito negativo	

#### *Portanza trasversale*

Costante di Winkler: da strato	Criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3.00$
- Palo infinitamente elastico	Attivo

#### *Cedimenti*

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	0.80 [cm]
Spostamento limite laterale	0.50 [cm]

### Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

### Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

#### **Paramento e fondazione muro**

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD SI

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

#### *Verifica a fessurazione*

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Eurocodice 2 (Ed. 2004) - NTC 2008 II Formulazione

Valori limite aperture delle fessure:

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 67 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

$w_1=0.20$   
 $w_2=0.30$   
 $w_3=0.40$

*Verifica delle tensioni*

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	$0.60 f_{ck}$	$0.80 f_{yk}$
Frequente	$1.00 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$
Quasi permanente	$0.45 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$

## 14.3 Risultati per inviluppo

### 14.3.1 Spinta e forze

**Simbologia adottata**

Ic Indice della combinazione

A Tipo azione

I Inclinazione della spinta, espressa in [°]

V Valore dell'azione, espressa in [kN]

$C_x, C_y$  Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]

$P_x, P_y$  Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	$C_x$ [kN]	$C_y$ [kN]	$P_x$ [m]	$P_y$ [m]
7	Spinta statica	242.27	16.82	231.91	70.09	3.00	-4.30
	Incremento di spinta sismica		175.70	168.18	50.83	3.00	-3.90
	Peso/Inerzia muro			77.76	263.86/0.00	-0.07	-5.62
	Peso/Inerzia terrapieno			126.13	427.95/0.00	1.53	-3.42
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00
	Resistenza pali			-11615.02			
7	Spinta statica	242.27	16.82	231.91	70.09	3.00	-4.30
	Incremento di spinta sismica		175.70	168.18	50.83	3.00	-3.90
	Peso/Inerzia muro			77.76	263.86/0.00	-0.07	-5.62
	Peso/Inerzia terrapieno			126.13	427.95/0.00	1.53	-3.42
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00
	Resistenza pali			-11615.02			

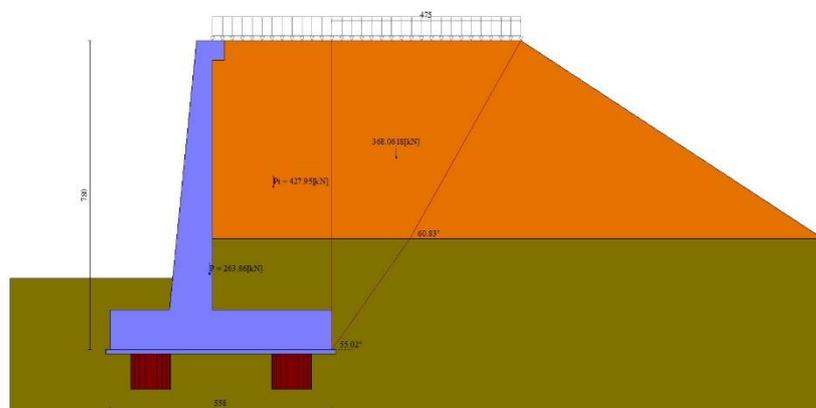


Fig. 28 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 7)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 68 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0700001	A



Fig. 29 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 7)

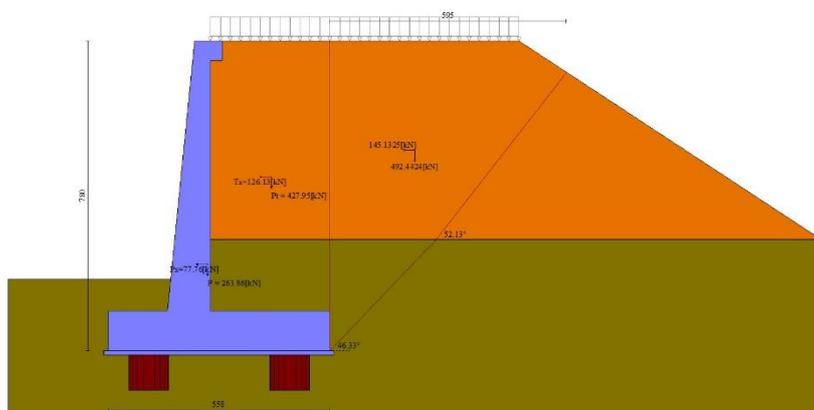


Fig. 30 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)



Fig. 31 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 69 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 14.3.2 Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
 N Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]  
 T Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]  
 M<sub>r</sub> Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 M<sub>s</sub> Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 ecc Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R1)	735.57	214.65	739.28	2711.78	0.108
2 - STR (A1-M1-R1)	820.12	538.53	2009.62	3134.37	1.419
3 - STR (A1-M1-R1)	928.53	214.65	739.28	3375.62	-0.049
4 - STR (A1-M1-R1)	849.37	214.65	739.28	3177.26	-0.080
5 - STR (A1-M1-R1)	814.73	214.65	739.28	2910.13	0.126
6 - GEO (A2-M2-R2)	712.46	195.38	679.09	2585.04	0.115
7 - GEO (A2-M2-R2)	812.73	603.98	2188.84	3093.10	1.677
8 - ECC	756.49	242.27	1220.18	14968.48	-15.384
9 - SLER	704.46	135.57	523.71	2543.67	-0.077
10 - SLEF	704.46	135.57	523.71	2543.67	-0.077
11 - SLEQ	704.46	135.57	523.71	2543.67	-0.077
12 - SLEQ	781.73	324.90	1217.75	2920.12	0.612
13 - HYD	671.25	214.65	739.28	2490.50	0.181
14 - UPL	658.29	226.31	764.56	2418.17	0.278

### 14.3.3 Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
 Ip Indice palo  
 N Sforzo normale, espresso in [kN]  
 M Momento, espresso in [kNm]  
 T Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-908.54	-1739.62	-924.37
	2	3346.71	-1687.05	-887.58
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-908.54	-1739.62	-924.37
	2	3346.71	-1687.05	-887.58

### 14.3.4 Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
 S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)  
 FS<sub>SCO</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
 FS<sub>RIB</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
 FS<sub>QLIM</sub> Coeff. di sicurezza a carico limite  
 FS<sub>STAB</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale  
 FS<sub>HYD</sub> Coeff. di sicurezza a sifonamento  
 FS<sub>UPL</sub> Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
2 - STR (A1-M1-R1)	H	25.000					
3 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
4 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
5 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
6 - GEO (A2-M2-R2)		15.625			4.296		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H	19.231			2.407		

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 70 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
8 - ECC		25.000	12.267		4.516		
13 - HYD						100.000	
14 - UPL							100.000

### Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

Ip Indice palo

T Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kN]

Td Portanza trasversale di progetto, espresso in [kN]

FS<sub>o</sub> Fattore di sicurezza (Td/T)

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FS <sub>o</sub>
6 - GEO (A2-M2-R2)	1	-298.73	4667.67	15.625
	2	-287.40	4490.65	15.625
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-924.37	17776.26	19.231
	2	-887.58	17068.82	19.231

### Verifiche portanza verticale

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

Ip Indice palo

N Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kN]

Pd Portanza di progetto, espresso in [kN]

FS<sub>v</sub> Fattore di sicurezza (Pd/N)

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FS <sub>v</sub>
6 - GEO (A2-M2-R2)	1	646.09	3828.60	5.926
	2	1491.30	4871.65	3.267
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-908.54	2553.64	2.811
	2	3346.71	6239.14	1.864
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-908.54	2553.64	2.811
	2	3346.71	6239.14	1.864

### Dettagli calcolo portanza verticale

#### Simbologia adottata

n° Indice palo

Nc, Nq Coeff. di capacità portante

N'c, N'q Coeff. di capacità portante corretti

Zc Massima profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]

Pp, Pl Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kN]

A Attrito negativo, espresso in [kN]

Wp Peso palo, espresso in [kN]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kN]	Pl [kN]	A [kN]	Wp [kN]
1	29.069	29.069	18.467	18.467	--	5520.78	4246.51	0.00	288.83
						5520.78	4127.24		
2	28.489	28.489	18.118	18.118	--	6066.90	6258.75	0.00	385.11
						6066.90	6048.40		

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 71 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
8 - ECC	14968.48	1220.18	12.267

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
R Raggio, espresso in [m]  
FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
6 - GEO (A2-M2-R2)	-3.50; 2.50	12.19	4.296
7 - GEO (A2-M2-R2) H	-4.00; 4.50	14.16	2.407

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
W peso della striscia espresso in [kN]  
Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	21.94	0.87	0.00	8.35 - 0.82	70.288	29.256	0	0.0	
2	53.74	3.21	0.00	0.82	60.800	29.256	0	0.0	
3	73.99	3.21	0.00	0.82	53.564	29.256	0	0.0	
4	89.18	3.21	0.00	0.82	47.438	19.605	32	0.0	
5	101.33	3.21	0.00	0.82	41.968	19.605	32	0.0	
6	111.42	3.21	0.00	0.82	36.939	19.605	32	0.0	
7	122.58	3.21	0.00	0.82	32.225	19.605	32	0.0	
8	132.30	3.21	0.00	0.82	27.746	19.605	32	0.0	
9	138.17	3.21	0.00	0.82	23.446	19.605	32	0.0	
10	281.06	3.21	0.00	0.82	19.283	19.605	32	2.9	
11	163.08	0.43	0.00	0.82	15.223	19.605	32	5.4	
12	68.30	0.00	0.00	0.82	11.241	19.605	32	7.3	
13	58.52	0.00	0.00	0.82	7.313	19.605	32	8.7	
14	55.72	0.00	0.00	0.82	3.420	19.605	32	9.4	
15	54.61	0.00	0.00	0.82	-0.458	19.605	32	9.6	
16	54.10	0.00	0.00	0.82	-4.337	19.605	32	9.3	
17	52.75	0.00	0.00	0.82	-8.237	19.605	32	8.4	
18	50.55	0.00	0.00	0.82	-12.176	19.605	32	6.9	
19	47.46	0.00	0.00	0.82	-16.174	19.605	32	4.9	
20	43.43	0.00	0.00	0.82	-20.256	19.605	32	2.2	
21	38.40	0.00	0.00	0.82	-24.448	19.605	32	0.0	
22	32.26	0.00	0.00	0.82	-28.786	19.605	32	0.0	
23	24.89	0.00	0.00	0.82	-33.315	19.605	32	0.0	
24	16.08	0.00	0.00	0.82	-38.094	19.605	32	0.0	
25	5.55	0.00	0.00	-12.25 - 0.82	-42.732	19.605	32	0.0	

Resistenza al taglio pali 1022.41 [kN]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	20.57	0.00	0.00	9.11 - 0.90	63.279	29.256	0	0.0	
2	56.60	8.16	0.00	0.90	56.197	29.256	0	0.0	
3	78.78	16.29	0.00	0.90	50.053	29.256	0	0.0	
4	95.24	16.29	0.00	0.90	44.628	19.605	32	0.0	
5	108.63	16.29	0.00	0.90	39.676	19.605	32	0.0	
6	119.91	16.29	0.00	0.90	35.060	19.605	32	0.0	
7	130.95	16.29	0.00	0.90	30.694	19.605	32	0.0	
8	143.41	16.29	0.00	0.90	26.518	19.605	32	0.0	
9	150.14	16.29	0.00	0.90	22.490	19.605	32	0.0	

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 72 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
10	306.11	16.29	0.00	0.90	18.577	19.605	32	2.1	
11	162.27	1.02	0.00	0.90	14.752	19.605	32	4.8	
12	65.03	0.00	0.00	0.90	10.994	19.605	32	6.8	
13	63.07	0.00	0.00	0.90	7.283	19.605	32	8.2	
14	59.08	0.00	0.00	0.90	3.603	19.605	32	9.1	
15	59.54	0.00	0.00	0.90	-0.062	19.605	32	9.4	
16	59.05	0.00	0.00	0.90	-3.728	19.605	32	9.1	
17	57.61	0.00	0.00	0.90	-7.409	19.605	32	8.2	
18	55.20	0.00	0.00	0.90	-11.121	19.605	32	6.8	
19	51.80	0.00	0.00	0.90	-14.882	19.605	32	4.7	
20	47.34	0.00	0.00	0.90	-18.709	19.605	32	2.0	
21	41.77	0.00	0.00	0.90	-22.626	19.605	32	0.0	
22	35.00	0.00	0.00	0.90	-26.658	19.605	32	0.0	
23	26.90	0.00	0.00	0.90	-30.839	19.605	32	0.0	
24	17.30	0.00	0.00	0.90	-35.213	19.605	32	0.0	
25	5.95	0.00	0.00	-13.52 - 0.90	-39.377	19.605	32	0.0	

Resistenza al taglio pali 1022.41 [kN]

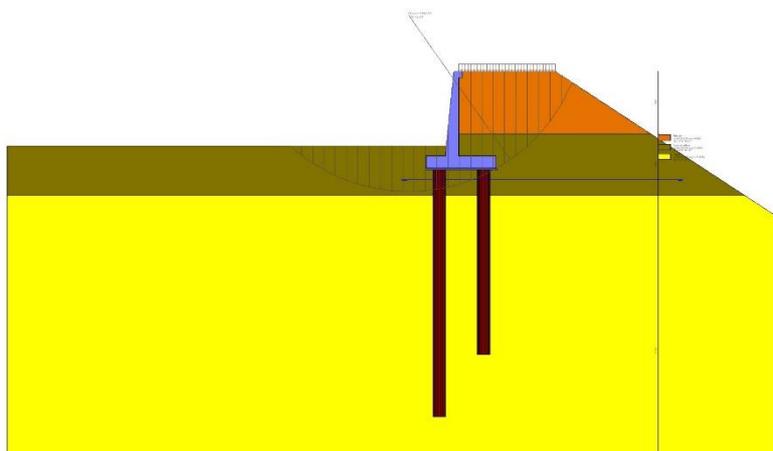


Fig. 32 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

### Verifica a sifonamento

#### Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- ΔH perdita di carico, espressa in [m]
- L Lunghezza di filtrazione, espressa in [m]
- γm Peso galleggiamento medio, espressa in [kN/mc]
- ic gradiente idraulico critico
- ie gradiente idraulico di efflusso
- FS Fattore di sicurezza a sifonamento (rapporto tra ic/ie)

Ic	ΔH [m]	L [m]	γm [kN/mc]	ic	ie	FS
13	99999.10	0.00	0.0000	0.000	0.000	100.000

### Verifica a sollevamento

#### Simbologia adottata

- As Azione stabilizzante, espressa in [kN]
- Ai Azione instabilizzante, espressa in [kN]
- Rp Resistenza di progetto, espressa in [kN]
- FS Fattore di sicurezza a sollevamento (rapporto tra As/Ai)

Ic	As [kN]	Ai [kN]	FS
14	658.29	0.00	100.000

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 73 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 15 VERIFICHE GEOTECNICHE MURO DI SOSTEGNO TIPO 2

### 15.1 Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C30/37	C30/37	B450C	24.5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Incastro	1	NO	NO	--	--

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 74 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	7.75	0.00	0.000
3	15.00	0.00	0.000
4	20.00	0.00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale      0.000      [°]

## Falda

### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°                      numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-4.60	-8.70	0.000
2	12.00	-8.70	0.000
3	18.00	-8.70	0.000
4	20.00	-8.70	0.000

## Geometria muro

### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	18.00	[m]
<b>Paramento</b>		
Materiale	C30/37	
Altezza paramento	6.80	[m]
Altezza paramento libero	6.00	[m]
Spessore in sommità	0.40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.08	[m]
Inclinazione paramento esterno	5.71	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]
<b>Mensola di contrappeso</b>		
Posizione rispetto alla testa del muro	0.00	[m]
Lunghezza	0.30	[m]
Spessore all'estremità libera	0.50	[m]
Spessore all'incastro	0.50	[m]
<b>Fondazione</b>		
Materiale	C30/37	
Lunghezza mensola di valle	1.50	[m]
Lunghezza mensola di monte	3.00	[m]
Lunghezza totale	5.58	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	1.00	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 75 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

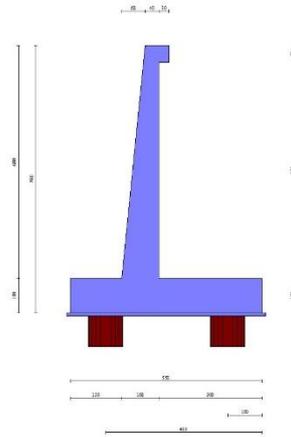


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- X ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
- I interasse tra i pali, espressa in [m]
- f franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
- Np Numero di pali della fila
- D diametro dei pali della fila espresso in [cm]
- L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
- $\alpha$  inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
- ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	Tipologia palo	1.00	3.00	0.00	6	100.00	20.00	0.00	Sfalsati
2	Tipologia palo	4.55	3.00	0.00	6	100.00	20.00	0.00	Sfalsati

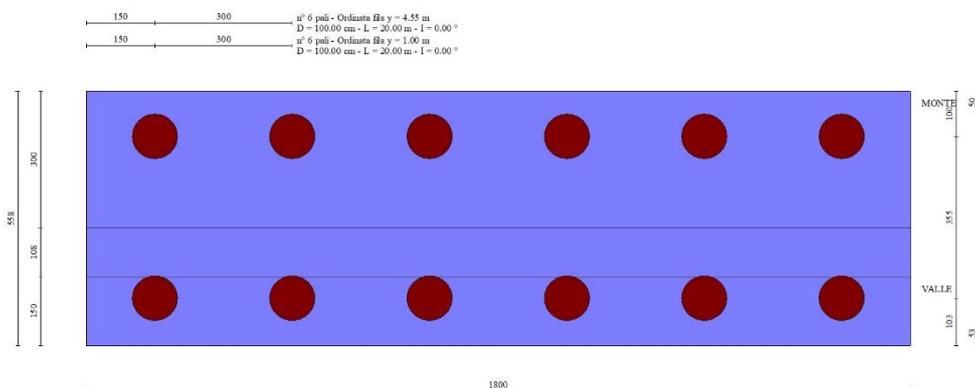


Fig. 2 - Pianta pali

### Descrizione terreni

#### Parametri di resistenza

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 76 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### Simbologia adottata

n° Indice del terreno  
Descr Descrizione terreno  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]  
 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]  
c Coesione espressa in [kPa]  
 $c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kPa]  
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix  
Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)  
 $\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	Rilevato	19.0000	19.0000	35.000	23.333	0	0	0.000	0	0 (CAR)
				35.000	23.333	0	0			0 (MIN)
				35.000	23.333	0	0			0 (MED)
2	Limo Argilloso	18.0000	18.0000	24.000	16.000	40	20	1.700	90	90 (CAR)
				24.000	16.000	40	20			80 (MIN)
				24.000	16.000	40	20			85 (MED)
3	Ghiaia 1	19.0000	19.0000	34.000	31.000	150	75	1.700	90	90 (CAR)
				34.000	31.000	150	75			80 (MIN)
				34.000	31.000	150	75			85 (MED)
4	Ghiaia 2	19.0000	19.0000	37.000	34.000	0	0	1.800	0	0 (CAR)
				37.000	34.000	0	0			0 (MIN)
				37.000	34.000	0	0			0 (MED)

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n° Indice dello strato  
H Spessore dello strato espresso in [m]  
 $\alpha$  Inclinazione espressa in [°]  
Terreno Terreno dello strato  
Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
Per calcolo pali (solo se presenti)  
Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
Ks Coefficiente di spinta  
Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)  
Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')  
Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	5.00	0.000	Rilevato	0.000	0.000	0.750	0.500	1.000	---	---
2	5.00	0.000	Limo Argilloso	0.000	0.000	0.990	0.000	1.000	---	---
3	25.00	0.000	Ghiaia 1	0.000	0.000	7.460	0.470	1.000	---	---

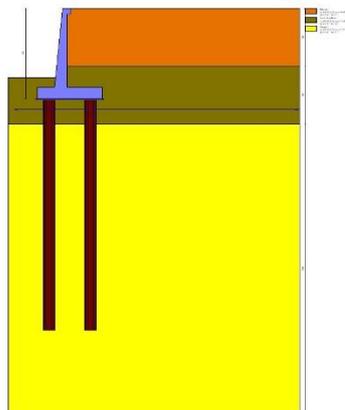


Fig. 3 - Stratigrafia

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 77 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## Condizioni di carico

### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.  
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
 Momento positivo senso antiorario.  
 X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
 F<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
 F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
 M Momento espresso in [kNm]  
 X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
 X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
 Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kN]  
 Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kN]

### Condizione n° 1 (q) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.70 - \Psi_1=0.70 - \Psi_2=0.60$

Indice di raggruppamento 1

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0.00	7.75	25.0000	25.0000
2	Distribuito					7.75	15.00	10.0000	10.0000

### Condizione n° 2 (g2) - PERMANENTE NS

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0.00	7.75	3.0000	3.0000
2	Distribuito					7.75	15.00	10.0000	10.0000

### Condizione n° 3 (Urto) - ECCEZIONALE

### Condizione n° 4 (Condizione 4) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

### Condizione n° 5 (Condizione 5) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2008 (D.M. 14.01.2008) - Approccio 1 + Circolare C.S.LL.PP. 02/02/2009 n.617**

### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.30	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi')}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.40
Peso nell'unità di volume	$\gamma_y$	1.00	1.00	1.00	1.00

### Coeff. parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 78 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.20
Scorrimento	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00
Resistenza terreno a valle	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.20
Ribaltamento	--	--	1.00	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.70	1.35	1.00	1.60	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.60	1.30	1.00	1.55	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	1.00	1.60	1.30

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 5

$\zeta_3=1.50$        $\zeta_4=1.34$

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali Ad:

$$G_1 + G_2 + A_d + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili. per I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

**Simbologia adottata**

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R1)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 79 di 113</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBFA0700001</p>	<p>A</p>

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R1) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - ECC

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole
Urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 80 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Combinazione n° 10 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - HYD

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - UPL

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	2.080	0.844
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.212	0.086
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.435	2.467
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.288	0.271
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.390
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coef. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	29.472	14.736
Esercizio	1.000	12.905	6.453

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale  
 Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 81 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 15.2 Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00	
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00	
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni		SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO	
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO	
Calcolo percorso filtrazione nella verifica a sifonamento	Lane	

### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5.00 [cm]

### Opzioni calcolo pali

#### *Portanza verticale*

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + ca$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infilso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica
Applica coeff. parziale azione peso proprio palo e attrito negativo	

#### *Portanza trasversale*

Costante di Winkler: da strato	Criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3.00$
- Palo infinitamente elastico	Attivo

#### *Cedimenti*

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	0.80 [cm]
Spostamento limite laterale	0.50 [cm]

### Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

### Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

#### **Paramento e fondazione muro**

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD SI

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

#### *Verifica a fessurazione*

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Eurocodice 2 (Ed. 2004) - NTC 2008 II Formulazione

Valori limite aperture delle fessure:

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 82 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

$w_1=0.20$   
 $w_2=0.30$   
 $w_3=0.40$

*Verifica delle tensioni*

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 $f_{ck}$	0.80 $f_{yk}$
Frequente	1.00 $f_{ck}$	1.00 $f_{yk}$
Quasi permanente	0.45 $f_{ck}$	1.00 $f_{yk}$

## 15.3 Risultati per inviluppo

### 15.3.1 Spinta e forze

**Simbologia adottata**

Ic Indice della combinazione

A Tipo azione

I Inclinazione della spinta, espressa in [°]

V Valore dell'azione, espressa in [kN]

$C_x, C_y$  Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]

$P_x, P_y$  Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	$C_x$ [kN]	$C_y$ [kN]	$P_x$ [m]	$P_y$ [m]
7	Spinta statica	244.95	16.32	235.09	68.82	3.00	-4.34
	Incremento di spinta sismica		256.52	246.19	72.08	3.00	-3.90
	Peso/Inerzia muro			77.76	263.86/0.00	-0.07	-5.62
	Peso/Inerzia terrapieno			126.13	427.95/0.00	1.53	-3.42
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00
	Resistenza pali			-13176.27			
7	Spinta statica	244.95	16.32	235.09	68.82	3.00	-4.34
	Incremento di spinta sismica		256.52	246.19	72.08	3.00	-3.90
	Peso/Inerzia muro			77.76	263.86/0.00	-0.07	-5.62
	Peso/Inerzia terrapieno			126.13	427.95/0.00	1.53	-3.42
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00
	Resistenza pali			-13176.27			

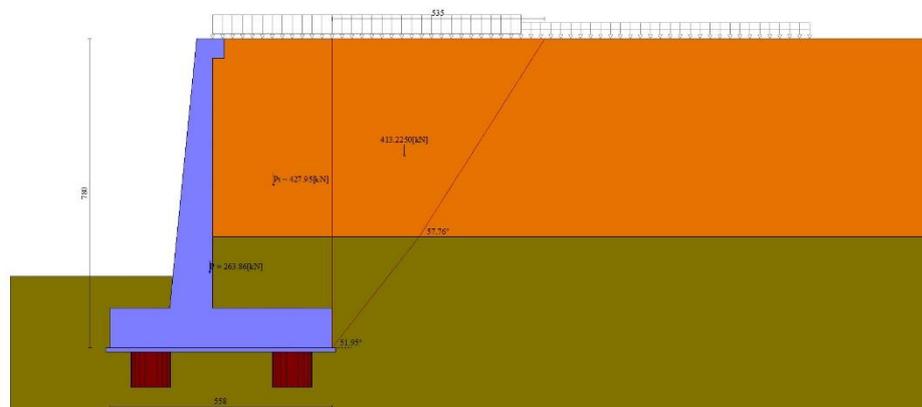


Fig. 28 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 7)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 83 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

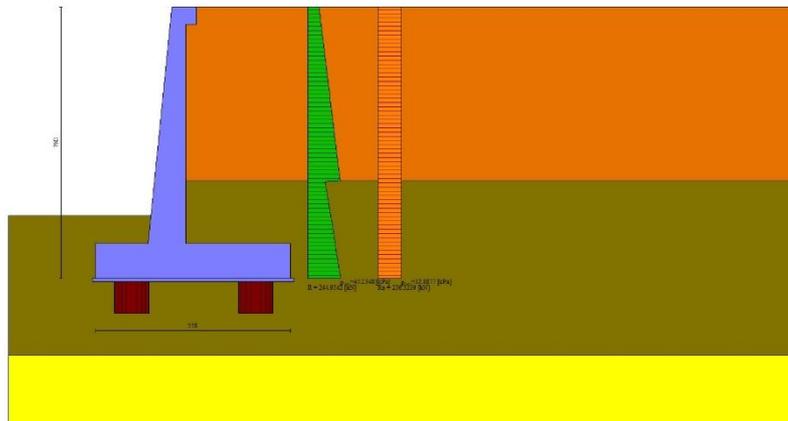


Fig. 29 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 7)

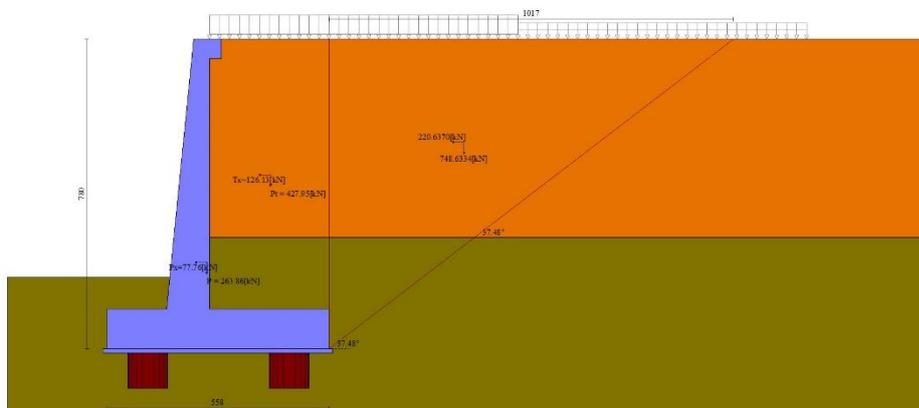


Fig. 30 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)

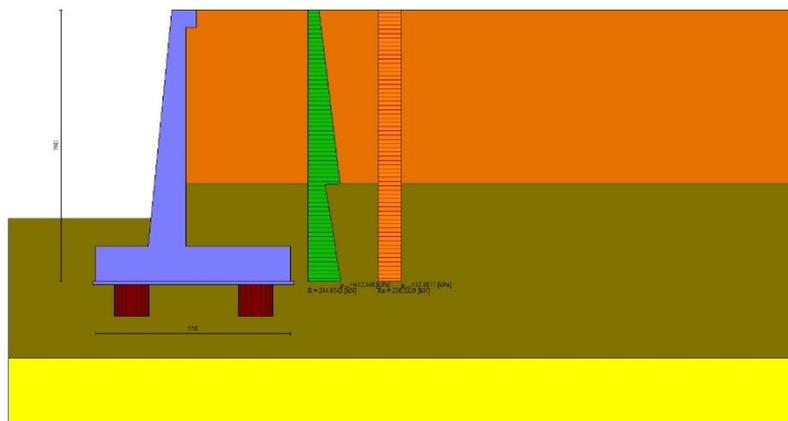


Fig. 31 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 84 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 15.3.2 Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
N Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]  
T Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]  
M<sub>r</sub> Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
M<sub>s</sub> Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
ecc Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R1)	735.93	215.91	739.65	2713.79	0.108
2 - STR (A1-M1-R1)	835.24	590.02	2210.38	3218.73	1.583
3 - STR (A1-M1-R1)	928.89	215.91	739.65	3377.63	-0.050
4 - STR (A1-M1-R1)	849.74	215.91	739.65	3179.27	-0.081
5 - STR (A1-M1-R1)	815.09	215.91	739.65	2912.14	0.125
6 - GEO (A2-M2-R2)	713.95	201.84	682.78	2593.31	0.114
7 - GEO (A2-M2-R2)	832.71	685.17	2495.91	3204.61	1.939
8 - ECC	756.49	167.27	635.18	17425.35	-19.405
9 - SLER	704.71	136.45	523.94	2545.06	-0.078
10 - SLEF	704.71	136.45	523.94	2545.06	-0.078
11 - SLEQ	704.71	136.45	523.94	2545.06	-0.078
12 - SLEQ	784.75	335.46	1258.91	2937.02	0.652
13 - HYD	671.61	215.91	739.65	2492.51	0.180
14 - UPL	660.00	233.78	768.84	2427.73	0.277

### 15.3.3 Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
Ip Indice palo  
N Sforzo normale, espresso in [kN]  
M Momento, espresso in [kNm]  
T Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1229.65	-1959.09	-1027.75
	2	3727.77	-1959.09	-1027.75
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1229.65	-1959.09	-1027.75
	2	3727.77	-1959.09	-1027.75

### 15.3.4 Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)  
FS<sub>SCO</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
FS<sub>RIB</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
FS<sub>QLIM</sub> Coeff. di sicurezza a carico limite  
FS<sub>STAB</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale  
FS<sub>HYD</sub> Coeff. di sicurezza a sifonamento  
FS<sub>UPL</sub> Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
2 - STR (A1-M1-R1)	H	25.000					
3 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
4 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
5 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
6 - GEO (A2-M2-R2)		15.625			4.165		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H	19.231			2.344		

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 85 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

	Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
8 - ECC			25.000	27.434		4.428		
13 - HYD							100.000	
14 - UPL								100.000

### Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

Ip Indice palo

T Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kN]

Td Portanza trasversale di progetto, espresso in [kN]

FS<sub>0</sub> Fattore di sicurezza (Td/T)

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FS <sub>0</sub>
6 - GEO (A2-M2-R2)	1	-302.76	4730.63	15.625
	2	-302.76	4730.63	15.625
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1027.75	19764.40	19.231
	2	-1027.75	19764.40	19.231

### Verifiche portanza verticale

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione

Ip Indice palo

N Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kN]

Pd Portanza di progetto, espresso in [kN]

FS<sub>v</sub> Fattore di sicurezza (Pd/N)

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FS <sub>v</sub>
3 - STR (A1-M1-R1)	1	1029.31	7716.45	7.497
	2	1757.37	7716.45	4.391
6 - GEO (A2-M2-R2)	1	636.96	4871.65	7.648
	2	1504.88	4871.65	3.237
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1229.65	3723.11	3.028
	2	3727.77	6239.14	1.674
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1229.65	3723.11	3.028
	2	3727.77	6239.14	1.674

### Dettagli calcolo portanza verticale

#### Simbologia adottata

n° Indice palo

Nc, Nq Coeff. di capacità portante

N'c, N'q Coeff. di capacità portante corretti

Zc Massima profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]

Pp, Pl Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

A Attrito negativo, espresso in [kN]

Wp Peso palo, espresso in [kN]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kN]	Pl [kN]	A [kN]	Wp [kN]
1	28.489	28.489	18.118	18.118	--	6066.90	6258.75	0.00	385.11
2	28.489	28.489	18.118	18.118	--	6066.90	6258.75	0.00	385.11

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 86 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
8 - ECC	17425.35	635.18	27.434

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 R Raggio, espresso in [m]  
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
6 - GEO (A2-M2-R2)	-4.00; 4.50	14.16	4.165
7 - GEO (A2-M2-R2) H	-4.00; 4.50	14.16	2.344

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	18.48	11.94	0.00	9.44 - 0.92	66.566	29.256	0	0.0	
2	50.07	10.59	0.00	0.92	58.574	29.256	0	0.0	
3	73.43	3.58	0.00	0.92	51.992	29.256	0	0.0	
4	91.78	3.58	0.00	0.92	46.285	19.605	32	0.0	
5	106.37	3.58	0.00	0.92	41.129	19.605	32	0.0	
6	118.58	3.58	0.00	0.92	36.356	19.605	32	0.0	
7	128.88	3.58	0.00	0.92	31.861	19.605	32	0.0	
8	143.47	3.58	0.00	0.92	27.578	19.605	32	0.0	
9	150.80	3.58	0.00	0.92	23.456	19.605	32	0.0	
10	307.69	3.58	0.00	0.92	19.461	19.605	32	1.4	
11	179.90	1.00	0.00	0.92	15.562	19.605	32	4.3	
12	77.49	0.00	0.00	0.92	11.736	19.605	32	6.5	
13	64.14	0.00	0.00	0.92	7.963	19.605	32	8.0	
14	60.31	0.00	0.00	0.92	4.224	19.605	32	9.0	
15	60.40	0.00	0.00	0.92	0.503	19.605	32	9.4	
16	60.04	0.00	0.00	0.92	-3.215	19.605	32	9.1	
17	58.69	0.00	0.00	0.92	-6.948	19.605	32	8.3	
18	56.33	0.00	0.00	0.92	-10.710	19.605	32	6.9	
19	52.93	0.00	0.00	0.92	-14.520	19.605	32	4.9	
20	48.44	0.00	0.00	0.92	-18.397	19.605	32	2.3	
21	42.80	0.00	0.00	0.92	-22.364	19.605	32	0.0	
22	35.90	0.00	0.00	0.92	-26.448	19.605	32	0.0	
23	27.62	0.00	0.00	0.92	-30.683	19.605	32	0.0	
24	17.78	0.00	0.00	0.92	-35.115	19.605	32	0.0	
25	6.12	0.00	0.00	-13.52 - 0.92	-39.350	19.605	32	0.0	

Resistenza al taglio pali 1022.41 [kN]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	18.48	14.69	0.00	9.44 - 0.92	66.566	29.256	0	0.0	
2	50.07	14.99	0.00	0.92	58.574	29.256	0	0.0	
3	73.43	16.53	0.00	0.92	51.992	29.256	0	0.0	
4	91.78	16.53	0.00	0.92	46.285	19.605	32	0.0	
5	106.37	16.53	0.00	0.92	41.129	19.605	32	0.0	
6	118.58	16.53	0.00	0.92	36.356	19.605	32	0.0	
7	128.88	16.53	0.00	0.92	31.861	19.605	32	0.0	
8	143.47	16.53	0.00	0.92	27.578	19.605	32	0.0	

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 87 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
9	150.80	16.53	0.00	0.92	23.456	19.605	32	0.0	
10	307.69	16.53	0.00	0.92	19.461	19.605	32	1.4	
11	179.90	4.62	0.00	0.92	15.562	19.605	32	4.3	
12	77.49	0.00	0.00	0.92	11.736	19.605	32	6.5	
13	64.14	0.00	0.00	0.92	7.963	19.605	32	8.0	
14	60.31	0.00	0.00	0.92	4.224	19.605	32	9.0	
15	60.40	0.00	0.00	0.92	0.503	19.605	32	9.4	
16	60.04	0.00	0.00	0.92	-3.215	19.605	32	9.1	
17	58.69	0.00	0.00	0.92	-6.948	19.605	32	8.3	
18	56.33	0.00	0.00	0.92	-10.710	19.605	32	6.9	
19	52.93	0.00	0.00	0.92	-14.520	19.605	32	4.9	
20	48.44	0.00	0.00	0.92	-18.397	19.605	32	2.3	
21	42.80	0.00	0.00	0.92	-22.364	19.605	32	0.0	
22	35.90	0.00	0.00	0.92	-26.448	19.605	32	0.0	
23	27.62	0.00	0.00	0.92	-30.683	19.605	32	0.0	
24	17.78	0.00	0.00	0.92	-35.115	19.605	32	0.0	
25	6.12	0.00	0.00	-13.52 - 0.92	-39.350	19.605	32	0.0	

Resistenza al taglio pali 1022.41 [kN]

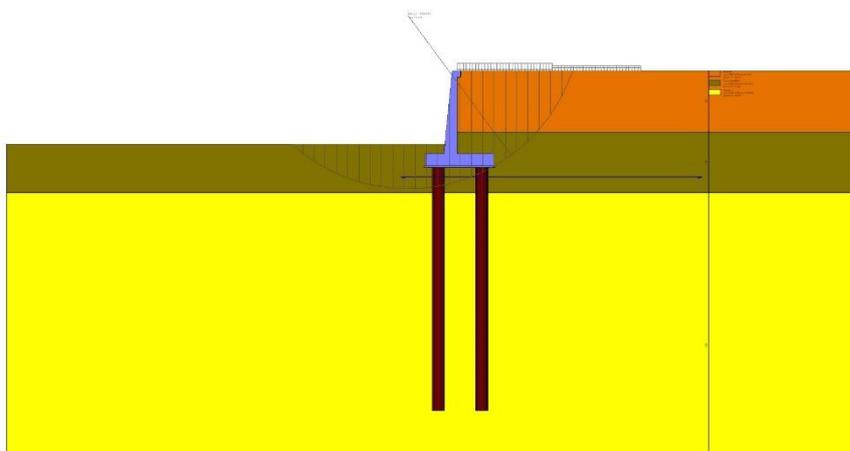


Fig. 32 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

### Verifica a sifonamento

#### Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- ΔH perdita di carico, espressa in [m]
- L Lunghezza di filtrazione, espressa in [m]
- γm Peso galleggiamento medio, espressa in [kN/mc]
- ic gradiente idraulico critico
- ie gradiente idraulico di efflusso
- FS Fattore di sicurezza a sifonamento (rapporto tra ic/ie)

Ic	ΔH [m]	L [m]	γm [kN/mc]	ic	ie	FS
13	99999.10	0.00	0.0000	0.000	0.000	100.000

### Verifica a sollevamento

#### Simbologia adottata

- As Azione stabilizzante, espressa in [kN]
- Ai Azione instabilizzante, espressa in [kN]
- Rp Resistenza di progetto, espressa in [kN]
- FS Fattore di sicurezza a sollevamento (rapporto tra As/Ai)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 88 di 113</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica E12RBFA0700001</p>	<p>A</p>

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 89 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 16 VERIFICHE GEOTECNICHE MURO DI SOSTEGNO TIPO 3

### 16.1 Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
$R_{ck}$	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$	$R_{ck}$	E	$\nu$	n	ntc
				[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
1	C30/37	C30/37	B450C	24.5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	$f_{yk}$	$f_{uk}$
	[kPa]	[kPa]
B450C	450000	540000

#### Tipologie pali

##### Simbologia adottata

n°	Indice tipologia palo
Descr	Descrizione tipologia palo
P	Contributo portanza palo (laterale e/o punta)
T	Tecnologia costruttiva (trivellato, infisso o elica continua)
V	Vincolo palo-fondazione: Cerniera o Incastro (libero o impedito di ruotare in testa)
Imat	Indice materiale che lo costituisce
BD	usa metodo di Bustamante-Doix
PN	Portanza nota
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espressa in [kN]

n°	Descr	P	T	V	Imat	BD	PN	Pp	PI
1	Tipologia palo	Laterale + Punta	Trivellato	Incastro	1	NO	NO	--	--

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 90 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	7.75	0.00	0.000
3	15.50	-5.10	-33.347

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

## Falda

### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-4.60	-8.70	0.000
2	12.00	-8.70	0.000
3	18.00	-8.70	0.000

## Geometria muro

### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	14.50	[m]
<b>Paramento</b>		
Materiale	C30/37	
Altezza paramento	6.40	[m]
Altezza paramento libero	6.00	[m]
Spessore in sommità	0.44	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.08	[m]
Inclinazione paramento esterno	5.71	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]
<b>Mensola di contrappeso</b>		
Posizione rispetto alla testa del muro	0.00	[m]
Lunghezza	0.26	[m]
Spessore all'estremità libera	0.50	[m]
Spessore all'incastro	0.50	[m]
<b>Fondazione</b>		
Materiale	C30/37	
Lunghezza mensola di valle	0.92	[m]
Lunghezza mensola di monte	2.00	[m]
Lunghezza totale	4.00	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	1.00	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 91 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

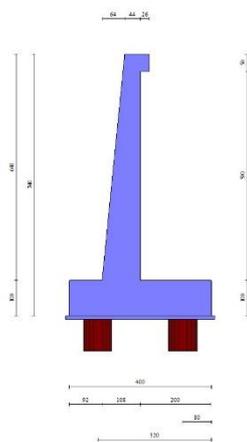


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

### Descrizione pali di fondazione

#### Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della fila
- X ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
- I interasse tra i pali, espressa in [m]
- f franco laterale (distanza minima dal bordo laterale), espressa in [m]
- Np Numero di pali della fila
- D diametro dei pali della fila espresso in [cm]
- L lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
- $\alpha$  inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
- ALL allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

n°	Tipologia	X [m]	I [m]	f [m]	Np	D [cm]	L [m]	$\alpha$ [°]	ALL
1	Tipologia palo	0.80	2.42	0.00	6	80.00	15.00	0.00	Sfalsati
2	Tipologia palo	3.20	2.42	0.00	6	80.00	15.00	0.00	Sfalsati

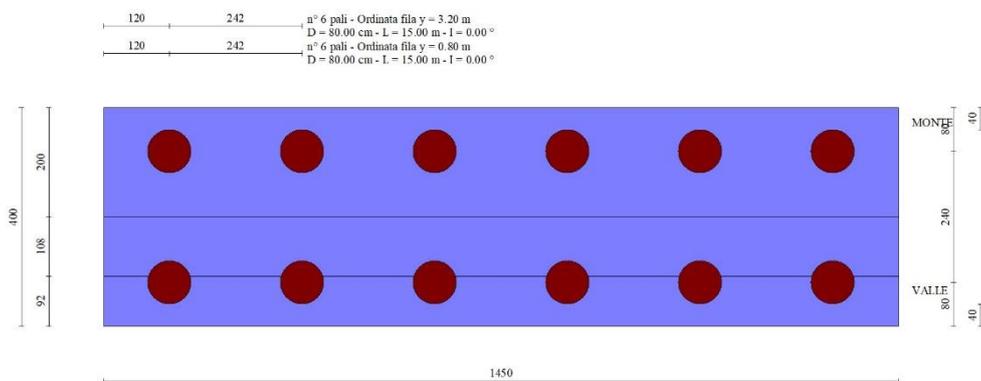


Fig. 2 - Pianta pali

### Descrizione terreni

#### Parametri di resistenza

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 92 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### Simbologia adottata

n° Indice del terreno  
Descr Descrizione terreno  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]  
 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]  
c Coesione espressa in [kPa]  
 $c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kPa]  
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix  
Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)  
 $\tau_l$  Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	Rilevato	19.0000	19.0000	35.000	23.333	0	0	0.000	0	0 (CAR)
				35.000	23.333	0	0			0 (MIN)
				35.000	23.333	0	0			0 (MED)
2	Limo Argilloso	18.0000	18.0000	24.000	16.000	40	20	1.700	90	90 (CAR)
				24.000	16.000	40	20			80 (MIN)
				24.000	16.000	40	20			85 (MED)
3	Ghiaia 1	19.0000	19.0000	34.000	31.000	150	75	1.700	90	90 (CAR)
				34.000	31.000	150	75			80 (MIN)
				34.000	31.000	150	75			85 (MED)
4	Ghiaia 2	19.0000	19.0000	37.000	34.000	0	0	1.800	0	0 (CAR)
				37.000	34.000	0	0			0 (MIN)
				37.000	37.000	0	0			0 (MED)

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n° Indice dello strato  
H Spessore dello strato espresso in [m]  
 $\alpha$  Inclinazione espressa in [°]  
Terreno Terreno dello strato  
Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
Per calcolo pali (solo se presenti)  
Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
Ks Coefficiente di spinta  
Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)  
Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')  
Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kwt [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	5.00	0.000	Rilevato	0.000	0.000	0.750	0.500	1.000	---	---
2	5.00	0.000	Limo Argilloso	0.000	0.000	0.990	0.000	1.000	---	---
3	20.00	0.000	Ghiaia 1	0.000	0.000	7.460	0.470	1.000	---	---

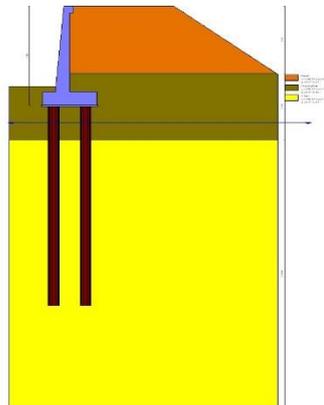


Fig. 3 - Stratigrafia

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 93 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## Condizioni di carico

### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.  
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
 Momento positivo senso antiorario.  
 X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
 F<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
 F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
 M Momento espresso in [kNm]  
 X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
 X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
 Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kN]  
 Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kN]

### Condizione n° 1 (q) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.70 - \Psi_1=0.70 - \Psi_2=0.60$

Indice di raggruppamento 1

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0.00	7.75	25.0000	25.0000

### Condizione n° 2 (g2) - PERMANENTE NS

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					0.00	7.75	3.0000	3.0000

### Condizione n° 3 (Urto) - ECCEZIONALE

#### Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Concentrato	Paramento	0.00; 0.00	75.0000	0.0000	0.0000				

### Condizione n° 4 (Condizione 4) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2008 (D.M. 14.01.2008) - Approccio 1 + Circolare C.S.LL.PP. 02/02/2009 n.617**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.40
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 94 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.20
Scorrimento	1.00	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00
Resistenza terreno a valle	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.20
Ribaltamento	--	--	1.00	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Carichi verticali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.70	1.35	1.00	1.60	1.30
Laterale compressione	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	1.00	1.45	1.15	1.00	1.60	1.30	1.00	1.55	1.25
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25

Carichi trasversali. Coeff. parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche

		R1	R2	R3
Trasversale	$\gamma_t$	1.00	1.60	1.30

Coefficienti di riduzione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 5

$\zeta_3=1.50$      $\zeta_4=1.34$

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali Ad:

$$G_1 + G_2 + A_d + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili. per I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

**Simbologia adottata**

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R1)

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 95 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R1) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - ECC

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole
Urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 96 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
g2	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 10 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 11 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 12 - SLEQ\_H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
q	1.00	0.60	Sfavorevole
g2	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 13 - HYD

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 14 - UPL

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
g2	1.50	--	Sfavorevole

### Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	2.080	0.844
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.212	0.086
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.435	2.467
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.288	0.271
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.390
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	1.000	29.472	14.736
Esercizio	1.000	12.905	6.453

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale  
 Forma diagramma incremento sismico  **Rettangolare**

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 97 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 16.2 Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta a riposo
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00	
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00	
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni		SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO	
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO	
Calcolo percorso filtrazione nella verifica a sifonamento	Lane	

### Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5.00 [cm]

### Opzioni calcolo pali

#### *Portanza verticale*

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ( $k_s \sigma_v \tan(\delta) + ca$ )
Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato)	Attiva
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza alla punta $\sigma_v$ con la profondità	Pressione geostatica
Andamento pressione verticale nel calcolo della portanza laterale	Pressione geostatica
Applica coeff. parziale azione peso proprio palo e attrito negativo	

#### *Portanza trasversale*

Costante di Winkler: da strato	Criterio rottura palo-terreno
- Spostamento limite	Non attivo
- Pressione limite	Pressione passiva con moltiplicatore $M=3.00$
- Palo infinitamente elastico	Attivo

#### *Cedimenti*

Metodo di calcolo	Metodo agli elementi finiti
Spostamento limite alla punta	0.80 [cm]
Spostamento limite laterale	0.50 [cm]

### Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

### Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

#### **Paramento e fondazione muro**

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD SI

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

#### *Verifica a fessurazione*

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Eurocodice 2 (Ed. 2004) - NTC 2008 II Formulazione

Valori limite aperture delle fessure:

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 98 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

$w_1=0.20$   
 $w_2=0.30$   
 $w_3=0.40$

*Verifica delle tensioni*

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 $f_{ck}$	0.80 $f_{yk}$
Frequente	1.00 $f_{ck}$	1.00 $f_{yk}$
Quasi permanente	0.45 $f_{ck}$	1.00 $f_{yk}$

## 16.3 Risultati per inviluppo

### 16.3.1 Spinta e forze

**Simbologia adottata**

Ic Indice della combinazione

A Tipo azione

I Inclinazione della spinta, espressa in [°]

V Valore dell'azione, espressa in [kN]

$C_x, C_y$  Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]

$P_x, P_y$  Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	$C_x$ [kN]	$C_y$ [kN]	$P_x$ [m]	$P_y$ [m]
7	Spinta statica	224.92	16.97	215.12	65.66	2.00	-4.09
	Incremento di spinta sismica		187.62	179.45	54.77	2.00	-3.70
	Peso/Inerzia muro			64.99	220.51/0.00	-0.22	-5.05
	Peso/Inerzia terrapieno			79.35	269.25/0.00	1.02	-3.23
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00
	Resistenza pali			-10363.62			
7	Spinta statica	224.92	16.97	215.12	65.66	2.00	-4.09
	Incremento di spinta sismica		187.62	179.45	54.77	2.00	-3.70
	Peso/Inerzia muro			64.99	220.51/0.00	-0.22	-5.05
	Peso/Inerzia terrapieno			79.35	269.25/0.00	1.02	-3.23
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00
	Resistenza pali			-10363.62			

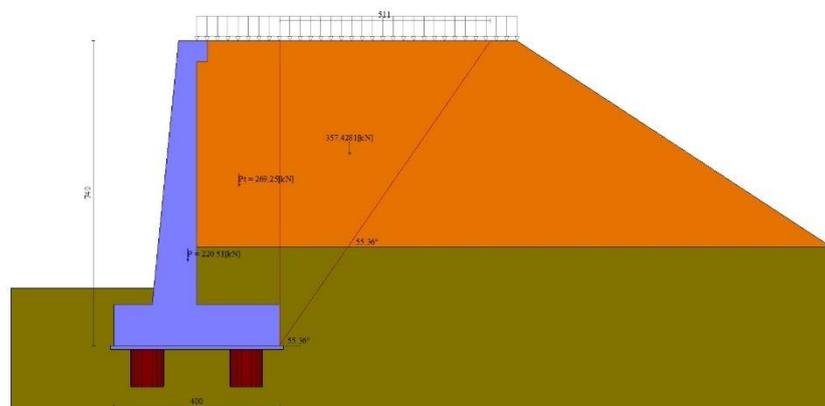


Fig. 27 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 7)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 99 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

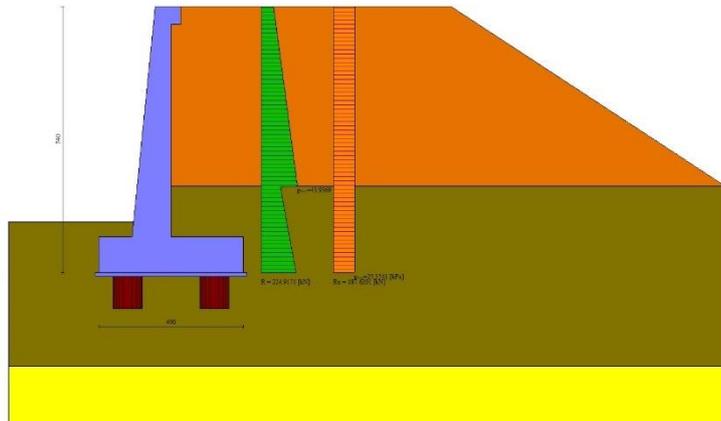


Fig. 28 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 7)

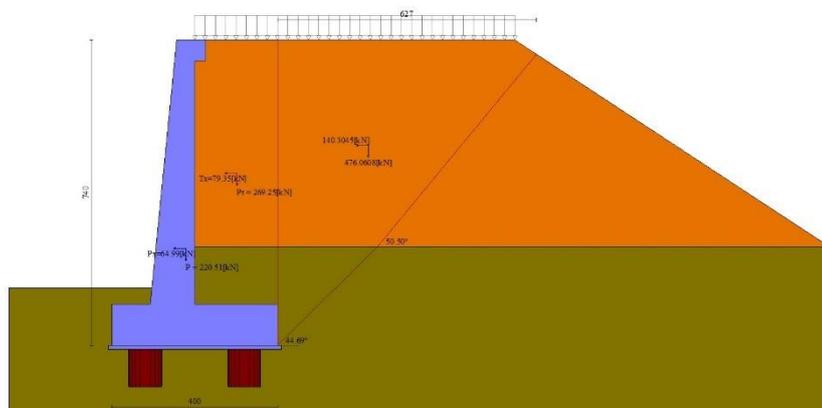


Fig. 29 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)

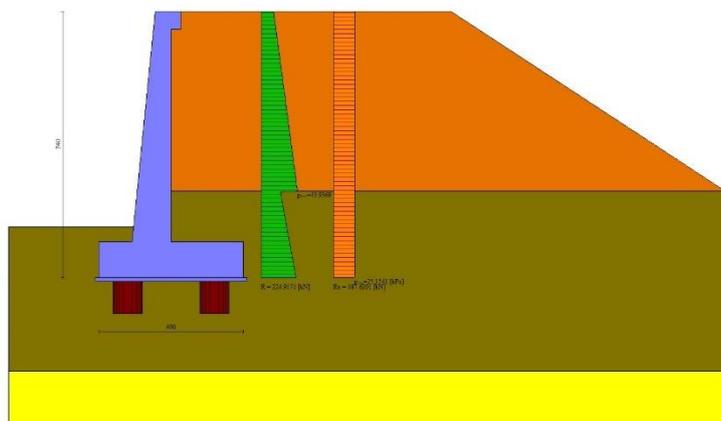


Fig. 30 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 7)

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 100 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 16.3.2 Risultanti globali

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
 N Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]  
 T Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]  
 M<sub>r</sub> Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 M<sub>s</sub> Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 ecc Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R1)	540.43	194.64	642.58	1430.56	0.542
2 - STR (A1-M1-R1)	617.11	475.72	1700.07	1716.85	1.973
3 - STR (A1-M1-R1)	677.97	194.64	642.58	1763.38	0.347
4 - STR (A1-M1-R1)	611.81	194.64	642.58	1645.35	0.361
5 - STR (A1-M1-R1)	606.59	194.64	642.58	1548.60	0.506
6 - GEO (A2-M2-R2)	520.29	180.26	592.89	1350.87	0.543
7 - GEO (A2-M2-R2)	610.20	538.91	1859.13	1689.18	2.279
8 - ECC	550.38	228.96	1114.47	6125.02	-7.104
9 - SLER	513.37	124.37	460.44	1324.56	0.317
10 - SLEF	513.37	124.37	460.44	1324.56	0.317
11 - SLEQ	513.37	124.37	460.44	1324.56	0.317
12 - SLEQ	576.74	289.68	1039.74	1555.34	1.106
13 - HYD	494.59	194.64	642.58	1319.62	0.631
14 - UPL	483.29	208.14	665.45	1274.41	0.740

### 16.3.3 Scarichi in testa ai pali

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
 Ip Indice palo  
 N Sforzo normale, espresso in [kN]  
 M Momento, espresso in [kNm]  
 T Taglio, espresso in [kN]

Cmb	Ip	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1460.58	-957.45	-651.18
	2	2935.22	-957.45	-651.18
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1460.58	-957.45	-651.18
	2	2935.22	-957.45	-651.18

### 16.3.4 Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb Indice/Tipo combinazione  
 S Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)  
 FS<sub>SCO</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
 FS<sub>RIB</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
 FS<sub>QLIM</sub> Coeff. di sicurezza a carico limite  
 FS<sub>STAB</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale  
 FS<sub>HYD</sub> Coeff. di sicurezza a sifonamento  
 FS<sub>UPL</sub> Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
2 - STR (A1-M1-R1)	H	25.000					
3 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
4 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
5 - STR (A1-M1-R1)		25.000					
6 - GEO (A2-M2-R2)		15.625			3.983		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H	19.231			2.300		

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 101 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

	Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
8 - ECC			25.000	5.496		4.170		
13 - HYD							100.000	
14 - UPL								100.000

### Verifiche portanza trasversale (scorrimento)

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
Ip Indice palo  
T Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kN]  
Td Portanza trasversale di progetto, espresso in [kN]  
FS<sub>o</sub> Fattore di sicurezza (Td/T)

Ic	Ip	T [kN]	Td [kN]	FS <sub>o</sub>
6 - GEO (A2-M2-R2)	1	-217.82	3403.39	15.625
	2	-217.82	3403.39	15.625
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-651.18	12522.71	19.231
	2	-651.18	12522.71	19.231

### Verifiche portanza verticale

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
Ip Indice palo  
N Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kN]  
Pd Portanza di progetto, espresso in [kN]  
FS<sub>v</sub> Fattore di sicurezza (Pd/N)

Ic	Ip	N [kN]	Pd [kN]	FS <sub>v</sub>
6 - GEO (A2-M2-R2)	1	51.16	2741.38	53.589
	2	1206.20	2741.38	2.273
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1460.58	1980.90	1.356
	2	2935.22	3502.53	1.193
7 - GEO (A2-M2-R2) H	1	-1460.58	1980.90	1.356
	2	2935.22	3502.53	1.193
8 - ECC	1	-419.64	2429.91	5.790
	2	1749.73	4402.67	2.516

### Dettagli calcolo portanza verticale

#### Simbologia adottata

n° Indice palo  
Nc, Nq Coeff. di capacità portante  
N'c, N'q Coeff. di capacità portante corretti  
Zc Massima profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]  
Pp, Pl Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kN]  
A Attrito negativo, espresso in [kN]  
Wp Peso palo, espresso in [kN]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc [m]	Pp [kN]	Pl [kN]	A [kN]	Wp [kN]
1	28.634	28.634	18.205	18.205	--	3513.71	3367.58	0.00	184.85
2	28.634	28.634	18.205	18.205	--	3513.71	3269.36	0.00	184.85

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 102 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
8 - ECC	6125.02	1114.47	5.496

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
R Raggio, espresso in [m]  
FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
6 - GEO (A2-M2-R2)	-4.00; 4.00	12.89	3.983
7 - GEO (A2-M2-R2) H	-4.00; 4.50	13.34	2.300

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
W peso della striscia espresso in [kN]  
Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	17.23	1.52	0.00	8.17 - 0.81	65.919	29.256	0	0.0	
2	42.58	3.17	0.00	0.81	58.332	29.256	0	0.0	
3	60.78	3.17	0.00	0.81	51.956	29.256	0	0.0	
4	75.35	3.17	0.00	0.81	46.403	29.256	0	0.0	
5	86.98	3.17	0.00	0.81	41.374	19.605	32	0.0	
6	96.66	3.17	0.00	0.81	36.712	19.605	32	0.0	
7	104.86	3.17	0.00	0.81	32.320	19.605	32	0.0	
8	113.96	3.17	0.00	0.81	28.132	19.605	32	0.0	
9	122.94	3.17	0.00	0.81	24.104	19.605	32	0.0	
10	250.89	3.17	0.00	0.81	20.199	19.605	32	0.0	
11	142.04	0.17	0.00	0.81	16.390	19.605	32	0.0	
12	52.61	0.00	0.00	0.81	12.655	19.605	32	0.0	
13	42.64	0.00	0.00	0.81	8.974	19.605	32	0.3	
14	41.42	0.00	0.00	0.81	5.330	19.605	32	1.3	
15	42.15	0.00	0.00	0.81	1.708	19.605	32	1.8	
16	42.13	0.00	0.00	0.81	-1.908	19.605	32	1.8	
17	41.36	0.00	0.00	0.81	-5.531	19.605	32	1.2	
18	39.82	0.00	0.00	0.81	-9.176	19.605	32	0.2	
19	37.50	0.00	0.00	0.81	-12.860	19.605	32	0.0	
20	34.37	0.00	0.00	0.81	-16.599	19.605	32	0.0	
21	30.38	0.00	0.00	0.81	-20.412	19.605	32	0.0	
22	25.48	0.00	0.00	0.81	-24.323	19.605	32	0.0	
23	19.58	0.00	0.00	0.81	-28.359	19.605	32	0.0	
24	12.57	0.00	0.00	0.81	-32.557	19.605	32	0.0	
25	4.30	0.00	0.00	-12.15 - 0.81	-36.403	19.605	32	0.0	

Resistenza al taglio pali 812.29 [kN]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	17.34	3.10	0.00	8.40 - 0.83	63.976	29.256	0	0.0	
2	43.23	14.86	0.00	0.83	56.980	29.256	0	0.0	
3	61.17	14.86	0.00	0.83	50.910	29.256	0	0.0	
4	75.71	14.86	0.00	0.83	45.563	29.256	0	0.0	
5	87.42	14.86	0.00	0.83	40.690	19.605	32	0.0	
6	97.17	14.86	0.00	0.83	36.153	19.605	32	0.0	
7	105.47	14.86	0.00	0.83	31.868	19.605	32	0.0	
8	113.83	14.86	0.00	0.83	27.774	19.605	32	0.0	

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 103 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
9	123.83	14.86	0.00	0.83	23.831	19.605	32	0.0	
10	252.48	14.86	0.00	0.83	20.004	19.605	32	0.0	
11	134.86	2.65	0.00	0.83	16.269	19.605	32	0.0	
12	59.69	0.00	0.00	0.83	12.603	19.605	32	0.0	
13	42.86	0.00	0.00	0.83	8.990	19.605	32	0.0	
14	41.18	0.00	0.00	0.83	5.413	19.605	32	0.7	
15	41.96	0.00	0.00	0.83	1.857	19.605	32	1.2	
16	41.98	0.00	0.00	0.83	-1.693	19.605	32	1.2	
17	41.23	0.00	0.00	0.83	-5.248	19.605	32	0.7	
18	39.72	0.00	0.00	0.83	-8.824	19.605	32	0.0	
19	37.41	0.00	0.00	0.83	-12.436	19.605	32	0.0	
20	34.29	0.00	0.00	0.83	-16.098	19.605	32	0.0	
21	30.31	0.00	0.00	0.83	-19.830	19.605	32	0.0	
22	25.41	0.00	0.00	0.83	-23.652	19.605	32	0.0	
23	19.52	0.00	0.00	0.83	-27.589	19.605	32	0.0	
24	12.53	0.00	0.00	0.83	-31.675	19.605	32	0.0	
25	4.29	0.00	0.00	-12.24 - 0.83	-35.466	19.605	32	0.0	

Resistenza al taglio pali 812.29 [kN]

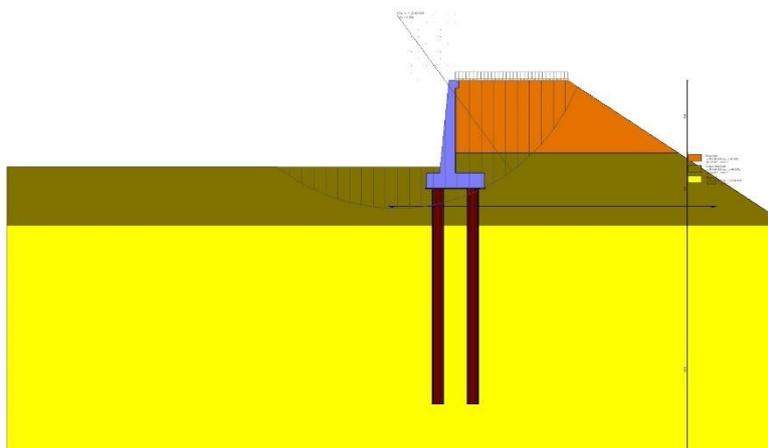


Fig. 31 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

### Verifica a sifonamento

#### Simbologia adottata

- Ic Indice della combinazione
- ΔH perdita di carico, espressa in [m]
- L Lunghezza di filtrazione, espressa in [m]
- γm Peso galleggiamento medio, espressa in [kN/mc]
- ic gradiente idraulico critico
- ie gradiente idraulico di efflusso
- FS Fattore di sicurezza a sifonamento (rapporto tra ic/ie)

Ic	ΔH [m]	L [m]	γm [kN/mc]	ic	ie	FS
13	99998.70	0.00	0.0000	0.000	0.000	100.000

### Verifica a sollevamento

#### Simbologia adottata

- As Azione stabilizzante, espressa in [kN]
- Ai Azione instabilizzante, espressa in [kN]
- Rp Resistenza di progetto, espressa in [kN]
- FS Fattore di sicurezza a sollevamento (rapporto tra As/Ai)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 104 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

Ic	As [kN]	Ai [kN]	FS
14	483.29	0.00	100.000

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 105 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

## 17 VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE OPERE ESTERNE

### 17.1 FONDAZIONE RECINZIONE ESTERNA

La fondazione della recinzione è costituita da una trave rovescia in c.a. La recinzione è realizzata a pettine in c.a. ed il suo peso è stato stimato in 6.6kN/m.

Si riporta di seguito una vista dell'opera in sezione.

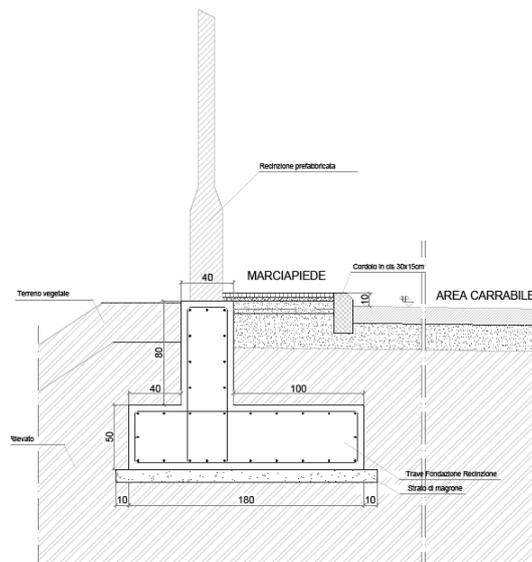


Figura 24 Fondazione della recinzione

Si riportano di seguito le verifiche a ribaltamento, scorrimento, capacità portante e resistenza della fondazione della recinzione, considerando cautelativamente l'assenza del terreno all'esterno del piazzale e trattando la fondazione come un muro di sostegno.

La geometria e i parametri di base sono di seguito indicati:



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 107 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### 17.1.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO

In accordo ai requisiti del paragrafo 6.5.3.1.1 delle NTC08, lo stato limite di ribaltamento viene trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

**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.

**Tabella 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Si riporta di seguito la verifica a ribaltamento svolta.

#### Dati Geotecnici

Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' =$	28.00	(°)
Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' =$	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon =$	0.00	(°)
Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} =$	18.67	(°)
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id} =$	18.67	(°)
Coesione Terreno di Fondazione	$c1' =$	0.00	(kPa)
Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1' =$	28.00	(°)
Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 =$	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_a =$	0.36	(-)
Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$k_p =$	2.77	(-)

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 108 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)			
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00 (kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	8.00 (kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00 (kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	22.50 (kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00 (kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	30.50 (kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)			
Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	15.20 (kN/m)
Pt2 =	$(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00 (kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00 (kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	15.20 (kN/m)

#### MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)			
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00 (kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 \cdot B3)$	=	4.80 (kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00 (kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	20.25 (kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00 (kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	25.05 (kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro			
Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 \cdot B5)$	=	19.76 (kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00 (kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00 (kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	19.76 (kNm/m)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica			
St =	$0.5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka$	=	5.78 (kN/m)
Sq =	$q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka$	=	3.74 (kN/m)

- Componente orizzontale condizione statica			
Sth =	$St \cdot \cos \delta$	=	5.48 (kN/m)
Sqh =	$Sq \cdot \cos \delta$	=	3.55 (kN/m)

- Componente verticale condizione statica			
Stv =	$St \cdot \sin \delta$	=	1.85 (kN/m)
Sqv =	$Sq \cdot \sin \delta$	=	1.20 (kN/m)

- Spinta passiva sul dente			
Sp =	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd$	=	0.00 (kN/m)

#### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica			
MSt1 =	$Sth \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd)/3 - Hd)$	=	2.37 (kNm)
MSt2 =	$Stv \cdot B$	=	3.33 (kNm)
MSq1 =	$Sqh \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd)/2 - Hd)$	=	2.31 (kNm)
MSq2 =	$Sqv \cdot B$	=	2.16 (kNm)
MSp =	$\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp/3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2/2$	=	0.00 (kNm)

#### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 =	m	=	2.00 (kNm/m)
Mfext2 =	$f \cdot (H3 + H2)$	=	2.60 (kNm/m)
Mfext3 =	$v \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	=	3.96 (kNm/m)

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 109 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = \gamma_g^-(M_m + M_t + M_{St2}) = 22.55 \text{ ( kNm/m )}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = \gamma_g^+(M_{St1} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}) + \gamma_q^+(M_{Sq1}) = 13.92 \text{ ( kNm/m )}$$

$$F_r = M_s / M_r = 1.6 \text{ (-)} \geq 1 \text{ (Tab. 6.5.I, NTC2008)}$$

### 17.1.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

In accordo ai requisiti del paragrafo 6.5.3.1.1 delle NTC08, lo stato limite di scorrimento viene trattato secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M1) per il calcolo delle spinte ( $\gamma=1$ ) ed (R3) per il calcolo della resistenza ( $\gamma_R=1.1$ ).

**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.

**Tabella 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.5.I** - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Si riporta di seguito la verifica a scorrimento svolta.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 110 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

### Dati Geotecnici

Angolo di attrito del terrapieno	$\phi' =$	35.00	(°)
Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma' =$	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon =$	0.00	(°)
Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} =$	23.33	(°)
Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id} =$	23.33	(°)
Coesione Terreno di Fondazione	$c1' =$	0.00	(kPa)
Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\phi_1' =$	35.00	(°)
Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 =$	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )
Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	$k_a =$	0.27	(-)
Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	$k_p =$	3.69	(-)

### VERIFICHE GEOTECNICHE

#### FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	8.00	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	22.50	(kN/m)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	30.50	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	=	15.20	(kN/m)
$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	=	0.00	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	15.20	(kN/m)

#### MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	4.80	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	20.25	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	25.05	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	19.76	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	19.76	(kNm/m)

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$St = 0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot k_a$	=	4.33	(kN/m)
$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot k_a$	=	2.81	(kN/m)

- Componente orizzontale condizione statica

$Sth = St \cdot \cos \delta$	=	3.98	(kN/m)
$Sqh = Sq \cdot \cos \delta$	=	2.58	(kN/m)

- Componente verticale condizione statica

$Stv = St \cdot \sin \delta$	=	1.72	(kN/m)
$Sqv = Sq \cdot \sin \delta$	=	1.11	(kN/m)

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot 1 \cdot k_p \cdot H2) \cdot Hd$	=	0.00	(kN/m)
---	---	------	--------

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 111 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0700001	A

### MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

MSt1 = $S_{th} * ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd)$	=	1.72	(kN/m)
MSt2 = $Stv * B$	=	3.09	(kN/m)
MSq1 = $S_{qh} * ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	=	1.68	(kN/m)
MSq2 = $S_{qv} * B$	=	2.00	(kN/m)
MSp = $\gamma_1 * Hd^3 * k_p / 3 + (2 * c_1 * k_p^{0.5} + g_1 * k_p * H_2) * Hd^2 / 2$	=	0.00	(kN/m)

### MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = m	=	2.00	(kNm/m)
Mfext2 = $f * (H3 + H2)$	=	2.60	(kNm/m)
Mfext3 = $v * (B1 + B2 + B3/2)$	=	3.96	(kNm/m)

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = \gamma_g * (P_m + P_t + Stv) = 27.45 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = \gamma_g * (S_{th}) + \gamma_q * (S_{qh} + f) = 12.84 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.70 \text{ (-)}$$

$$F_s = (N * f + \gamma_g * Sp) / T = 1.50 \text{ (-)} \geq 1.1 \text{ (Tab. 6.5.I, NTC2008)}$$

### 17.1.3 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

In accordo ai requisiti del paragrafo 6.5.3.1.1 delle NTC08, la verifica della capacità portante della fondazione viene eseguita con l'approccio 2 (A1+M1+R3), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I ed adoperando coefficienti parziali del gruppo (M1) per il calcolo delle spinte ( $\gamma=1$ ) ed (R3) per il calcolo della resistenza ( $\gamma_R=1.4$ ).

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	$\gamma_{Q1}$	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.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_r$	1,0	1,0

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
Pag 112 di 113	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0700001	A

**Tabella 6.5.1 - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

La pressione limite  $q_{lim}$  è stata determinata con la formula generale di Brinch-Hansen, impiegata per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali.

**VERIFICA DELLA FONDAZIONE**

Risultante forze verticali (N)			
N	=	$\gamma_g^+(P_m + P_t + S_{tv}) + \gamma_q^+(S_{qv} + v)$	= 76.92 (kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)			
T	=	$\gamma_g^+(S_{th} - S_p) + \gamma_q^+(S_{qh} + f)$	= 16.53 (kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)			
MM	=	$M_s - M_r$	= 53.28 (kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)			
M	=	$X_c \cdot N - MM$	= 15.95 (kNm/m)

**Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)**

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c^* N_c i_c + q_0^* N_q i_q + 0,5^* \gamma^* 1^* B^* N_\gamma i_\gamma$$

$c^*$	coesione terreno di fondaz.	=	0.00 (kPa)
$\phi^*$	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	28.00 (°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	=	19.00 (kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma^* d^* H^2$	sovraccarico stabilizzante	=	9.00 (kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	=	0.21 (m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	=	1.39 (m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi^*/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi^*))}$	(1 in cond. nd)	=	14.72 (-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi^*)$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	=	25.80 (-)
$N_\gamma = 2^* (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi^*)$	(0 in cond. nd)	=	16.72 (-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B^* c^* \cotg \phi^*))^m$	(1 in cond. nd)	=	0.62 (-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		=	0.59 (-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c^* \cotg \phi^*))^{m+1}$		=	0.48 (-)

(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	=	188.09 (kN/m <sup>2</sup> )
$F = q_{lim} \cdot B^* / N$		=	3.39 (-) $\geq 1.4$ (Tab. 6.5.1, NTC2008)

La verifica è pertanto soddisfatta.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Pag 113 di 113</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica E12RBFA0700001</p>	<p>A</p>